

Concepciones de los profesores sobre el rol de los modelos científicos en clases de física

Islas, Stella Maris

Departamento de Formación Docente - Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - Argentina
E-mail: sislas@exa.unicen.edu.ar

Pesa, Marta A.

Departamento de Física - Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán - Argentina
E-mail: mpesa@herrera.unt.edu.ar

Este artículo tiene su origen en una Tesis de Maestría referida a las concepciones de docentes, científicos y estudiantes universitarios de ciencias sobre los modelos y su rol en la construcción del conocimiento científico. Los resultados de esta investigación se complementan con los recientemente publicados en revistas especializadas. Sobre estas bases, se realizan una serie de reflexiones acerca de la necesidad de desarrollar competencias específicas para mejorar la formación docente en esta temática. Se reseñan dificultades y deficiencias en la formación profesional y se sugieren marcos de trabajo que podrían ayudar a superarlas. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con docentes.

Palabras clave: *Modelo científico, modelo pedagógico, formación de profesores*

This article is part of a Magister Thesis concerned with teachers, students and scientists conceptions of models and their role in scientific knowledge building. Outcomes from specialized up-to-date research were added to the former. On these basis, reflections on the need of developing specific teachers' accomplishment for improve teacher training in this subject are done. Difficulties and failures in professional qualifications are reported, and frameworks that could help in overcoming them are suggested. In this work are presented results obtained with teachers.

Key words: *Scientific model, teaching model, teaching training*

Introducción

El tema de las concepciones de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia ha ido convirtiéndose, en los últimos años, en una cuestión de sumo interés para la investigación educativa (Mellado, 1997). Sin embargo, y pese al reconocimiento de la importancia del modelado en la construcción del conocimiento científico, no abundan los estudios sobre las conceptualizaciones que sustentan los docentes acerca de los modelos. Esta escasez de investigaciones específicamente referidas al tema que nos ocupa es señalada por Van Driel y Verloop (1999), y es además un hecho registrado en nuestra propia revisión bibliográfica. En cam-

bio, son más numerosos los estudios sobre otros aspectos de las epistemologías docentes, que si bien no se focalizan en el modelado, por incluirlo en una temática más amplia (como lo es la configuración de la imagen de ciencia) aportan una serie de datos que son útiles para nuestro tema.

Por otro lado, se encuentran datos acerca de cómo emplean los estudiantes (de muy diversas poblaciones) los modelos científicos, cuáles son sus nociones de modelo, cómo relacionan al modelo con la realidad, etc. Son estos datos, que informan sobre el aprendizaje de los modelos en las clases de Física, los que ofrecen pistas para indagar acerca de las concepciones de los propios docentes.

La intención de esta publicación es realizar algunos aportes encaminados a mejorar el nivel de conocimiento (superando el nivel de “conjeturas”) acerca de las concepciones de los docentes referidas a la modelización, de modo de ir configurando una sistematización de informaciones al respecto. Además, a partir de las experiencias que hasta ahora han sido analizadas, señalar algunos núcleos específicos de dificultad y proponer vías para encarar con mayor eficiencia la formación docente en esta temática.

La noción de modelo científico

La comunidad científica se vale de construcciones teóricas para realizar el estudio de los fenómenos; tanto la observación de los mismos, como el diseño de las estrategias de investigación, la interpretación de resultados y la aceptación consensuada de ellos, están siempre orientadas por elaboraciones teóricas (Bunge, 1985; Bachelard, 1991; Laudan, 1986; Toulmin, 1977; Nersessian, 1995, 2002).

Dentro del marco epistemológico signado por los autores recién mencionados, nuestro trabajo enfoca una de las elaboraciones teóricas de la Física: el modelo científico. Sin ánimo de proponer una “definición”, consideramos apropiado hacer explícita nuestra concepción de modelo, explicando brevemente las nociones básicas que conforman dicha concepción.

Concebimos a los modelos como representaciones idealizadas de entidades físicas o de fenómenos físicos (Halloun, 1996; Gilbert, 2002), elaboradas por científicos ante la necesidad de resolver problemas de investigación. A la luz de una cierta teoría, y teniendo en cuenta las herramientas experimentales y conceptuales disponibles, el investigador decide cuáles han de ser las variables a incorporar en un modelo y cuáles merecen el calificativo de “despreciables” (Bachelard, 1991). De este modo, va construyendo una representación que guarda una relación de analogía con el sistema real en estudio (Nersessian, 1995, 2002).

Un cierto sistema real puede ser representa-

do por más de un modelo (Grosslight *et al.*, 1991), y la preferencia por uno de ellos estará determinada por los propósitos del estudio y por las condiciones de su realización. Asimismo, cada modelo puede ser representativo de diferentes sistemas reales, cuando ellos comparten las características relevantes consideradas en el modelo (Islas y Pesa, 2000; Snyder, 2000; Harrison y Treagust, 2000).

La aplicabilidad del modelo a las entidades y fenómenos físicos que él representa es evaluada mediante el control experimental en un proceso dialéctico que involucra permanentes correcciones en el modelo (en su diseño, en sus rangos de validez) y en el diseño experimental que con él se relaciona. Este proceso es el que permite “salvar la brecha” entre el modelo y la realidad, mediante el control de los errores experimentales (Cudmani *et al.*, 1991). Además, el modelo es también la base para realizar lo que se denomina “experimentación pensada”, esto es, para imaginar las posibles secuencias de acontecimientos fácticos que se relacionan con su aplicación (Nersessian, 2002; Justi y Gilbert, 2002). Esta actividad es otra manera de obtener elementos que permitan ajustar el modelo a las intenciones del investigador que lo está diseñando.

Cada uno de estos constructos es sometido a la consideración de la comunidad científica y, cuando ésta lo avala, estamos ante lo que J. Gilbert *et al.* (1998) denominan “*modelo consensuado*”. La validación de un modelo no solamente atañe a su ajuste como representación de la realidad, sino también a la coherencia sistémica entre la estructura del modelo y la de las teorías aceptadas por la comunidad científica (Bunge, 1985; Gilbert, 2002).

Los modelos en las clases de física

En las clases de Física se emplean los “*modelos pedagógicos*” que resultan de una transformación didáctica de los modelos consensuados (Gilbert *et al.*, 1998; Justi y Gilbert, 2002). La transformación de un modelo científico consensuado en un modelo pedagógico es realizada, en general, por los autores de los libros de texto. Siendo el libro de texto el re-

curso didáctico por excelencia (Litwin, 1997), y dado que el empleo de los mismos no siempre está precedido por la reflexión del docente, es frecuente que el contenido didáctico del texto sea trasladado al aula de modo acrítico, descuidando la consideración del contexto específico, el desarrollo cognitivo de los estudiantes, y otras variables que habrían de tenerse en cuenta a la hora de aplicar en el aula las estrategias sugeridas por el autor del texto (Islas y Stipich, 2000).

Los modelos pedagógicos que se emplean en las aulas suelen ser, entonces, casi exactamente los presentados en la bibliografía, sin que medie un análisis del docente acerca de la pertinencia de usarlos con sus alumnos. Cabe entonces preguntarse:

- ¿Están los profesores de Física preparados para adaptar los modelos pedagógicos difundidos en la bibliografía a las condiciones peculiares de su trabajo en el aula?

- ¿La formación docente incluye actividades que favorezcan la significación de modelo científico?

- ¿Hasta qué punto los profesores de Física reconocen la presencia de modelizaciones en todos los núcleos temáticos que tratan?

Algunas respuestas a estos interrogantes

Las investigaciones sobre el manejo de modelos en las clases de ciencias ofrecen resultados que configuran un panorama preocupante en cuanto a las cuestiones recién planteadas. Trataremos de comunicar y analizar algunos hallazgos de investigaciones concernientes al tratamiento áulico de los modelos científicos y a la formación de los docentes al respecto, para luego informar sobre nuestra propia investigación.

Acerca del tratamiento áulico de los modelos científicos

La comunidad de investigadores en educación científica está evidenciando durante los últimos años un creciente interés por el tratamiento de los modelos en las clases de ciencias. J. Gobert y B. Buckley (2000) toman una serie de referencias para fundamentar que en la actualidad *“los modelos y la modelización*

se consideran parte integral de la cultura científica”. Los autores consideran que la enseñanza de las ciencias debería contemplar la coherencia entre los modelos científicos que se presentan en clase y los modelos mentales que expresan los estudiantes como resultado de su aprendizaje. Por su parte, J. Clement (2000) destaca el interés de estas cuestiones para los docentes, partiendo de la valoración de la *“comprensión conceptual”* de la ciencia, que *“va más allá de memorizar hechos, ecuaciones o procedimientos”*; tal comprensión permite una forma de conocimiento que lo hace aplicable a problemas diversos. Esta ventaja del aprendizaje de la modelización ha sido señalada por J. Gilbert *et al.* (1998), consignando que la utilización de modelos permite contar con un *“marco organizacional”* para el aprendizaje de la ciencia.

Estas apreciaciones de los investigadores, que resaltan la capacidad de la modelización para facilitar la comprensión de conceptos físicos, parecen tener su contrapartida en las clases de ciencias, ya que los estudios sobre la resignificación de modelos científicos en las aulas muestran resultados tales como:

- Los libros de texto suelen contener expresiones muy ambiguas respecto de los modelos que emplean, así como de la relación de estos modelos con la realidad y la teoría, y de la evolución histórica de los modelos (Justi y Gilbert, 2002).

- Algunos estudiantes de profesorado en ciencias manipulan fórmulas sin una comprensión profunda de los conceptos físicos involucrados en ellas, y tienen dificultades para emplear los correspondientes modelos en la realización de experimentos. Las actividades de laboratorio destinadas a reparar estas deficiencias pueden desarrollar -en los futuros docentes- habilidades para reconocer a los modelos como representaciones de la realidad, y para conectarlos con el campo experimental (Aiello y Sperandeo, 2000).

- Muchos estudiantes confunden al modelo con la realidad, y sus acciones de modelización son más algorítmicas que relacionales (Harrison y Treagust, 2000). Ello les impide reconocer la existencia de los *“múltiples modelos”* que pueden representar una misma

porción de la realidad. Estos autores encuentran además, otros inconvenientes, entre ellos: que los estudiantes no consiguen elaborar explicaciones cualitativas de los modelos matemáticos, ni adscribir a los modelos científicos entre las construcciones conceptuales.

Podrían enumerarse mayor cantidad de situaciones en las cuales el desconocimiento de la modelización genera obstáculos de aprendizaje; entendemos que las anteriores pueden ser una buena muestra de la información que está disponible en la bibliografía que citamos en este trabajo. Pero -tal como explicaremos más adelante- los estudiantes pueden registrar progresos de aprendizaje con relación a la modelización, cuando los docentes que están a cargo de las clases cuentan con la adecuada orientación.

De los problemas de los estudiantes, a la preparación docente

El énfasis en la importancia de estimular a los estudiantes para que analicen y discutan los modelos que están empleando en sus estudios de Física, fue planteado ya en 1987 por D. Hestenes, y sostenido en sus investigaciones y en otras tales como las de Halloun (1996), J. Gilbert *et al.* (1998), precedentes de las que acabamos de referir. “*La progresiva introducción de los estudiantes en el arte del modelado requiere que sus profesores tengan, como una necesaria condición para el éxito, una comprensión apropiada de lo que implica el proceso de modelado*” (Justi y Gilbert, 2002). En términos generales, los investigadores acuerdan en que todo intento de cambio en los resultados de aprendizaje implica la demanda de mejorar la preparación de los docentes que habrán de orientar a sus alumnos en esta tarea (Aiello y Spenadeo, 2000), y en el tema específico que nos ocupa este mejoramiento ha de pasar, en primera instancia, por un diagnóstico de las concepciones de modelo sustentadas por los docentes, con miras a programar acciones fundamentadas para la superación de estos obstáculos.

La investigación que realizamos

Desde la postura que acabamos de reseñar, realizamos una investigación de las concepciones sobre modelo de los docentes, al cual agregamos un registro de sus experiencias personales en torno a los modelos científicos: sus experiencias de aprendizaje, y sus maneras de emplear modelos en clase. Similares registros realizamos con científicos y con estudiantes de Licenciatura en Física (en este artículo nos centraremos en el grupo de docentes).

Se trató de una investigación exploratoria realizada con metodología cualitativa, en la cual, además de los científicos y de los estudiantes de Licenciatura, fueron entrevistados individualmente seis profesores de Física en ejercicio y tres estudiantes avanzados del Profesorado de Física.

La selección de las personas a participar de la investigación se realizó mediante un *muestreo de carácter sustantivo* (Samaja, 1994). En este tipo de muestreo, la representatividad de la muestra se basa en el conocimiento de la variabilidad que tienen -en el universo en estudio- los atributos que interesan; desde aquí, se obtiene información acerca de la estructura de ese universo, que permite compararla con la estructura de la muestra a fin de fundamentar la existencia de una analogía entre ella y el universo al cual refiere.

El formato semi-estructurado de las entrevistas posibilitó recoger, además de las respuestas a preguntas específicas, los comentarios que los entrevistados consideraran oportuno agregar. Mediante un sistema de categorías de análisis, se procesó luego la información obtenida de la transcripción de las entrevistas.

Tomando en cuenta las líneas metodológicas de varios autores, principalmente las de Denzin y Lincoln (1994) y Dey (1993), se diseñó un sistema de categorías de análisis de las respuestas. Una caracterización sucinta del mismo es la siguiente: sobre la base de reiteradas lecturas de las transcripciones de las entrevistas, se va confeccionando un listado de categorías. Algunas de ellas reúnen las palabras clave de segmentos de texto cuyos significados apuntan en un mismo sentido; otras se han

construido *a priori* de la recolección de datos (ya que se relacionaban con las preguntas de la entrevista); y otras surgen de tópicos agregados por los entrevistados. Este modo de procesar las respuestas colabora en la contextualización de los segmentos de discurso considerados para cada categoría, ya que demanda un permanente *ir y venir* entre los datos y su codificación.

Resultados de nuestra investigación

Sintetizamos a continuación nuestros resultados, separándolos primero según las dos variables (concepción de modelo / experiencias personales con la modelización), y luego agregamos un par de consideraciones comparativas.

En cuanto a la *concepción de modelo* que sustentan los docentes entrevistados:

- En muchos segmentos del discurso docente el modelo fue caracterizado como una representación simplificada que apunta a ser una “copia” de un sistema real. Esto es, una tentativa de replicar el sistema real, en la cual el espectro de variables a considerar como relevantes está acotado en función de las posibilidades que tiene el científico de controlarlas.

Sería deseable que el criterio de relevancia apareciera con relación a las variables que *interesan* para los fines de un determinado estudio, ya que el modelo más complejo no es necesariamente el más apropiado.

- La construcción de modelos apareció en estas entrevistas como si fuera una actividad destinada a ciertos tópicos de la Física, y no a la totalidad de su campo de estudio. Cuando se solicitaron ejemplos, los temas de Física atómica y nuclear fueron los que aparecieron mencionados más frecuentemente por los docentes, habiendo sólo dos referencias a modelizaciones de entes accesibles a la percepción visual, como los modelos de la Física clásica empleados en los estudios del movimiento (el cuerpo puntual representando a un cuerpo visible, por ej.), y menciones ocasionales a aquellos temas en los cuales el vocablo *modelo* y/o la noción de *idealización* forman parte del léxico de la clase (ej.: modelo de gas ideal, esfe-

ras ideales en Electrostática, péndulo ideal).

- Cuando se hacía alusión a la contrastación empírica del modelo con la realidad no fue enfatizada la relevancia de la medición y de la evaluación de los errores experimentales.

- El protocolo de las entrevistas incluía cuestiones (tales como: ¿Cuáles son las características que Ud. conoce -o supone- en cuanto al uso que hacen los científicos de los modelos?) en cuyas respuestas podían esperarse alusiones a la dinámica de la comunidad científica y, en particular, a las instancias de control comunitario de los modelos. Empero, ningún docente hace mención de este tema.

- Fueron varios los docentes que acordaron con la noción de “múltiples modelos” para representar un cierto sistema real, y también con la posibilidad de que un científico modifique el modelo que ha construido, según los avances de su investigación. Pero es de notar que estas nociones, que concuerdan con las consensuadas en la literatura específica, son incompatibles con la concepción de modelo como “copia” de la realidad, que hemos registrado en algunos de estos mismos docentes, y que antes hemos comentado en este apartado.

En cuanto a las *experiencias personales* de estos docentes respecto de la modelización:

- Ellos sólo recordaban haber empleado modelos en asignaturas de los últimos años de su carrera de grado (Física de partículas, Astronomía); es decir, no tenían conciencia de que desde el inicio de su formación en las temáticas básicas de la Física los marcos teóricos de referencia aludían a modelos tales como “masas puntuales”, “velocidades instantáneas”, “solenoides infinitos”, “radiaciones monocromáticas”, etc.

- Solamente tres de los nueve entrevistados recordaban haber tenido alguna instancia de aprendizaje formal sobre modelado, en la cual un profesor procurara aportar a la conceptualización de modelo. Y, en concordancia con el resultado anterior, estas instancias fueron situadas en el desarrollo de asignaturas del final de la carrera.

- Al ser interrogados sobre las dificultades que recordaran haber tenido con este tema, la más mencionada fue la atinente a la relación

de un modelo con la realidad que supone representar. Aparecieron expresiones que colocan esta dificultad en uno de estos dos extremos: 1.- no poder encontrar un vínculo entre modelo y realidad (vaciamiento de contenido fáctico de las formulaciones matemáticas del modelo), y 2.- no poder distinguir el uno de la otra.

- Cuando se abordaron cuestiones referidas al manejo de modelos por parte de sus alumnos, los docentes en ejercicio hicieron explícita su insatisfacción al respecto (pero siempre refiriéndose a la Física de partículas), unida a una preocupación por mejorar la situación. Señalaron como problema más notable a la confusión entre modelo y realidad.

- Si bien algunos docentes manifestaron que usan modelos asiduamente en sus clases, se registró con frecuencia una falta de reconocimiento de la presencia del modelado en las situaciones de aprendizaje de la Física, y una limitación en el espectro temático cuando se les solicitaron ejemplos de modelos empleados (casi todos los que fueron dados corresponden a las últimas asignaturas de la carrera). De este modo, la presencia del modelado en las clases que dictan estos docentes quedó configurada como algo tácito para ellos, y –cabe suponerse– aún menos evidente para sus alumnos.

Además de los resultados anteriores, cabe consignar aquí un par de *comparaciones*:

- No aparecen diferencias considerables entre las respuestas de docentes en formación y docentes en ejercicio. El ejercicio de la profesión docente, así como los cursos de actualización y perfeccionamiento, parecen no haber hecho aportes sustanciales para la elaboración de concepciones sobre modelos.

- Entre los estudiantes de Licenciatura y los de Profesorado las diferencias fueron más pronunciadas de lo que puede esperarse para alumnos que han compartido la cursada de las asignaturas fundamentales de su carrera. Nuestros resultados indican que la realización de trabajos de laboratorio bajo la tutoría de científicos otorga a los estudiantes de Licenciatura una familiaridad con la tarea de investigación científica que influye fuertemente en sus concepciones de modelo (más detalles so-

bre esta comparación pueden consultarse en Islas y Pesa, 2001)

Algunas relaciones entre nuestros resultados y los de otros autores

Un pormenorizado estudio sobre modelización en clases de ciencias es el de Van Driel y Verloop (1999), que arroja resultados consistentes con los de nuestro trabajo, entre los que puede destacarse el *carácter “tácito” de las concepciones docentes sobre esta temática*, y que coincide con las afirmaciones que surgen de estudios sobre otras cuestiones de corte epistemológico (tales como la noción de Ciencia, consignados en Mellado, 1997). En el caso de nuestro trabajo, podemos suponer que los docentes que no reconocen a la modelización en todos los campos de la Física estarán, respecto de sus concepciones de modelo, en la misma situación de los que han participado de los trabajos antes citados: sin advertir que a lo largo de su carrera de formación profesional y del ejercicio de la misma han construido una noción de lo que es un modelo científico, de su rol en la ciencia, de su relevancia para la comprensión de los contenidos científicos, etc.

Diversos estudios (entre ellos, Halloun, 1996) demuestran el *éxito de estrategias didácticas destinadas a mejorar la conceptualización de modelo en estudiantes*. Si bien estos logros han tenido lugar trabajando con docentes especialmente involucrados en la investigación, es interesante advertir que los problemas *pueden* ser solucionados: cuando se implementan acciones de capacitación docente apropiadas, los docentes adquieren un perfil de mayor competencia para tratar el tema, y se logra hacer evolucionar las ideas de sus alumnos. Estos datos nos animan a contribuir en el delineamiento de marcos de referencia para mejorar la situación que hemos detectado en nuestra investigación.

Como ejemplos de investigaciones en las que se analizan *cambios en las concepciones de docentes* como consecuencia de la aplicación de estrategias específicas, consideramos apropiado referirnos a dos trabajos, aunque no dispongamos de espacio suficiente para de-

tallarlos aquí:

a) Aiello y Sperandeo (2000): registran el progreso generado en las nociones de modelo en estudiantes de profesorado al realizar trabajos de laboratorio con un enfoque que enfatiza el análisis de los constructos teóricos empleados;

b) Vianna y Carvalho (2000): muestran la evolución de las ideas epistemológicas de docentes en ejercicio cuando realizan actividades en forma conjunta con científicos. Antes del estudio, el único vínculo que habían tenido esos docentes con científicos era similar al de los profesores entrevistados en nuestro trabajo, esto es, fueron alumnos de científicos. Pero luego de pasar por instancias de mayor interacción se advierten cambios en sus concepciones epistemológicas.

Tomando la vinculación en sentido opuesto (es decir, en el que va desde los científicos hacia los docentes) Glasson y Bentley (1999) analizan el modo en que científicos que investigan temas de vanguardia se comunican con docentes que dictan clases de sus disciplinas. Entre sus conclusiones, los autores resaltan la necesidad de intensificar las interacciones científicos-docentes, como una vía para hacer explícitas las concepciones epistemológicas que subyacen en la tarea científica y en la tarea docente.

Por último, entendemos que puede ser de interés para los lectores de este artículo el conocer la existencia de trabajos como el de Shkedi (1998) que se ocupan de la relación de los docentes con los investigadores en cuestiones educativas. También aquí se valora positivamente el acrecentamiento de la comunicación científica.

Comentarios finales

En esta presentación, cuando comenzamos el análisis del tratamiento áulico de los modelos científicos manifestamos nuestra preocupación por la preparación de los docentes para concretar este tratamiento. Pero algunos de los resultados de investigación que comentamos nos muestran posibilidades de encaminar algunas alternativas superadoras a las falencias encontradas, y que pueden ser implementadas tanto en el marco de las carreras de formación docente como en las acciones de formación permanente:

a) Durante los cursos de formación docente, incrementando el número y la calidad de las discusiones sobre la dinámica de construcción del conocimiento científico (ejemplos: evitando la realización de clases experimentales dissociadas del análisis teórico; demandando a los estudiantes que “llenen” de contenido fáctico a las formulaciones matemáticas; revisando las posibles modelizaciones de los fenómenos en estudio; incorporando reflexiones sobre la evolución de los modelos y su relación con la evolución de la Física).

b) Durante algunas acciones de formación y capacitación, tales como la generación de espacios de interacción de los docentes con los científicos (en nuestro caso, los físicos y los investigadores en educación en Física), bajo la forma de seminarios, pasantías, talleres, en los cuales los docentes tengan acceso a los ámbitos de producción del conocimiento que enseñan, y del conocimiento que se va construyendo en torno a las problemáticas de la educación científica.

Referencias

- Aiello, N. M.; Sperandeo, M. R. (2000). Educational reconstruction of physics content to be thought and of pre-service teacher training: a case study. *International Journal of Science Education*, 22 (10), pp. 1085-1097.
- Bachelard, G. (1991). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XX.
- Bunge, M. (1985). *La investigación científica*. España: Ed. Ariel.
- Cudmani, L.C.; Salinas, J.; Pesa, M. (1991). *Modelo y realidad*. Material de trabajo para el Taller desarrollado durante la VII Reunión Nacional de Educación en Física. Mendoza. Argentina.
- Denzin, N.; Lincoln, Y. (Ed.) (1994). *Handbook of Qualitative Research*. California: Ed. Sage Publications.

- Dey, I. (1993). *Qualitative Data Analysis*. London: Ed. Routledge.
- Gilbert, J.; Boulter, C.; Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 20 (1), pp. 83-97.
- Gilbert, J. (2002). Moving between modes of representation of a model in science education: some theoretical and pedagogic implications. Conference: *Philosophical, Psychological, Linguistic Foundations for Language and Science Literacy Research*. Canadá: Univ. of Victoria.
- Glasson, G.; Bentley, M. (1999). Scientists' Views of the Nature of Science in Relation to their own Research. *Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching*. Boston.
- Gobert, J.; Buckley, B. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 22 (9), pp. 891-894.
- Grosslight, L.; Unger, C.; Jay, E. (1991). Understanding Models and their Use in Science: Conceptions of Middle and High School Students and Experts. *Journal of Research in Sci. Teaching*, 28 (9), pp. 799-822.
- Halloun, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Sci. Teaching*, 33 (9), pp. 1019-1041.
- Harrison, A.; Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 22 (9), pp. 1011-1026.
- Islas, S.; Pesa, M. (2000). El manejo de modelos científicos en las clases universitarias. *Memorias del V Simposio de Investigadores en Educación en Física*. Santa Fe, Argentina
- Islas, S.; Pesa, M. (2001). Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado en Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23 (3), pp. 319-329.
- Islas, S.; Pesa, M. (2003). ¿Qué rol asignan los profesores de Física del nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, pp. 57-66.
- Islas, S.; Stipcich, S. (2000). Análisis de libros de texto. Capítulo IV del Módulo: *Aportes para la Práctica Docente en Ciencias de la Naturaleza en EGB3*. Dirección General de Cultura y Educación de la Prov. de Bs.As. y Secretaría Académica de la UNICEN. Programa de Reconversión Docente.
- Justi, R.; Gilbert, J. (2002). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 24 (4), pp. 369-387.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas*. España: Ed. Encuentro.
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Mellado, V. (1997). Preservice Teachers' Classroom Practice and their Conceptions of the Nature of Science. *Science & Education*, 6, pp. 331-354.
- Nersessian, N. (1995). Should Physicists Preach What They Practice?. *Science & Education*, 4, pp. 203-226.
- Nersessian, N. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In: Carruthers-Stich-Siegal, *The cognitive basis of science*. UK: Cambridge University Press.
- Samaja, J. (1994). *Epistemología y metodología*. Bs.As: Eudeba.
- Shkedi, A. (1998). Teachers' attitudes towards research: a challenge for qualitative researchers. *Qualitative Studies in Education*, 3, pp. 393-407.
- Snyder, J. (2000). An investigation of the knowledge structures of experts, intermediates and novices in physics. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 22 (9), pp. 979-992.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana*. Tomo 1: *El uso colectivo y la evolución de conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Van Driel, I.; Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. *Int. Journal of Sci. Educ.*, 21 (11), pp. 1141-1153.
- Vianna, D.; Carvalho, A. M. (2000). Formação permanente: a necessidade da interação entre a ciência dos cientistas e a ciência da sala de aula. *Ciência & Educação*, 6 (1), pp. 31-42.