

Concepciones sobre el Conocimiento y los Modelos Científicos: Un Estudio Preliminar

Andrés Raviolo^(1,2), Paula Ramírez⁽¹⁾, Eduardo A. López⁽¹⁾ y Alfonso Aguilar⁽¹⁾

(1) Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, Quintral 1250, Bariloche. Río Negro-Argentina. (2) Universidad Nacional de Río Negro, Villegas 147, Bariloche, Río Negro-Argentina (e-mail: araviolo@bariloche.com.ar)

Recibido Nov. 03, 2010; Aceptado Jul. 15, 2010; Versión final recibida Nov. 24, 2010

Resumen

Se confeccionó y administró un cuestionario que consta de 36 afirmaciones con una escala Likert, que indaga las concepciones de los estudiantes acerca de la naturaleza del conocimiento sobre tres aspectos, Los tres aspectos son: conocimiento en general, conocimiento científico y modelos científicos. Alcanzar cierta comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico es un objetivo esencial en la enseñanza que debería consolidarse en niveles universitarios y terciarios. Por ello, se investigaron las concepciones de 32 estudiantes de primer año de universidad y 33 de un instituto terciario. Los resultados globales muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de alumnos. Además, indican que ideas aceptadas por la comunidad científica sobre la naturaleza de las ciencias no son asimiladas por los estudiantes durante sus cursos de ciencias.

Palabras clave: concepciones de los estudiantes, conocimiento científico, modelos científicos, escala Likert

Conceptions about Knowledge and Scientific Models: A Preliminary Study

Abstract

A questionnaire that includes 36 statements using a Likert scale for investigating the student's conceptions on three aspects about the nature of knowledge has been constructed and applied. The three aspects are: general knowledge, scientific knowledge and scientific models. To reach some understanding about the nature of science and scientific knowledge is a main target in education that should be consolidated at university and tertiary level. The conceptions of 32 freshman students and 33 students from tertiary level institute were investigated. Overall results show no significant differences between these two groups of students. They also indicate that ideas commonly accepted by the scientific community on the nature of sciences are not assimilated by students during their science courses.

Keywords: student's conceptions, scientific knowledge, scientific models, Likert scale

INTRODUCCIÓN

Aprender sobre la naturaleza de la ciencia es un objetivo primordial en el currículo de ciencias. La naturaleza de la ciencia es definida operativamente en el contexto de la enseñanza de las ciencias como el conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica, donde las ideas a enseñar tienen distintas procedencias (la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia) y experimentan genuinas transposiciones didácticas funcionales a la tarea cotidiana de los profesores de ciencias (Adúriz-Bravo, 2007). Diferentes estudios señalan la influencia en el aprendizaje y la enseñanza de las concepciones personales sobre la naturaleza del conocimiento y el aprendizaje (Perry, 1970; Schommer, 1993 y 1998; Duschl, 1995; Carey y Smith, 1993; Jehng, Johnson y Anderson, 1993). El estudio de estas concepciones puede ayudar a comprender muchas situaciones que ocurren en el aula y posibilitar intervenciones didácticas que apoyen la construcción de un conocimiento genuino por parte de los alumnos (Perkins, 1995).

Curiosamente, según la etimología, la palabra ciencia significa lo mismo que la palabra conocimiento, sin embargo actualmente la ciencia se refiere sólo al conocimiento aceptado, sistematizado y validado por la comunidad científica. El conocimiento científico es una construcción humana que tiene por objetivos comprender, explicar y actuar sobre la realidad. No es un conocimiento absoluto sino que está sujeto a re-construcciones (Concari, 2001). Actualmente, la mayoría de los proyectos internacionales de innovación curricular de las ciencias para los niveles educativos básicos hacen hincapié en la formación de ciudadanos científicamente alfabetizados, a través de la introducción de temas relacionados con la ciencia - tecnología - sociedad y de la inclusión, ya no sólo de los conceptos y los procesos científicos, sino, especialmente, del estudio de la naturaleza de la ciencia y del quehacer científico. Por ejemplo, la reforma curricular holandesa propone un cambio en el foco de atención, desde el contenido de los modelos a la naturaleza de los modelos científicos (Van Driel y Verloop, 1999). En esta dirección, el conocimiento previo de los estudiantes y el conocimiento práctico de los profesores sobre los modelos y el modelado tienen una importancia crucial.

Un modelo científico es una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico (Bunge, 1985). Es una entidad abstracta, una representación simplificada de un hecho, objeto, fenómeno, proceso, realizada con la finalidad de describir, explicar y predecir. Se trata de una construcción humana utilizada para conocer, investigar y comunicar. La ciencia implica productos y procesos específicos. Los modelos científicos constituyen uno de los principales productos de la ciencia. El modelado y puesta a prueba de modelos constituye un proceso fundamental de la ciencia. Tal es así, que se concibe a la ciencia como un proceso de construcción de modelos conceptuales predictivos (Gilbert, 1991). Este autor destaca la importancia de que los estudiantes valoren la naturaleza construida de los modelos para comprender la naturaleza construida del conocimiento científico. En su investigación explora si el conocimiento sobre la naturaleza de los modelos se transforma en una más sofisticada comprensión de la ciencia.

Existe cierto consenso entre filósofos, historiadores y profesores en que el conocimiento científico: (a) es hipotético, provisional, sujeto a cambios, empíricamente fundamentado (derivado de observaciones del mundo racional) y parcialmente subjetivo (cargado de teoría), (b) requiere en su construcción de inferencias (razonamientos), imaginación y creatividad (inventar explicaciones), donde deben distinguirse las observaciones de las inferencias, (c) comprende relaciones complejas entre las leyes y las teorías, y (d) está social y culturalmente impregnado (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Para que la enseñanza de las ciencias se oriente a lograr una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia es necesario indagar, y desarrollar apropiadamente, el conocimiento que poseen los profesores y futuros profesores sobre este aspecto (Acevedo y Acevedo, 2002). En este trabajo se intenta indagar las concepciones de estudiantes futuros maestros de nivel primario y estudiantes de biología, y, fundamentalmente, explorar en qué grado estos estudiantes adhieren a las siguientes ideas: 1) El conocimiento científico es construido por personas y por lo tanto es artificial; 2) El error es parte aceptada de la investigación; 3) Las teorías y conceptos de varias ciencias interactúan para crear una estructura uniforme; 4) La ciencia es intuitiva, creativa, y también, lógica; 5) Las visiones y acciones de los científicos están influenciadas por su ambiente social; 6) La metodología se desprende de las intenciones del

científico; 7) El conocimiento científico es dinámico; 8) El conocimiento científico no es verdadero, no es una verdad absoluta; 9) La presentación del conocimiento científico no debe ser compleja; 10) La ciencia tiene una función predictiva. Estas ideas abarcan la mayoría de las características básicas del conocimiento científico y de la ciencia sugeridas por Lederman y otros (2002), que proponen para ser incluidos en la formación educativa de todo ciudadano.

METODOLOGÍA

En este estudio se confeccionó y administró un test que consta de 36 afirmaciones con una escala Likert, que indaga las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento sobre tres aspectos: conocimiento en general, conocimiento científico y modelos científicos. Estas afirmaciones fueron adaptadas de otras investigaciones pertenecientes al campo de estudios de las creencias epistemológicas: Perry (1970), Schommer (1998), Gilbert (1991), Van Driel y Verloop (1999) y Islas y Pesa (2003), lo que brinda validez de contenido al test. En esta investigación interesó tener cierta simetría de afirmaciones análogas en esos tres aspectos focalizados, es decir, que una misma característica fuera evaluada para el conocimiento general, para el científico y para los modelos. El instrumento posee una escala tipo Likert con 4 opciones (totalmente de acuerdo, parcialmente de acuerdo, parcialmente en desacuerdo, totalmente en desacuerdo), con puntaje entre 4 y 1. Correspondiendo el valor 4 para la respuesta esperada. Puntaje 0, cuando no contesta. Se indagaron las concepciones de 65 estudiantes: i) 32 alumnos de primer año de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Comahue (UNCo), Bariloche, grupo homogéneo en edades con un promedio de 20,8 años (desv. estándar = 4); y ii) 33 alumnos de primer año del Profesorado de Nivel Primario, Instituto de Formación Docente Continua Bariloche (IFDC), grupo heterogéneo en edades con un promedio de 25,9 años (desv. estándar = 7,5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla muestra promedios de respuestas correctas para cada afirmación. Respecto a la fiabilidad del instrumento se analizó su consistencia interna a través del estadístico Alfa de Crombach obteniéndose un valor aceptable de $\alpha = 0,80$. Si bien no responder un ítem del test no da información sobre el grado de acuerdo o desacuerdo con esa afirmación, estaría indicando algún tipo de dificultad con la temática o con la formulación de la proposición, por ello interesa tener un bajo porcentaje de ítems no contestados. En esta muestra el porcentaje de ítems no contestados fue del 3%. Con respecto a si existen diferencias entre los resultados globales obtenidos por los alumnos de ambos grupos, se verificó que no existen diferencias estadísticamente significativas en el test t de students para muestras no relacionadas ($t = 0,73$; $p > 0,1$; g. l. = 63).

Se esperaban puntajes más altos, en general, en los alumnos de la licenciatura, dado que cursan una carrera de ciencias y tienen materias más exigentes en esa orientación, en las cuales son expuestos a más teorías y modelos. Sin embargo, no hubo diferencias en la media global entre ambos grupos. Esto podría explicarse teniendo en cuenta que los estudiantes de licenciatura no tienen una reflexión sistemática metacientífica sobre los contenidos que están abordando, y tampoco una asignatura específica sobre epistemología de la ciencia. Para ambos grupos, los aspectos que no presentan dificultades son: (i). Mayoritariamente aceptan una visión contextualista: el contexto sociopolítico influye en el trabajo de los científicos y en el conocimiento que elaboran (Co5, Ci5 y Mo2); (ii). Consideran al conocimiento como cambiante: que el conocimiento científico considerado correcto en una época puede cambiar en el futuro (visión dinámica) (Co7, Ci7, Mo12); (iii). No adhieren a un absolutismo metodológico: que existe un único y potente método para acceder al conocimiento científico (Ci6, Mo7); (iv) Son utilitaristas: afirman que la validez del conocimiento y de los modelos científicos está en su utilidad para comprender y predecir (Ci9, Mo9).

Aunque, como mostramos en otro artículo sobre la enseñanza del concepto de modelo científico (Raviolo y otros, 2010), estas ideas correctas pueden estar ancladas en frases popularmente compartidas, a menudo sostenidas como verdades universales, respectivamente: (a) "todo es relativo", "todo depende de todo", (b) "todo cambia" y (c) "mayor diversidad es mejor".

Tabla1. Promedios de respuestas correctas para cada afirmación (máximo 4).

Ítem	Afirmaciones con respecto al conocimiento en general	Alumnos Universidad	Alumnos Instituto
Co1	El conocimiento es construido en la mente de los individuos	2,94	2,97
Co2	Todo conocimiento es correcto o incorrecto	2,84	2,79
Co3	El potencial para aprender está determinado desde el nacimiento	2,63	3,21
Co4	Lo único cierto es la incertidumbre en sí misma	2,66	2,70
Co5	Todo conocimiento depende del contexto en que se produce o usa	3,16	3,36
Co6	El conocimiento expresado por un especialista no tiene discusión	3,69	3,48
Co7	El conocimiento es inmutable (no cambia)	3,63	3,79
Co8	El conocimiento es verdadero	2,69	2,67
Co9	La sabiduría no es conocer las respuestas, sino conocer cómo encontrarlas	3,81	3,64
	<i>Afirmaciones con respecto al conocimiento científico</i>		
Ci1	Para ser aceptado el conocimiento científico no debe contener errores	2,44	2,48
Ci2	El conocimiento científico es artificial o construido y no muestra a la naturaleza como realmente es	1,88	2,24
Ci3	Las leyes, teorías y conceptos de biología, física y química interactúan entre sí	3,97	3,64
Ci4	El quehacer científico es un proceso lógico más que un proceso intuitivo y creativo	2,59	2,61
Ci5	El ambiente social de un científico no influye en el contenido del conocimiento que él propone	2,97	2,61
Ci6	El mejor científico es aquel que sigue el mismo método científico cualquiera sea el problema	3,31	3,21
Ci7	La construcción del conocimiento científico es un proceso dinámico, que implica la revisión permanente	3,81	3,76
Ci8	El conocimiento científico aceptado en la actualidad es verdadero	2,78	2,52
Ci9	El conocimiento científico es válido por su utilidad para comprender y predecir	3,47	3,36
Ci10	Las explicaciones científicas intentan ser lo más simples, económicas y elegantes posibles	2,38	2,06
Ci11	El conocimiento científico nunca predice lo que va a suceder	3,09	3,18
Ci12	No existe medición exacta	3,28	3,64
Ci13	En las ciencias los problemas tienen sólo una respuesta correcta	3,47	3,45
	<i>Afirmaciones con respecto a los modelos científicos</i>		
Mo1	La construcción de modelos es un proceso intuitivo y creativo más que un proceso lógico	2,25	2,79
Mo2	El ambiente social de un constructor de modelos no influye en el contenido del modelo que él construye	3,00	3,03
Mo3	Para ser aceptado un modelo no debe contener errores	2,03	2,39
Mo4	Un modelo de un objeto o proceso es artificial o construido y no lo muestra como realmente es	2,50	3,06
Mo5	Los modelos de biología, química y física interactúan entre sí	3,75	3,00
Mo6	Un modelo es una copia simplificada de la realidad	1,94	1,52
Mo7	Los mejores constructores de modelos usan el mismo enfoque cualquiera sea el problema	3,16	2,79
Mo8	Un modelo aceptado por la comunidad científica expresa una verdad	2,47	2,15
Mo9	Un modelo es válido por su utilidad, para describir, explicar y predecir la situación que se analiza	3,66	3,58
Mo10	El modelo más complejo sobre un fenómeno es el más apropiado	3,44	2,94
Mo11	Los modelos no pueden ofrecer predicciones sobre observaciones aún no realizadas	2,78	2,61
Mo12	Los modelos científicos vigentes pueden ser reemplazados por otros mejores	3,69	3,61
Mo13	Un modelo es un caso ejemplar, que los hechos tratan de imitar	3,13	2,64
Mo14	En las ciencias los problemas se explican por un sólo modelo	3,72	3,21

Los alumnos de formación docente parecen tener una visión menos innatista (Co3) o tal vez más esperanzada con respecto al rol de la educación. Esto es muy deseable para esta orientación profesional. Los aspectos en que presentan más dificultades son:

1. Conciben al conocimiento como verdadero, como absolutamente cierto. Esto se aprecia tanto para el conocimiento en general, como para el conocimiento y los modelos científicos (Co8, Ci8 y Mo8). Al respecto, Giere (1988) habla de modelos teóricos, concebidos como objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a los enunciados o definiciones elaboradas por científicos, pero cuya relación con el mundo real es compleja. El ajuste modelo- realidad no es total, sino relativo a los aspectos del mundo que el modelo intenta capturar. Así, un modelo construido por uno o varios científicos es presentado a la comunidad que lo evalúa en función de su ajuste a la evidencia disponible, a lo convincente de sus explicaciones, a su poder predictivo. Con lo cual la relación entre el mundo y el modelo no es una relación de verdad sino de ajuste.

2. Afirman que el conocimiento y los modelos científicos aceptados no contienen errores (Co4, Ci1, Mo3). Esta idea está relacionada con la concepción anterior de interpretar al conocimiento como una verdad absoluta. El conocimiento científico puede ser útil aún conteniendo errores, limitaciones y excepciones (Gilbert, 1991). Desde una postura utilitarista, los modelos y las teorías no son ni ciertas ni falsas sino más o menos válidas, si sus postulados pueden derivarse lógicamente de observaciones y dependiendo de cuán precisas sean las predicciones generadas por ellos (Gellon y otros, 2005).

3. No conciben al conocimiento científico y a los modelos como construidos. Tienden a concebirlos como copias o reproducciones de la realidad (Ci2, Mo6). Se obtuvieron los puntajes más bajos en estos ítems. Esta idea corresponde a una visión realista y positivista: la calidad de un modelo está dado por su grado de correspondencia con lo que representa. En esta postura un modelo debe acercarse tanto como es posible a la realidad (Vandriel Verlop, 1999). Sin embargo, muchos afirmaron que el conocimiento en general es construido en la mente de los individuos (Co1). Esta es una diferencia en la percepción de los estudiantes entre el conocimiento en general y el conocimiento científico, donde parece que al conocimiento científico lo sitúan en otra categoría, una visión más realista, que debe reproducir la realidad y ser verdadero. En este aspecto pueden influir las concepciones relacionadas con el descubrimiento científico: que el científico descubre la realidad no la construye.

4. Interpretan al quehacer científico y a la construcción de modelos como un proceso lógico más que un proceso intuitivo y creativo (Ci4, Mo1)

5. No aceptan el hecho de que las explicaciones científicas intenten ser lo más simples, económicas y elegantes posibles (Ci10)

Acevedo (2000) al investigar las creencias de licenciados españoles, futuros profesores de secundaria, concluyó que adherían mayoritariamente a posiciones: realistas, absolutistas metodológicos, objetivistas, contextualistas y dinámicas. Difiriendo con nuestros estudiantes solamente en el pluralismo metodológico. Esta diferencia puede deberse a que esos alumnos españoles contaban ya con un título de licenciado en alguna rama científica, en la cual no se han discutido generalmente aspectos sociales o educativos de las ciencias.

Los estudiantes mostraron dificultades, fundamentalmente, en los siguientes aspectos: (a) conciben a un modelo como una copia simplificada de la realidad, (b) no conciben al conocimiento científico como artificial o construido, (c) sostienen que el conocimiento es verdadero, (d) afirman que el conocimiento científico y los modelos aceptados no contienen errores, (e) interpretan al quehacer científico y a la construcción de modelos como un proceso lógico más que un proceso intuitivo y creativo y (f) no aceptan el hecho de que las explicaciones científicas intenten ser lo más simples, económicas y elegantes posibles. La importancia de analizar las concepciones sobre los modelos radica, además de su relevancia específica, en que para los alumnos es más fácil entender la distinción entre los modelos y lo que modelan que entre otras ideas o teorías científicas complejas y la realidad a la que se refieren, dado que los modelos son más accesibles (Grosslight y otros, 1991). Un mejor conocimiento sobre la naturaleza de los modelos se transforma en una más sofisticada comprensión de la ciencia, por ejemplo cuando los estudiantes

valoran la naturaleza construida de los modelos comprenden mejor la naturaleza construida del conocimiento científico (Gilbert, 1991). Por otra parte, varios aciertos de los estudiantes encuestados pudieron ser explicados desde el sostenimiento de creencias populares arraigadas en el sentido común, de frases aceptadas como verdades del tipo “todo cambia”, o “todo es relativo”. En general se observó cierta coherencia en los puntajes obtenidos en ítems que evaluaban la misma idea para cada una de las categorías (conocimiento general, conocimiento científico y modelo científico). No obstante se presentó una diferencia significativa en lo que respecta a la naturaleza construida del conocimiento: los estudiantes tendieron a aceptar que el conocimiento es construido en la mente de las personas pero no ocurrió lo mismo con la naturaleza construida del conocimiento científico y de los modelos. Donde parece que le otorgan al conocimiento científico un estatus distinto, superior a otras formas de conocimiento, basados en la creencia de que constituye un conocimiento exacto, verdadero y apoyado en un método científico único (Acevedo 2000).

Los resultados de este estudio indican que la apropiación por parte de los estudiantes de ideas aceptadas por la comunidad científica sobre la naturaleza de las ciencias no se logra en el cursado tradicional de asignaturas de ciencias. Por ejemplo, los estudiantes universitarios y los futuros docentes suelen no ser conscientes que están tratando continuamente en sus clases de ciencia con modelos. Por ello, se reconoce la necesidad de complementar de algún modo este aspecto en la formación de grado de los estudiantes, con acciones orientadas para ese fin dentro de las asignaturas; por ejemplo iniciando desde primer año con una reflexión metacientífica sistematizada, o con la inclusión de materias vinculadas directamente con la epistemología de las ciencias.

En la enseñanza de conceptos relacionados con la naturaleza del conocimiento científico se distinguen actividades explícitas e implícitas. Las estrategias implícitas se refieren a la enseñanza indirecta de aspectos epistemológicos o del concepto de modelo a través del aprendizaje de conceptos específicos. Por ejemplo, los estudiantes pueden aprender sobre la provisionalidad de los modelos mientras aprenden sobre los modelos atómicos. Sin embargo la estrategia implícita puede resultar más que insuficiente si se tiene en cuenta que ni alumnos ni profesores advierten que en sus clases están abordando teorías o modelos. En cambio las estrategias explícitas se refieren a una enseñanza planificada y reflexiva de contenidos relacionados con la naturaleza de las ciencias, por ejemplo partiendo de la lectura de textos sobre epistemología o sobre casos de historia de las ciencias. Como un ejemplo de una experiencia de enseñanza explícita, en otro artículo relatamos la investigación llevada a cabo sobre el aprendizaje del concepto de modelo a partir del uso de dos analogías (Raviolo y otros, 2010), destacando los logros y dificultades que perduraron en los estudiantes después de esta propuesta. Los estudiantes evidenciaron comprender que un modelo puede ser utilizado como una herramienta de investigación con las finalidades de describir, explicar y predecir, y que no es un cúmulo de hechos a ser memorizados. Esto implicaría un avance en la superación de la visión empirista, en que se admite que la ciencia avanza sólo como fruto de la experimentación, en una forma acumulativa. En definitiva, en las clases de ciencias se abordan conocimientos científicos, se presentan modelos y teorías, pero esto no implica que los estudiantes desarrollen ideas adecuadas sobre la naturaleza del conocimiento científico. La enseñanza tradicional poco cambia las concepciones de sentido común, cotidianas e inadecuadas sobre el conocimiento, se requieren estrategias ad hoc, intervenciones planificadas y basadas en los aportes de la investigación en didáctica de las ciencias y en epistemología de las ciencias.

CONCLUSIONES

Los estudiantes mostraron dificultades en la concepción de un modelo y sobre el conocimiento científico no aceptan que las explicaciones científicas intenten ser lo más simples, económicas y elegantes posibles. Por otra parte, varios aciertos de los estudiantes encuestados pudieron ser explicados desde el sostenimiento de creencias populares arraigadas en el sentido común. Los resultados de este estudio indican que la apropiación por parte de los estudiantes de ideas aceptadas por la comunidad científica sobre la naturaleza de las ciencias no se logra en el cursado tradicional de asignaturas de ciencias.

REFERENCIAS

Acevedo Díaz, J. A., *Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de secundaria en formación inicial*. Sala de Lecturas CTS+I, OEI. (2000).

Acevedo Díaz, J. A., *El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias*, Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las ciencias, 5 (2), 134-169. (2008).

Acevedo Díaz, J. A. y P. Acevedo Romero, *Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria*, Revista Iberoamericana de Educación (en línea), Madrid, OEI, http://www.rieoei.org/did_mat7.htm. (2002).

Adúriz-Bravo, A., *¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica*. UNESCO (en línea), <http://www.educared.pe/modulo/upload/130077622.pdf>. (2007).

Bunge, M., *La investigación científica*. España, Ariel. (1985).

Carey, S. y C. Smith, *On understanding the nature of scientific knowledge*, Educational Psychologist, 28(3), 235-25. (1993).

Concari, S., *Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias*, Ciencia & Educación, 7(1), 85-94. (2001).

Duschl, R., *Perspectivas epistemológicas sobre el cambio conceptual: implicaciones para la práctica educativa*, Comunicación, Lenguaje y Educación, 25, 107-125. (1995).

Gellon, G., Feher, E., Furman, M. y D. Golombek, *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Paidós. (2005).

Gilbert, S. W., *Model building and a definition of science*, Journal of Research in Science Teaching, 28, 73-79. (1991).

Islas, S. y M. Pesa, *¿Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?*, Enseñanza de las Ciencias, nº extra, 57-66. (2003).

Jehng, J., Johnson, S. y R. Anderson, *Schooling and student's epistemological beliefs about learning*, Contemporary Educational Psychology, 18, 23-35. (1993).

Giere, R., *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press. (1988).

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y C. Smith, *Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts*, Journal of Research in Science Teaching, 28(9), 799-822. (1991).

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y R. Schwartz, *Views of nature of science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science*, Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521. (2002).

Perkins, D., *La escuela inteligente*. Barcelona: Gedisa. (1995).

Perry, W., *Forms of intellectual and ethical development in the college years. A scheme*. Holt, Rinehart and Winston (New York). (1970).

Raviolo, A., Ramírez, P. y E. A. López, *Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías*, Revista Eureka de Divulgación y Enseñanza de las Ciencias, 7(3), 581-612. (2010).

Schommer, M., *Comparisons of beliefs about the nature of knowledge and learning among postsecondary students*, Research in Higher Education, 34 (3), 355-370. (1993).

Schommer, M., *The influence of age and education on epistemological beliefs*. British Journal of Educational Psychology, 68, 551-562. (1998).

Van Driel, J. y N. Verloop, *Teachers` knowledge of models and modelling in science*. International Journal of Science Education, 21, 1141-1153. (1999).

Vázquez, A., Acevedo, J. y M. Manassero, *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza*. Revista Iberoamericana de Educación (en línea), Madrid, OEI, http://www.rieoei.org/did_mat19.htm. (2004).