

Una sección para trabajos sobre qué es la ciencia, cómo funciona internamente, como se desarrolla, sobre el origen de los conocimientos, de su fiabilidad, de cómo se obtuvieron, si ello ocurre con cooperación y colaboración, qué implicaciones tiene el juicio de los pares, para qué se utilizan comúnmente los conocimientos, qué beneficios reportan para la sociedad, etc. En esta ocasión sobre las concepciones epistemológicas de los profesores.

Las concepciones epistemológicas de los profesores universitarios de química

María Basilisa García,¹ Mar Mateos² y Silvia Vilanova¹

Abstract (*The epistemological conceptions of university chemistry professors*)

This paper describes the epistemological conceptions of university chemistry professors, approaching the problem from the perspective of implicit theories. A descriptive study of the variable *epistemological conceptions* was carried out, categorized beforehand in the following manner: ingenuous realism, critical realism and relativism. The variable was studied as well in three dimensions: certainty, source and justification of knowledge. The instrument used consisted in a questionnaire with nine dilemmas, previously standardized. The participants were chemistry professors and assistants of the National University of Mar del Plata. A quantitative analysis of the data was carried out from which it could be stated that the teachers surveyed held epistemological conceptions that oscillate between the critical realism and the relativism and that these conceptions are consistent (IC= 0.5028)

Introducción

El trabajo que aquí se presenta consiste en la descripción y caracterización de las concepciones epistemológicas de profesores universitarios de química. El constructo "concepciones epistemológicas" fue definido, para realizar este trabajo, a partir de la propuesta de Hofer y Pintrich (1997). Estos autores recomiendan acotar el concepto a aquellas ideas y creencias que poseen las personas respecto de *qué es el conocimiento* y *en qué consiste el proceso de conocer*.

El estudio de las concepciones epistemológicas ha dado origen a una serie de programas de investigación que se pueden agrupar en dos grandes líneas: aquellas tendientes a caracterizarlas, aportando datos para definir las, establecer su naturaleza, sus dimensiones, etc. (Belenky *et al.*, 1986; Baxter Magolda, 1992; Perry, 1970, Schommer, 1990, y Hammer,

1994) y las que analizan las relaciones entre las concepciones epistemológicas y cuestiones como el desarrollo cognitivo (Kardash & Howell, 2000), la motivación (Schoenfeld, 1992), las estrategias de procesamiento de la información (Ryan, 1984), la comprensión (Schommer, 1990), etcétera.

No obstante los estudios realizados han proporcionado un aporte importante para la comprensión de las concepciones epistemológicas, aún falta consenso sobre cuestiones tales como su *naturaleza o forma*, la influencia que ejerce sobre ellas el *dominio del conocimiento*, entendiendo por tal tanto la disciplina de formación de los sujetos como el tema que se utiliza para analizar las concepciones (Hofer y Pintrich, 1997), y que características tienen dichas concepciones en docentes de *nivel universitario*, por lo que puede decirse que es un tema aún en estudio.

En el caso específico del estudio de las concepciones de los docentes, también han surgido dos líneas de investigación: trabajos cuyos objetivos se centran en caracterizarlas (Aldrige *et al.*, 1997; Pajares, 1992; Porlán, 1994), y otros que analizan las relaciones entre las concepciones epistemológicas y aspectos como las estrategias de enseñanza (Hashweh, 1996), los esfuerzos de los profesores por adaptar el currículum (Benson, 1989; Baena, 2000), el conocimiento profesional (Porlan *et al.*, 1998; Lakin y Wellington, 1994), etcétera.

Particularmente respecto del análisis de la posible influencia de las concepciones epistemológicas en el aula, los resultados de las investigaciones realizadas hasta el momento, muestran que es aun un tema en debate. Por un lado, diversos trabajos han encontrado relaciones entre las concepciones epistemológicas de los docentes y las asunciones que éstos realizan respecto de la enseñanza y el aprendizaje y, por lo tanto, han señalado que cumplen un papel fundamental en su desempeño en el aula (Haney *et al.*, 1996; Hewson y Hewson, 1987; Gil, 1991; Gil Pérez *et al.*, 2000; Maor and Taylor, 1995 Medina *et al.*, 1999; Nespor, 1987, Porlán, 1994). Sin embargo, trabajos realizados en otra línea de investigación sugieren que la relación directa entre las concepciones y la práctica docente no ha sido suficientemente validada (Lederman y Druger, 1985; Lederman y Zeidler, 1987). Por ejemplo (GessNewsome y Lederman, 1995) han encontrado que las concepciones que los docentes poseen respecto del conocimiento y su adquisición pueden trasladarse a la práctica de distintas maneras: de modo directo, mediada por otras variables como el tipo de contenidos a

¹ Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3350. Mar del Plata. Argentina.

Correos electrónicos: bagarcia@mdp.edu.ar y svilano@mdp.edu.ar

² Universidad Autónoma de Madrid.

Correo electrónico: mar.mateos@uam.es

Recibido: 23 de mayo de 2006, aceptado: 4 de septiembre de 2006.

trabajar, las necesidades de los alumnos, etcétera o directamente este traslado estar ausente.

El trabajo que aquí se presenta pretende hacer un aporte nuevo en dos aspectos poco indagados:

- a) la descripción y caracterización de las concepciones epistemológicas desde la perspectiva de las *teorías implícitas* y
- b) el análisis de estas concepciones epistemológicas en *docentes universitarios de Química*.

Con respecto al primer aspecto, el hecho de entender que las concepciones epistemológicas se pueden encontrar guardando distintos niveles de complejidad en la estructura cognitiva y que aquellas representaciones de carácter más bien implícito resultan ser las más profundamente arraigadas, implica una mirada diferente respecto de gran parte de los estudios citados hasta ahora. Muchas veces, lo que los sujetos expresan de manera explícita no está completamente en línea con sus representaciones implícitas, construidas a partir de su propia experiencia con el mundo más que como resultado de la educación formal recibida. Por lo tanto, resulta importante indagar dichas representaciones en los docentes, analizarlas para diseñar espacios en donde se pueda reflexionar sobre ellas y, eventualmente, redescubrirlos en formatos más actuales.

Con respecto al segundo aspecto, se indagará el problema en un ámbito poco explorado como lo es el universitario, particularmente en el caso de los docentes de química, donde aun falta recoger información empírica ya que el número de trabajos realizados es escaso (Hativa, 2000; van Driel, *et al.*, 2005; Lantz y Kass, 1987).

Método

Tipo de estudio y definición de la variable

Se llevó a cabo un estudio descriptivo de la variable *concepciones epistemológicas* entendidas como aquellas ideas y creencias que poseen las personas respecto de qué es el conocimiento y en qué consiste el proceso de conocer (Hofer y Pintrich, 1997).

Si bien Hofery Printrich (1997) recomiendan analizar las concepciones epistemológicas a través de cuatro *dimensiones*: certeza, simplicidad, fuente y justificación, investigaciones posteriores muestran que las primeras dos (certeza y simplicidad) convergen en una sola (Hofer, 2000; Qian and Alvermann, 1995). Por lo tanto, se determinan para este estudio las dimensiones siguientes: 1) *Certeza del conocimiento*; 2) *Fuente del conocimiento* y 3) *Justificación del conocimiento*, definidas de la siguiente manera (Hofer y Pintrich, 1997):

1) *Certeza del conocimiento*: ideas que las personas tienen asociadas con la posibilidad del conocimiento y el grado de

provisionalidad de dicho conocimiento; es decir, con la posibilidad de conocer las cosas tal como son, de conocer “la realidad” y el grado de estabilidad que tienen los conocimientos.

2) *Fuente del conocimiento*: ideas que las personas poseen respecto de la forma en que se puede acceder al conocimiento. Las distintas posiciones van desde aquellos que creen que el conocimiento se adquiere a partir un mero registro de datos organizados de forma independientes del sujeto, hasta las posiciones que adhieren a la idea que el conocimiento es una construcción personal con participación activa de las personas y donde la creatividad ocupa un lugar destacado.

3) *Justificación del conocimiento*: ideas que las personas tienen sobre el papel de la evidencia y los procesos de justificación. Las distintas posiciones forman un continuo que va desde la aceptación acrítica del conocimiento a la postura que reconoce la necesidad de justificarlo razonadamente.

A su vez, para estas dimensiones, se establecieron tres categorías: realismo ingenuo (I), realismo crítico (II) y relativismo (III). Una descripción de los supuestos de cada categoría para las dimensiones establecidas, se presenta en el cuadro 1.

Participantes

La *población* comprendió a todos los docentes regulares o interinos, con un año como mínimo de permanencia en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, independientemente de su categoría y dedicación. La *muestra* fue de tipo no probabilístico, con sujetos tipo (30 docentes de química con más de diez años de antigüedad en la Facultad).

Instrumento de recolección de datos

Como el objetivo del trabajo fue indagar concepciones implícitas, se utilizó un cuestionario de dilemas que permitió consultar a un número importante de personas y, a su vez, recoger información más profunda, ya que permite inferir las concepciones no a través de la pregunta directa, sino a través de la respuesta frente una situación contextualizada en la que los profesores deben involucrarse adoptando una postura.

Para su construcción, se realizó una búsqueda bibliográfica por medio de la cual se encontraron distintas propuestas de cuestionarios, entre ellas el MCTP, elaborado por McGinnis *et al.*, (1997); el BASSSQ, de Albridge, Taylor y Chi Chen (1997); el EBAPS, de Elby *et al.*, (2000); el VASS, de Halloun & Hestenes’ (1998) y el MPEX, de Redish *et al.*, (1998), entre otros. Si bien estos instrumentos fueron tenidos en cuenta para el diseño del instrumento, no se utilizaron tal como se presentaban debido a distintas razones (algunos porque estaban orientados a estudiantes, otros porque inda-

Cuadro I

	NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO (Ontología)	NATURALEZA DEL PROCESO DE CONOCER (Gnoseología)		
REALISMO INGENUO (Categoría I)	<i>Certeza</i>	1. Se asegura que las entidades físicas tienen existencia real autónoma. Realismo ontológico	<i>Fuente</i>	1. La observación es la fuente del conocimiento.
		2. La interpretación física es real y objetiva.		2. El contexto socio-político no influye en la producción del conocimiento científico. Éste es universal y se encuentra libre de la subjetividad. Objetivismo
		3. El conocimiento es pictórico, representa la realidad.	<i>Justificación</i>	1. Las teorías se confirman a través de síntesis inductivas de experiencias. Inductivismo.
		4. El conocimiento científico suficientemente probado sólo se modifica por una ampliación del dominio de una teoría.		2. Idolatría del método. Empirismo radical.
REALISMO CRÍTICO (Categoría II)	<i>Certeza</i>	1. Se presume que las entidades físicas tienen existencia real autónoma. Realismo ontológico	<i>Fuente</i>	1. El papel de la teoría en la experimentación es tan importante como el papel de los datos empíricos para crear una teoría. Racioempirismo.
		2. Se presume que una teoría tiene una contrapartida real.		2. El contexto socio-político no influye en la producción del conocimiento científico. Éste es universal y se encuentra libre de la subjetividad. Objetivismo
		3. Se pretende conocer la realidad.	<i>Justificación</i>	1. Existe hipotetización. Hay constructivismo gnoseológico: las teorías se obtienen por un proceso creado más allá de los datos. Luego se someten a contrastación empírica.
		4. El conocimiento obtenido es provisional, indirecto y simbólico pero va en pos de nuevas predicciones de la realidad.		2. Se construyen modelos explicativos con intención realista.
RELATIVISMO (Categoría III)	<i>Certeza</i>	1. Lo fundamental es el fenómeno sin discurrir acerca de la existencia autónoma de los entes físicos.	<i>Fuente</i>	1. La experimentación sin teoría previa es imposible (Racio-empirismo).
		2. El conocimiento científico se refiere a las experiencias, antes que a una realidad independiente.		2. La construcción del conocimiento científico depende del contexto socio-político. (Subjetivismo).
		3. Se busca la eficacia explicativa más que conocer la realidad.	<i>Justificación</i>	1. Existe hipotetización. Hay constructivismo gnoseológico: las teorías se obtienen por un proceso creado más allá de los datos. Luego se someten a contrastación empírica.
		4. El conocimiento obtenido es provisional, indirecto y simbólico pero va en pos de la mejor explicación.		2. Se construyen modelos con intención explicativa de fenómenos.

gaban concepciones explícitas y otros porque no tenían en cuenta el contexto).

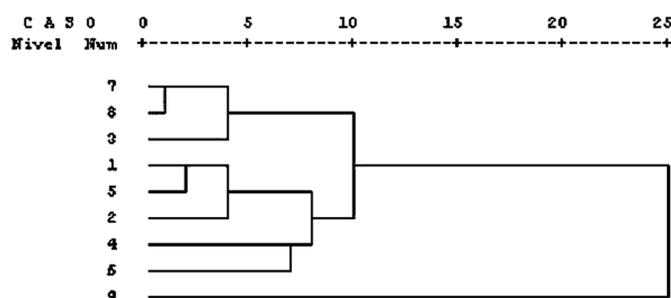
El instrumento definitivo consistió en nueve dilemas, que tuvieron en cuenta las dimensiones de la variable y las categorías establecidas en el cuadro I. En el apéndice y, a modo de ejemplo, se presentan algunos de estos dilemas.

La fiabilidad y validez del instrumento fueron determinadas de la siguiente manera:

- **Validez de contenido:** se utilizó un procedimiento cualitativo, a través de un sistema de jueces independientes que clasificaron y juzgaron la adecuación de las categorías establecidas para cada variable en función de la revisión teórica y del objetivo del cuestionario.
- **La fiabilidad del instrumento:** para determinar la fiabilidad del instrumento, es decir su capacidad para demostrar estabilidad y consistencia en sus resultados, se administró

el cuestionario a 82 docentes universitarios de ciencias y se aplicó el Coeficiente Alpha de Cronbach, que arrojó el siguiente resultado: Alpha = 0,7997. Ya que el coeficiente que brinda este test depende tanto del número de ítems del instrumento, como de la correlación entre los mismos (o sus covariancias) y el cuestionario utilizado consta sólo de nueve ítems, el coeficiente obtenido se consideró aceptable y el instrumento utilizado, fiable.

- *La validez de constructo*: se llevó a cabo un escalamiento multidimensional (análisis clusters) para poder ver de qué forma se agrupan los dilemas entre sí y detectar posibles criterios de afinidad entre ellos, alternativos a los planteados originalmente como dimensiones. Los resultados se muestran en el dendograma siguiente:



Como puede observarse, con excepción del dilema N° 9, las respuestas tienden a agruparse en tres clusters:

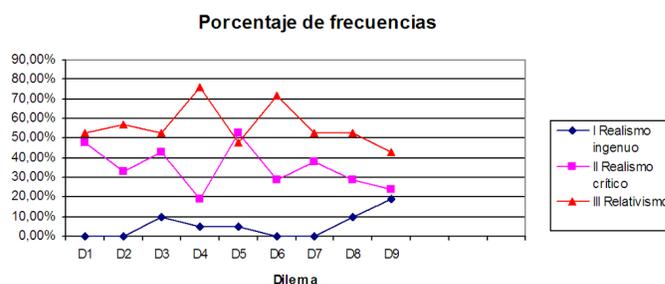
- Cluster N° 1: Dilemas 7, 8 y 3, que están asociados con la *justificación* del conocimiento. Son los que se encuentran más próximos al eje vertical y, por lo tanto, los que presentan mayor proximidad en las opciones de respuesta seleccionadas.
- Cluster N° 2: Dilemas 1, 5 y 2, asociados con la *certeza* del conocimiento.
- Cluster N° 3: Dilemas 4 y 6, relacionados con la *fuerza* del conocimiento. Si bien están más alejados del eje vertical, se agrupan entre sí.

En síntesis, y con respecto a nuestros objetivos al aplicar este análisis, podemos ver que aparecen las tres dimensiones previstas y no se observan criterios de agrupación en las respuestas alternativos a los propuestos.

Resultados

Porcentajes de frecuencia

El gráfico siguiente muestra la distribución de porcentajes de frecuencia para cada categoría:



Del gráfico precedente se destacan las siguientes cuestiones:

- En general predominan las concepciones asociadas con el realismo crítico y el relativismo.
- Los dilemas que registran mayor cantidad de opciones de respuesta dentro de la postura relativista son el 4 y el 6, ambos asociados con la *fuerza* del conocimiento. El dilema 4, relacionado con los métodos para obtener el conocimiento científico, muestra que el “mito del método científico como vía exclusiva de acceso al conocimiento” no se refleja en el pensamiento de los docentes universitarios analizados aquí, como tampoco el mito que dice que la “ciencia es más procedimiento que creación” (McComas, 1996). Por su parte, el dilema 6, planteado a partir de la teoría de la evolución, da cuenta de que los docentes universitarios de química muestran una postura relativista, tal vez por tratarse de un ejemplo relacionado con las ciencias de la vida, cuyas leyes tienen un factor de probabilidad asociado, a diferencia de las leyes físicas, de carácter más determinista (McComas, 1996).
- Los dilemas 1 y 5, relacionados con la *certeza* del conocimiento, tienen igual porcentaje de respuestas asociadas con el realismo crítico y con el relativismo; ambos están planteados desde los modelos y teorías que explican el agua. Mientras que en el caso del dilema 1 lo que se discute es la posibilidad de que distintos “objetos-modelo” (Bunge, 1981) puedan representar a la molécula de agua, en el 5 se plantea la coexistencia de dos teorías que explican diferentes aspectos relacionados con fenómenos que ocurren en el agua.

Análisis de la consistencia de las concepciones de los docentes

Para determinar el grado de consistencia de las concepciones epistemológicas de los docentes, se realizó un análisis cuantitativo mediante el índice de consistencia (IC) elaborado por Gómez Crespo *et al.*, (2001). Se calcularon las puntuaciones IC para cada sujeto y se estableció como criterio de consistencia un índice mayor que 0.25 (65% de los dilemas respon-

didos dentro de la misma categoría). La consistencia general obtenida (IC promedio) fue de 0.5028. También se calculó la consistencia de las respuestas de los sujetos por cada dimensión de la variable, obteniéndose los siguientes valores promedios:

	IC (Promedio)
Certeza	0.65
Fuente	0.42
Justificación	0.53

Con base en el criterio de consistencia establecido puede observarse que las concepciones epistemológicas de los docentes son consistentes tanto en el análisis general como dentro de cada dimensión.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que los docentes universitarios de química poseen concepciones epistemológicas que oscilan entre el realismo crítico y el relativismo, siendo estas últimas las predominantes, sobre todo en la dimensión correspondiente a la *fuerza* del conocimiento. En las dimensiones *certeza* y *justificación*, en cambio, puede observarse una distribución de aproximadamente el 50% para cada teoría. Podríamos describir, a partir de esto, un perfil epistemológico para los docentes consultados de la siguiente manera: respecto de la fuente del conocimiento, consideran que la experimentación sin teoría previa es imposible y que la construcción del conocimiento científico depende en parte del contexto socio-político. Por otra parte, si bien valoran los métodos de la ciencia, no los consideran un camino excluyente para obtener conocimiento, dándole peso también a la creatividad.

Con respecto a la justificación y la certeza, los docentes coinciden en que hay constructivismo gnoseológico: las teorías se obtienen por un proceso creado más allá de los datos pero, mientras algunos (50%) creen que los modelos se construyen con intención realista (realismo crítico) otros entienden que son elaborados para interpretar los fenómenos no constituyendo el tema de la realidad una cuestión a debatir (relativismo).

Se pudo también caracterizar dichas concepciones como consistentes, tanto en el análisis general como en cada dimensión, lo que les otorga carácter de teorías implícitas y no de ideas o creencias con poca conexión entre sí. El hecho de que no constituyan siempre conocimientos elaborados conscientemente, no implica que no exista cierto nivel de coherencia interna basada en una cierta organización conceptual de los contenidos (Rodrigo, 1993) y no posean un cierto nivel de estabilidad, dando soporte y orientación a determinadas acciones (Claxton, 1990).

Retomando el debate con respecto a su influencia en la práctica docente y dado que las concepciones epistemológicas restringen el tipo de representaciones a activar frente una situación particular (Rodrigo, 1993), creemos que, más allá de los distintos grados en los que puede existir la influencia de éstas sobre la práctica, constituyen las gafas paradigmáticas desde donde los docentes transmiten fundamentalmente ideas acerca de la naturaleza de la ciencia. ■

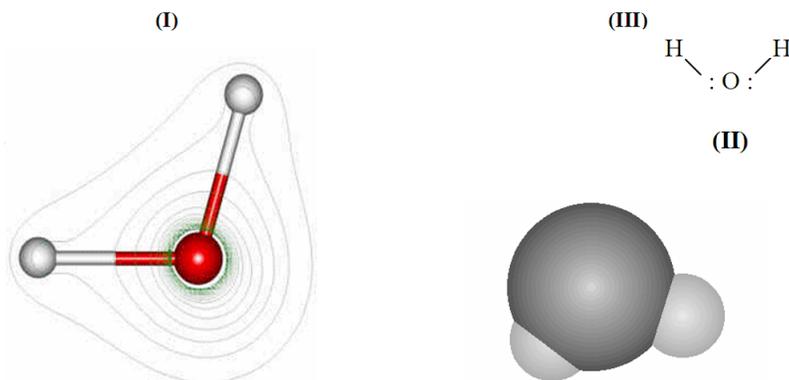
Referencias

- Aldridge, J., Taylor, P. Chi Chen, Ch. Development, Validation and Use of the Belief about Science and School Science Questionnaire. <http://www.chem.arizona.edu/tpp/basssq.pdf>, 1997.
- Baena, M.D. Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **18**(2), 217-226, 2000.
- Baxter Magolda, M. B. Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual development. San Francisco: Jossey Bass, 1992. En Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. The development of epistemological theories, *Review of Educational Research*, **67**(1), 88-140, 1997.
- Belenky, M.F., Clinchy, B.M., Goldberger, N. R., & Tarule, J.M. Women's ways of knowing: The development of self, voice and mind. New York: Basics Books, 1986. En Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. The development of epistemological theories, *Review of Educational Research*, **67**(1), 88-140, 1997.
- Benson, G.D. Epistemology and science curriculum. *Journal of Curriculum Studies*, **21**, 329-344, 1989.
- Bunge, M. *Teoría y realidad*. Barcelona: Ariel, 1981.
- Claxton, G. *Teaching to learn. A direction for education*. Londres: Cassell, 1990.
- Elby, (2000). What students' learning of representations tells us about constructivism. <http://www.physics.umd.edu/rgroups/ripe/perg/papers/elby/index.html>
- Gil Pérez, D. y Pessoa de Carvalho, A. M. Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, *Educ. quim.*, **11**(2) abril, 244-251, 2000.
- Gil, D. ¿Qué hemos de saber y hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, **9**(1), 69-77, 1991.
- Gómez Crespo *et al.* La consistencia de las teorías sobre la naturaleza de la materia: una comparación entre las teorías científicas y las teorías implícitas. Infancia y Aprendizaje. *Journal of the Study of Education and Development*, **24**(4), 441-459, 2001.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, **32**, 301-325, 1995.
- Halloun, I. y Hestenes, D. Interpreting VASS dimension and

- profiles. *Science & Education*, 7(1), 3-24, 1998.
- Hammer, D. Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*, 12(2), 151-183, 1994.
- Haney, J. J., Czerniak, C. and Limpe, A. Teacher beliefs and intentions regarding the implementation of science education reform stands. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 971-993, 1996.
- Hashweh, M. Z. Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 47-63, 1996.
- Hativa, N. Teacher thinking, belief, and knowledge in higher education: An introduction. *Instructional Science*, 28, 331-334, 2000.
- Hewson, P. y Hewson, M. Science teachers conceptions o teaching: Implications for the teacher education: *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440, 1987.
- Hofer, B. K. Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 378-405, 2000.
- Hofer & P. R. Pintrich (Ed.), Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing, Mahwah, NJ: Erlbaum, p. 389-415, 2002.
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140, 1997.
- Kardash, C. M., & Howell, K. L. Effects of epistemological beliefs and topic-specific beliefs on undergraduates' cognitive and strategic processing of dual-positioned text. *Journal of Educational Psychology*, 92, 524-535, 2000.
- Lakin, S. & Wellington, J. Who will teach the "nature of science"? Teachers' view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, (2), 175-190, 1994.
- Lantz, O. & Kass, H. Chemistry teachers: functional paradigms. *Science education*, 71, 117-134, 1987.
- Lederman, N. G., & Zeidler, D. L. Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior? *Science Education*, 71, 721-734, 1987.
- Lederman, N. G. & Druger, M. Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 649-662, 1985.
- Maor, D & Taylor, P. Teacher epistemology and science inquiry in computerized classroom environment. *Journal of research in Science Teaching*, 32, 839-854, 1995.
- McGinnis, S., Greber A. & Watanabe, T. Development on an instrument to measure teachers candidates' attitudes and beliefs about the nature of and the teaching of mathematics and science. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Oak Brook Illinois, March, p. 21-24, 1997.
- McComas, W. F. Ten myths of science: Reexamining what we think about the nature of science. *School Science and Mathematics*, 96, 10-16, 1996.
- Medina, A., Zimancas, K., y Garzón, C. El pensamiento de los profesores universitarios en torno a la enseñanza y demás procesos implícitos. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 2(1), 1999.
- Nespor, J. The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal Curriculum Studies*, 19(4), 317-328, 1987.
- Pajares, M. F. Teachers' belief and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332, 1992.
- Perry, W. Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970. En Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. The development of epistemological theories. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140, 1997.
- Porlán Ariza, R.; Rivero García, A. y Martín del Pozo, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288, 1998.
- Porlán, R. Las concepciones epistemológicas de los profesores. El caso de los estudiantes de magisterio. *Investigación en la Escuela*, 22, 67-84, 1994.
- Qian, G., & Alvermann, D. Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational Psychology*, 87, 282-292, 1995.
- Redish, E. F., Saul, J. M. and Steinberg, R. N., Student Expectations in Introductory Physics, *American Journal of Physics*, 66(3), 212-224, 1998.
- Rodrigo, M. J. Representaciones y procesos en las teorías implícitas. En: M. J. Rodrigo *et al.*, Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid: Visor, 1993.
- Schoenfeld, A. Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in mathematics. En D. A. Grows (Ed.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning* p. 334-379. New York: MacMillan, 1992.
- Schommer, M. Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82, 498-504, 1990.
- Van Driel, J. The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *International Journal of Science Education*, 27(3), 303-322, 2005.

APÉNDICE

1. ¿Cuál de todas estas figuras representa fielmente la molécula de agua?



- a- La ____, se ha llegado a ella a través del método científico. Ha sido confirmada empíricamente y coincide con la realidad.
- b- Ninguna y tampoco se puede decir que hay una que se corresponde mejor con la realidad. Todas son interpretaciones igualmente válidas. Cada una puede explicar fenómenos asociados con el agua de manera eficaz en un determinado contexto.
- c- Ninguna, todas son modelos, pero la III, que se deduce de la mecánica cuántica, es la que se corresponde mejor con la molécula real del agua tal y como es.

6. Dos estudiantes que se encuentran preparando un examen de química tienen la siguiente conversación:

Julia: Estuve consultando bibliografía sobre la formación del enlace covalente y parece ser que actualmente existen dos teorías que describen la forma de la molécula del agua, ambas provenientes de la misma teoría general: la cuántica.

Luis: No puede ser, seguramente has leído mal. No pueden existir al mismo tiempo dos teorías que expliquen el mismo fenómeno. El agua es siempre la misma entonces no se pueden decir dos cosas diferentes sobre ella.

Julia: Es que la ciencia toma cosas de la realidad pero construye modelos y, por lo tanto, podría haber dos ideas distintas sobre la misma cosa, siempre que ambas provengan de la misma teoría general. Puede ser que cada una explique una cuestión diferente relacionada con el agua, o que una teoría incluya a la otra.

María: Yo estoy de acuerdo con Julia en que la ciencia construye modelos pero no coincido en que lo haga con intención realista. Los modelos los construye para dar cuenta de los fenómenos más que de la realidad. Por lo tanto, puede haber dos teorías que convivan ya que una puede ser más eficaz que la otra según el contexto en que se aplique y no necesariamente ambas tienen que venir de la misma teoría general.