CREENCIAS DEL PROFESORADO SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

MARIA ANTONIA MANASSERO MAS
ANGEL VÁZQUEZ ALONSO

RESUMEN

Este estudio muestra las creencias sobre naturaleza de la ciencia de una muestra de profesorado, científicos y no científicos, en base a las respuestas a algunas cuestiones del VOSTS, un cuestionario de opción múltiple diseñado para evaluar opiniones sobre temas de ciencia, tecnología y sociedad. Los tópicos sobre la naturaleza de la ciencia estudiados aquí son los siguientes: carga teórica de las observaciones, supuestos de la ciencia, elegancia de las teorías y leyes, las publicaciones científicas, el papel de los errores en la ciencia, el estatus epistemológico del conocimiento científico (realismo frente a instrumentalismo) y la coherencia de conceptos entre distintos paradigmas. En general, las creencias del profesorado son eclécticas, pero más bien inclinadas hacia posiciones positivistas, lo cual evidencia la necesidad de incluir la naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado como un instrumento para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia en la escuela.

ABSTRACT

A sample of science and non science teachers display their beliefs on the nature of science through the answers to some items of VOSTS, a multiple choice item pool developed for monitoring the views on science-technology-society issues. The nature of science topics addressed here are the following: influence of theory into observations, assumptions of science about nature, elegance of the scientific theories, style of scientific reports, the role of errors in scientific research, epistemological status of scientific knowledge (realism vs. instrumentalism), and coherence of scientific concepts across disciplines. Teachers show general eclectic views with a clear tendency to support positivistic positions, which demonstrates the need to include the nature of science in teacher education as a means to improve the teaching and learning of the nature of science in schools.

PALABRAS CLAVE

Enseñanza de la ciencia, Naturaleza de la ciencia, Pensamiento del profesorado.

KEYWORDS

Science teaching, Nature of science, Teacher thinking.

Aunque la preocupación por la comprensión de la naturaleza de la ciencia como objetivo de la educación viene desde comienzo de siglo (Lederman, 1992; Matthews, 1998), la realidad es que ha estado poco presente en los currículos escolares durante muchos años, y en consecuencia, también de la formación general del profesorado, hasta que en la segunda mitad de este siglo ha comenzado a enfatizarse este objetivo reiterado especialmente en documentos más recientes, como el proyecto de ciencia para todos

(AAAS, 1990) y números especiales de revistas como Science Education (1991, 75) e International Journal of Science Education (1990, 12), coincidente con las propuestas en el mismo sentido de otros autores (Hazen y Trefil, 1991; Rutherford y Ahlgren, 1990) e instituciones (UNESCO, 1994). En el marco de la investigación en didáctica de la ciencia, la conceptualización de la alfabetización científica y los movimientos ciencia para todos y ciencia-tecnología-sociedad han contribuido decisivamente a la extensión del conocimiento de la naturaleza de la ciencia como objetivo central de la enseñanza de la ciencia en muchos países (Stinner y Williams, 1998). Como consecuencia, las reformas curriculares emprendidas por la mayoría de los sistemas educativos han introducido este objetivo en las materias de ciencias de los diversos niveles escolares. En nuestro país, la educación sobre la naturaleza de la ciencia se encuentra reflejada en los objetivos generales y criterios de evaluación del área de ciencias de la naturaleza de la educación secundaria obligatoria y en los dos primeros capítulos del currículo de todas las diversas materias científicas de bachillerato (MEC, 1991, 1992).

Bajo la denominación de naturaleza de la ciencia se engloban todos aquellos aspectos que configuran la ciencia como una manera especial de llegar al conocimiento, es decir, los valores y suposiciones propias del desarrollo del conocimiento científico y que constituyen lo que se denomina el método científico (Aikenhead, 1979). Lejos de considerar este método como una vía única constituida por serie de etapas o recetas algoritmizadas que seguidas mecánicamente permiten llegar a resultados seguros, el método científico se entiende hoy como un conjunto de supuestos no escritos y valores aceptados por la comunidad científica que sirven para avalar una racionalidad común. Así, la fundamentación en el cuerpo de conocimientos, la emisión y contrastación de hipótesis, la predecibilidad, la coherencia y la referencia empírica de las teorías y modelos constituyen lugares comunes habituales de esta metodología, cuyas exigencias necesarias e ineludibles son la comunicabilidad (publicidad) y la replicabilidad.

La filosofía y la sociología de la ciencia han tenido un extraordinario desarrollo a lo largo de este siglo, analizando los valores y supuestos que caracterizan la actividad científica. Así aparecen diversas interpretaciones y enfoques, que además de superar los viejos planteamientos positivistas excesivamente ligados al empirismo lógico, representan análisis y críticas que han contribuido a acotar y precisar aspectos esenciales de la ciencia y la metodología científica, aumentando la profundidad y precisión de su conocimiento, y en consecuencia, lo que debe ser una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, e incluso a exagerar ciertas críticas, subrayando nuevas perspectivas que hacen más complejo el panorama conceptual sobre la naturaleza de la ciencia (Popper, 1977; Kuhn, 1962; Lakatos, 1983; Feyerabend, 1982; Latour, y Woolgar, 1996; Laudan, 1986; Toulmin, 1977 y Bunge, 1980).

Siguiendo la estela de la epistemología y la sociología de la ciencia, la investigación didáctica relacionada con la naturaleza de la ciencia ha tenido tres orientaciones principales:

1. Historia de la ciencia: reanálisis de casos históricos desde una perspectiva didáctica y educativa, pera mejorar y renovar la enseñanza de la ciencia (Matthews, 1994; Solbes y Traver, 1996; Stinner y Williams, 1998).

2. Filosofía de la ciencia: análisis didáctico de los fundamentos de los distintos autores y corrientes en filosofía de la ciencia, como una parte de importante para la fundamentación epistemológica de la ciencia escolar (Aliberas, Gutiérrez y Izquierdo, 1989; López, 1990, 1995; Niaz, 1993).

3. Analogías y relaciones entre naturaleza de la ciencia y teorías de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia: la hipótesis subyacente en esta orientación es que las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia influyen sobre las decisiones educativas del profesorado y las propias concepciones del alumnado (Brickhouse, 1990; Burbules y Linn, 1991; Mellado y Carracedo, 1993; Porlán, 1995).

Las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia han sido objeto de estudio temprano (Wilson, 1954). La mayoría de los estudios concluyen que los estudiantes tienen concepciones inadecuadas y tradicionales, ancladas en el positivismo e ignorantes de las principales aportaciones realizadas por la filosofía y sociología de la ciencia (Lederman, 1992; Désautels, y Larochelle, 1998), aunque esta afirmación general tiene, no obstante, muchos matices diferentes según los estudios. Por otro lado, estas investigaciones han dado pie a críticas metodológicas importantes tales como la ausencia de una definición clara del marco epistemológico empleado por los investigadores, que no refleja suficientemente la naturaleza diversa y conflictiva de la naturaleza de la ciencia y dificulta la comparación entre diferentes estudios e incluso puede dar lugar a contradicciones internas de los instrumentos que podrían afectar a la validez de algunas conclusiones (Gardner, 1996). Además, la costumbre de resumir en una única puntuación asuntos tan complejos y variados como el método, el estatus del conocimiento, los patrones de cambio, los criterios de demarcación, y diversas dualidades enfrentadas —objetivismo/subjetivismo, realismo/instrumentalismo, idealismo/objetivismo, inducción/invención, definitivo/ provisional, etc.— también puede llevar a conclusiones sesgadas (Koulaidis y Ogborn, 1995).

A pesar de estas objeciones, se acepta que los resultados negativos en las concepciones de los estudiantes exigen la necesidad de mejorar la enseñanza y la comprensión de la naturaleza de la ciencia en las escuelas. Para ello se han sugerido dos caminos diferentes, pero relacionados: por un lado, la mejora de los currículos de ciencias, introduciendo la naturaleza de la ciencia como un contenido de la enseñanza de la ciencia cuando está ausente o actualizando su presentación didáctica; por otro, la mejora de las concepciones del profesorado sobre naturaleza de la ciencia, en el supuesto implícito que esta mejora tendrá una inmediata traducción en la mejora de la enseñanza de la ciencia a través de la acción del profesorado.

La evaluación de los primeros programas escolares diseñados para mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia no tiene resultados alentadores (Lederman, 1992), de modo que la inclusión de la naturaleza de la ciencia en el currículo se considera una necesidad, pero no resulta determinante en la mejora de las concepciones, de modo que la investigación se vuelve hacia la segunda línea centrada en el profesorado. La importancia del papel del profesorado de ciencias como factor influyente en la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia surge de observar la diferente eficacia de un mismo currículo impartido por diferentes profesores, y está muy relacionado también con las variables de clase bajo el control del profesorado, y que toda la literatura didáctica ha considerado siempre como moduladores e influyentes universales sobre la enseñanza y el

aprendizaje, tales como la metodología en el aula, las experiencias directas con los fenómenos, las actividades escritas o manipulativas, etc. (ver una revisión en Piburn y Baker, 1993).

En general, los estudios de evaluación realizados sobre las concepciones del profesorado muestran que tampoco ellos tienen una comprensión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia, con ideas inclinadas hacia el positivismo lógico y el inductivismo (Abell y Smith, 1994; Blanco y Niaz, 1997; Porlán, Rivero y Martín, 1998; Rubba y Harkness, 1993; Ruggieri, Tarsitani y Vicentini, 1993), aunque también algunos estudios han informado actitudes eclécticas y algunas ideas adecuadas (Lederman, 1986; Koulaidis y Ogborn, 1989).

El estudio de Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993) con profesores de ciencias en formación, graduados en Física, encuentra que su imagen de la ciencia se corresponde con el tipo de educación científica recibida (Física), caracterizada por la coherencia lógica, el rigor, la racionalidad, correspondencia con los resultados experimentales, causalidad y reproducibilidad, aunque carecen de reflexión epistemológica. La comprensión de la naturaleza de la ciencia por profesores es abordada por Pomeroy (1993) en una muestra de profesores de secundaria y primaria, comparando la visión tradicional de la ciencia (el mito baconiano, empirista, objetiva, positivista) con una visión no tradicional (intuitiva, evolutiva, empresa colectiva, etc.). El grupo de científicos tiene la visión más tradicional, y los profesores de primaria tienen una visión menos tradicional, explicando las diferencias porque una formación más científica conduce a una ciencia individual más tradicional y positivista, en tanto que la formación del profesorado de primaria, basada en cursos sobre ciencia más informales y vanguardistas y la experiencia docente, favorecería una visión no tradicional. Young y Kellogg (1993) evidencian las deficiencias de la formación universitaria del profesorado de primaria de ciencias; los estudiantes asisten a pocos cursos de ciencia, concluyendo que debe insistirse en dar visiones de la ciencia básicas y asequibles, acabar con el gran volumen de contenidos desconectados y aumentar la aplicación de principios en el laboratorio. Bloom (1989) encuentra que el antropocentrismo y la desinformación sesgan las concepciones sobre las teorías científicas del profesorado de primaria en formación, que se hacen más evidentes cuando se refieren a una teoría concreta (evolucionismo).

Además de los inconvenientes derivados de los defectos metodológicos de los instrumentos empleados (Koulaidis y Ogborn, 1995), las contradicciones personales observadas en las conclusiones de diversos estudios hacen muy compleja la situación global de la investigación del pensamiento epistemológico del profesorado (Acevedo, 1994; Lakin y Wellington, 1994). Una misma persona puede sostener, simultáneamente, ideas positivistas en determinados aspectos conviviendo con otras de corte más constructivista y sociológico, que resultan parcialmente contradictorias con las primeras. Aunque esta contradicción resulta llamativa para los investigadores, no reviste tanta importancia para el profesorado, ya que éste carece de los fundamentos necesarios y la reflexión epistemológica suficiente sobre la naturaleza de la ciencia para construir unas teorías implícitas personales coherentes (Lederman y O'Malley, 1990).

Este estudio pretende diagnosticar las concepciones del profesorado sobre diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia incluyendo no sólo profesorado de ciencias sino

también profesorado de otras especialidades para tener una idea más global de su pensamiento epistemológico.

MÉTODO. INSTRUMENTO

Las siete cuestiones aplicadas en este estudio están extraídas del banco de cuestiones de elección múltiple elaboradas por Aikenhead, Ryan y Fleming (1989) y se refieren a los siguientes temas sobre naturaleza de la ciencia: carga teórica de las observaciones, supuestos de la ciencia, elegancia de las teorías y leyes, publicaciones científicas, papel de los errores en la ciencia, estatus epistemológico del conocimiento científico (realismo frente instrumentalismo) y coherencia de conceptos entre paradigmas distintos.

Cada cuestión se inicia con un pie donde se plantea un problema sobre el cual se desea conocer la opinión del encuestado, seguido de una lista de alternativas identificadas con letras correlativas, que exponen todo un abanico de diferentes posiciones sobre el problema planteado, y además tres opciones fijas, comunes a todas las cuestiones (alternativas no actitudinales), que contienen diversas razones para no contestar: No entiendo la cuestión, No sé lo suficiente sobre el tema para seleccionar una opción y Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión (codificadas numéricamente 1, 2, y 3). Como respuesta a cada cuestión, los encuestados seleccionan la opción que concuerda mejor con su propia opinión.

Las cuestiones son un conjunto desarrollado empíricamente, es decir, las alternativas de cada cuestión han sido obtenidas empíricamente desde las propuestas de una muestra amplia de estudiantes en un estudio previo (Aikenhead, y Ryan, 1992). Por tanto, cada una de las frases y opciones reflejan la opinión de los estudiantes, y no simplemente la opinión del investigador, como ha sido usual en las pruebas escritas aplicadas en investigaciones sobre la naturaleza de la ciencia. Esta construcción empírica aporta una legitimidad adicional a estas cuestiones en su aplicación, que los autores expresan como una validez inherente al proceso de desarrollo empírico efectuado. Aunque el instrumento pueda parecer igual a otros utilizados en la literatura, mejora mucho los inconvenientes de las diferentes metodologías. Por un lado, se trata de una metodología cuantitativa, pero por su desarrollo empírico, no tiene los inconvenientes de los instrumentos cerrados tradicionales, como por ejemplo evitar la doctrina de la percepción inmaculada, es decir, el falso supuesto que los encuestados entienden las proposiciones construidas por el investigador exactamente de la misma manera que este. Por otro, tiene algunas características, que lo aproximan a las metodologías cualitativas, como es decidir sobre proposiciones cuyo contenido especifica causas o razones que justifican cada posición elegida. De esta manera, este cuestionario tiene algunas ventajas de los métodos cualitativos y todas las ventajas de los métodos cuantitativos, al mismo tiempo que evita algunos de sus inconvenientes.

PROCEDIMIENTO

Para llegar al profesorado, el procedimiento usado ha sido mixto, mediante envío o el contacto personal con grupos o personas. Los participantes recibían el cuestionario y una hoja de respuestas que contiene una presentación e instrucciones para contestar, junto con una parrilla preparada para facilitar la respuesta, mediante auto-aplicación. Los cuestionarios contestados se devolvían después al investigador. Como es conocido, los métodos de auto-aplicación de pruebas conllevan una gran mortalidad experimental, pues gran parte de las personas que reciben el cuestionario no lo devuelven contestado. Para obtener la muestra válida final de este estudio, se contactaron aproximadamente cuatro veces más profesores que la muestra finalmente obtenida. Esta circunstancia explica que la configuración final de las muestra haya resultado un poco más aleatoria, pero menos dirigida, ante la imposibilidad de controlar estrictamente las características del profesorado finalmente participante en el estudio, ya que la participación era decidida personalmente por cada profesor.

Por otro lado, las opiniones y actitudes relacionadas con los temas científicos dependen de diversos factores, entre los cuales es central la cantidad de educación científica recibida. Este factor se ha operacionalizado en una variable denominada exposición a la ciencia, cuya puntuación es proporcional a la cantidad y calidad de las materias científicas cursadas por cada persona a lo largo de su currículo personal. Debido a la gran variedad de puntuaciones y para facilitar el análisis por grupos, esta variable se ha colapsado en tres grupos de alta, media y baja exposición a la ciencia que divide a la muestra en estos mismos tres grupos. Sería plausible esperar que las diferencias según el grado de exposición a la ciencia fueran importantes; en particular, se podría hipotetizar diferencias entre los grupos de baja, media y alta exposición a la ciencia. Como variable de control de las diferencias entre grupos se ha utilizado el nivel educativo donde trabaja cada profesor, y para valorar las diferencias el estadístico chi-cuadrado ($p < .05$).

MUESTRA

La muestra de profesorado que respondió finalmente el cuestionario está formada por 654 profesores de todos los niveles educativos, primaria (45%), secundaria (45%) y universidad (10%), de centros públicos (80%) y privados (20%). La composición de las muestras de profesorado por grupos de exposición a la ciencia, corresponde a un 66% de baja exposición a la ciencia, el 11% de exposición media y el 23% de alta exposición a la ciencia. Por géneros, son hombres el 45% y mujeres el 55%, cuyas edades están comprendidas entre los 21 y los 66 años, de media 37.5 años y moda 40 años, estando el 49% en edades inferiores a 37 años, el 42% entre 37 y 49 años, mientras sólo el 9% tiene una edad superior a 49 años.

RESULTADOS

Se describe la distribución de las respuestas dadas por el profesorado a cada una de las cuestiones planteadas sobre la naturaleza de la ciencia. Las limitaciones de espacio no permiten ofrecer todos los detalles de los resultados, en particular los referidos a las

diferencias entre grupos, que pueden consultarse en detalle en otro lugar (Vázquez y Manassero, 1997).

TABLA 1. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre las observaciones científicas. Casos válidos: 320*

90111 *Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán diferentes si los científicos creen en diferentes teorías*

A. Sí porque los científicos harán *experimentos* diferentes y verán cosas diferentes.	9.1% A 29
B. Sí, porque los científicos *pensarán* de manera diferente y esto *alterará sus observaciones.*	13.1% B 42
C. Las observaciones científicas *no diferirán* 174 mucho aún cuando los científicos crean en teorías diferentes. Si los científicos son realmente *competentes* sus observaciones serán similares.	54.4% C
D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	7.8% D 25
E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	7.8% E 25
1. No lo entiendo.	0.9% 1 3
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	5.6% 2 18
3. Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	1.3% 3 4

OBSERVACIONES CIENTÍFICAS

La cuestión de la carga teórica de las observaciones (tabla 1) obtiene como respuesta mayoritaria (más de un tercio) la alternativa que refleja una actitud intermedia (no diferirán mucho porque los científicos son competentes), situada entre la postura más dura del positivismo reflejada en otras dos opciones (que recogen casi un quinto de adhesiones) y el reconocimiento más sociológico de la influencia de la teoría sobre las observaciones (otro quinto). La alternativa intermedia, se puede considerar una actitud neopositivista dulcificada, pues no llega a justificar con claridad las diferencias en las observaciones en base a potenciales diferencias teóricas. Por ello, se puede considerar que, en esta cuestión sobre las observaciones, la actitud global del profesorado está más cerca de una actitud positivista que del reconocimiento de la carga teórica de las observaciones.

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no resultan significativas, aunque se observa la tendencia del profesorado de universidad de alta exposición a la ciencia a adherirse con mayor intensidad que los otros grupos a las dos últimas opciones que representan posiciones más positivistas.

HIPÓTESIS, TEORÍAS Y LEYES

Las ideas sobre las teorías científicas se plantean en dos cuestiones que se refieren a las suposiciones de la ciencia (90521) y la elegancia de las teorías y leyes científicas (90531).

Los supuestos de una teoría, como bases que parecen más alejadas de la refutación según las tesis lakatosianas, son una forma más de considerar la provisionalidad del valor de verdad del conocimiento científico. La opinión abrumadoramente mayoritaria del profesorado (casi dos tercios) considera que el valor de verdad de los supuestos condiciona el progreso, pero el descubrimiento de la falsedad de algunos de esos supuestos realizados por la ciencia no constituye una interrupción del progreso, sino una fuente de nuevo aprendizaje. No obstante, otra opción con apoyo relevante, recoge la tesis positivista de que la ciencia sólo tiene ideas manifiestamente verdaderas, rechazando la existencia de suposiciones en la ciencia.

TABLA 2. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre las suposiciones científicas. Casos válidos: 311*

90521 *Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones "tienen que ser verdaderas" para que la ciencia progrese adecuadamente*

Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:	
A. Porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes	4.5% A ▬ 14

erróneas.

B.	En caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.	1.9% B 6
C.	Porque los científicos hacen investigación para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar con su trabajo.	9.6% C 30
D.	Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos *refutando* una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.	60.8% D
E.	Los científicos no hacen suposiciones. Investigan una idea para averiguar si la idea es verdadera. No suponen que sea verdad.	16.7% E 52
1.	No lo entiendo.	0.3% 1 1
2.	No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	2.6% 2 8
3.	Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	3.5% 3 11

189

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no resultan estadísticamente significativas. Como tendencia, el profesorado con una formación de baja exposición a la ciencia apoya con menor intensidad la posición mayoritaria global de toda la muestra.

TABLA 3. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre la elegancia de las ideas científicas. Casos válidos: 322*

90531 *Como reacción a la ecuación de Einstein, $E = m \cdot c^2$, los científicos dijeron "Una ecuación tan maravillosamente elegante tiene que ser una descripción verdadera de la naturaleza". Esta afirmación muestra que los científicos "suponen" que sus ecuaciones o ideas deberían encajar con la elegancia de la naturaleza.*

	Los científicos SUPONEN que sus ideas deberían ser elegantes:	
A.	Para que sean *verdad en la naturaleza*. Los científicos saben que si buscan de forma correcta, la naturaleza es hermosa y elegante.	5.0% A 16
B.	Porque las ideas científicas deberían ser simples, consistentes y lógicas. La elegancia de la naturaleza *no tiene nada que ver* con esto.	20.8% B 67
C.	La elegancia de las ideas científicas se debe al hecho que los científicos se esforzaron mucho y durante mucho tiempo en producir-	5.9% C 19

las y por eso los científicos las encuentran elegantes. La elegancia de la naturaleza no tiene nada que ver con esto.

Los científicos NO suponen que sus ideas deberían ser elegantes:

D.	Aunque los científicos puedan pensar que la naturaleza es hermosa o elegante.	19.3% D 62
E.	Porque los científicos saben que no todo en la naturaleza es hermoso y elegante.	14.6% E 47
F.	Porque los científicos saben que cada uno ve la elegancia de manera diferente.	16.8% F 54
1.	No lo entiendo.	4.7% 1 15
2.	No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	6.8% 2 22
3.	Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	6.2% 3 20

La elegancia de las ecuaciones matemáticas y las ideas científicas es una cualidad apreciada y ensalzada por muchos científicos. Cuando esta idea se somete a la consideración del profesorado, las actitudes de estos están bastante repartidas. La actitud mayoritaria (sólo un quinto) es de carácter racionalista, considerando que la elegancia no tiene nada que ver con la lógica, la consistencia y la sencillez, que son los valores más apreciados en las ideas científicas. Las tres opciones partidarias de que los científicos no suponen que sus ideas deberían ser elegantes reciben apoyos relevantes, pero menores; entre ellas destacan la consideración de que la belleza de la naturaleza no les lleva a buscar ideas científicas elegantes, que la elegancia es un concepto subjetivo, y por tanto, cada científico lo ve de una manera diferente, y que no todo es bello en la naturaleza. Globalmente, las actitudes del profesorado favorables a que los científicos desean la elegancia en sus ideas (32%) son inferiores a los que mantienen la actitud contraria (51%). Es importante destacar que una buena proporción de profesorado (aproximadamente un 17%) no emite su opinión sobre esta cuestión.

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no son significativas, aunque el profesorado de universidad de alta exposición a la ciencia tiende a adherirse con mayor intensidad que los otros grupos a las tres últimas opciones que representan posiciones más positivistas, rechazando la elegancia como supuesto aceptable de la ciencia.

APROXIMACIÓN A INVESTIGACIONES

Las investigaciones que realizan los científicos para conocer la naturaleza constituyen el trabajo cotidiano de estos, que se plasma en publicaciones donde estos dan cuenta de sus hallazgos. Como todos los trabajos, la investigación tiene aspectos

contingentes e imprevistos, junto con otros altamente racionales y planificados. El profesorado responde a dos cuestiones referidas a las características de las publicaciones científicas y el papel de los errores en la ciencia.

La comparación entre el estilo, impersonal, sucinto, ordenado y lógico de un artículo de investigación, y la manera menos ordenada, lógica y adaptable del trabajo real que ha producido el informe de investigación, suscita entre el profesorado actitudes globalmente semejantes, pero más definidas que las del alumnado. La opinión mayoritaria del profesorado (un quinto) selecciona la alternativa que justifica el estilo más lógico de los artículos dependiendo de la forma como se hizo el descubrimiento, si por causalidad o de una manera ordenada; coincidiendo con este mismo sentido actitudinal, la alternativa que defiende el estilo lógico para facilitar la comprensión de los resultados recibe un apoyo relevante. En el sentido opuesto de la actitud, sosteniendo la identidad entre trabajo e informe, la alternativa más relevante es que el estilo lógico es el único útil para la ciencia y la tecnología. En conjunto, la actitud global del profesorado considera mayoritariamente que los artículos se escriben de una manera más lógica que como se hizo realmente el trabajo (más de la mitad), mientras que la actitud contraria es más minoritaria (menos de un quinto).

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no son significativas, y además, en esta cuestión son más difíciles de evaluar debido a la elevada proporción de respuestas (en torno al 18%) sobre las tres alternativas que no representan una actitud definida, además de que la opinión más mayoritaria se inclina por las actitudes más eclécticas.

TABLA 4. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre las publicaciones científicas. Casos válidos: 309*

90641 *Los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas. Cuando los científicos escriben un artículo para una revista organizan su informe de una manera muy ordenada y lógica. Sin embargo, los científicos hacen su trabajo realmente de una manera mucho menos ordenada y lógica.*

Los artículos se escriben de una manera más lógica que el trabajo real:	
A. Porque los científicos pueden pensar y trabajar siguiendo un plan establecido. Consecuentemente, si lees el orden real de sus pensamientos y procedimientos, sería confuso. Por tanto, los científicos escriben lógicamente de manera que otros científicos entiendan los resultados.	15.9% A — 49
B. Porque las hipótesis son opiniones o conjeturas personales, y por tanto, no son lógicas. Por ello, los científicos escriben lógicamente de manera que otros científicos entiendan sus resultados.	6.8% B — 21

C. Habitualmente, los científicos no quieren dar "la receta" sino que quieren explicar al mundo sus resultados. Por tanto, escriben lógicamente pero de una manera que no revela como fue realmente hecho.	7.1% C 22
D. Depende. A veces los descubrimientos científicos ocurren por casualidad. Pero otras veces los descubrimientos ocurren de una forma ordenada y lógica, justo como aparecen escritos en los artículos.	28.5% D 88
Los artículos se escriben de una manera lógica mostrando como se hizo realmente el trabajo:	
E. Porque el trabajo de un científico se realiza lógicamente; en caso contrario, *no sería útil* para la ciencia y la tecnología.	12.0% E 37
F. Porque los científicos trabajan de una manera lógica, para que su informe publicado sea más fácil de escribir de una manera lógica.	2.6% F 8
G. Los artículos NO se escriben necesariamente de una manera lógica. Se escriben de la misma manera en que se hizo el trabajo. Esto puede ser complicado o sencillo.	9.7% F 30
1. No lo entiendo.	1.3% 1 4
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	10.4% 2 32
3. Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	5.8% 3 18

Respecto al papel de los errores en la ciencia, la actitud muy mayoritaria del profesorado (dos tercios) cree en el carácter ambivalente de los errores, es decir, se reconoce que algunos errores pueden perjudicar el progreso de la ciencia, pero otros errores pueden permitir nuevos aprendizajes y descubrimientos a los científicos y la ciencia también avanza. Otra alternativa relevante (un cuarto) es más optimista, pues considera que los errores ayudan a avanzar la ciencia en casi todos los casos, ya que el avance de la ciencia consiste en la detección y corrección de errores del pasado. Globalmente, pues, la casi totalidad del profesorado cree que los errores son inevitables en la práctica científica y que tienen un aspecto muy positivo que favorece también el avance de la ciencia.

TABLA 5. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre el papel de los errores en el método científico. Casos válidos: 322*

90651 *Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque estos errores retrasan el avance de la ciencia.*

A. Los errores retrasan el avance de la ciencia. la información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus	1.6% A 5

resultados, la ciencia no avanza.	
B. Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la ciencia avanzará más deprisa.	2.5% B 8
Los errores NO PUEDEN evitarse:	
C. Después los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta que se alcanza un acuerdo.	4.7% C 15
D. Algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos *aprenden* de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	66.1% D 213
E. En la mayoría de casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. La ciencia avanza detectando y corrigiendo los errores del pasado.	24.5% E 79
1. No lo entiendo.	
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	
3. Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	0.6% 3 2

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no son estadísticamente significativas ni se observan tendencias relevantes.

ESTATUS EPISTEMOLÓGICO

La naturaleza inventada o real (se descubren) de las leyes, hipótesis y teorías científicas plantea el dualismo ontología/epistemología en el conocimiento científico y ofrece tres niveles de respuestas: favorables a la invención, favorables al descubrimiento e intermedias (a veces se descubren, y, a veces, se inventan). La única alternativa favorable a la invención es la mayoritaria entre el profesorado (más de un tercio), pero las alternativas favorables al descubrimiento reciben también un apoyo global importante (un tercio), siendo la alternativa singular más apoyada la que justifica el descubrimiento por estar basado en hechos experimentales. Las actitudes intermedias o eclécticas reciben un apoyo global también significativo (un cuarto de la muestra).

TABLA 6. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre el carácter de descubrimiento o invención del conocimiento científico. Casos válidos: 311*

91011 *Suponga que un buscador de oro "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa Vd.?*

Los científicos *descubren* las leyes, hipótesis y teorías científicas:	
A. Porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos Sólo tienen que encontrarlas.	10.0% A 31
B. Porque las leyes, hipótesis y teorías están basadas en *hechos* experimentales.	14.5% B 45
C. Pero los científicos inventan los *métodos* para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.	8.0% C 25
D. Algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por tanto la descubren. Pero otros científicos inventan la ley de los hechos que ya conocen.	4.2% D 13
E. Los científicos *inventan* las leyes, hipótesis 121 y teorías, porque los científicos interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que *describen* lo que la naturaleza hace.	38.9% E
F. Depende en cada caso: las leyes y teorías se descubren y las hipótesis se inventan.	20.3% F 63
1. No lo entiendo.	0.3% 1 1
2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción.	1.3% 2 4
3. Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión.	2.6% 3 8

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no muestran tendencias relevantes ni son estadísticamente significativas.

PARADIGMAS FRENTE A COHERENCIA DE CONCEPTOS

El problema de la (in)conmensurabilidad de los paradigmas y conceptos científicos entre diferentes teorías es una cuestión epistemológica difícil, motivo de discusión entre los especialistas. Este tema se plantea bajo la forma de la dificultad de los científicos de diferentes campos para entenderse, cuando se enfrentan al mismo concepto planteado desde distintas perspectivas. La alternativa mayoritaria entre el profesorado (más de un tercio) reconoce la facilidad de los científicos para entenderse, porque los hechos son independientes del campo científico a que se refieran. Las alternativas que reconocen la dificultad que crean los distintos conceptos para favorecer el entendimiento de los

científicos se basan en los distintos puntos de vista que suelen sostener los científicos (un quinto) o bien que el esfuerzo de comprender otros campos forma parte importante del trabajo científico; en total, las alternativas que reconocen la dificultad para el entendimiento de los científicos suponen casi un tercio de la muestra. Globalmente, las alternativas favorables a la facilidad para entenderse los científicos (conmensurabilidad de teorías) suponen más de la mitad de las respuestas. En suma, el profesorado considera mayoritariamente que la dificultad de traducción de conceptos entre diferentes paradigmas no es una dificultad importante para el entendimiento de los científicos.

Las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia en cada uno de los niveles educativos no son estadísticamente significativas ni se observan tendencias relevantes.

Un contraste importante de los resultados generales de estas ideas del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia sería compararlos con resultados de otros estudios similares, pero debido a la relativa modernidad del instrumento aplicado no se dispone de estudios en esa línea. En este mismo estudio, los resultados obtenidos por una muestra representativa de estudiantes de todos los niveles y especialidades del sistema educativo, desde secundaria a la universidad (Manassero y Vázquez, 1999a, 1999b; Vázquez y Manassero, 1997) puede ser un elemento de contraste interesante, aunque debido a las limitaciones de espacio no es posible incluir aquí todos los datos. Cuando se comparan las respuestas de los estudiantes con las respuestas del profesorado la principal característica es el alto grado de similitud y coincidencia: la distribución de respuestas de estudiantes y profesorado en cada cuestión es muy parecido, con una tendencia de las actitudes del profesorado a subrayar las opciones mayoritarias más intensamente que los estudiantes. Esta tendencia es especialmente evidente en las cuestiones relativas a la carga teórica de las observaciones, los supuestos teóricos de la ciencia, el papel de los errores y la naturaleza real o inventada del conocimiento científico.

En las cuestiones donde los patrones de respuesta de estudiantes y profesorado no se pueden considerar totalmente idénticos, las diferencias observadas son mínimas, tales como la permuta de las proporciones entre dos alternativas, una con más apoyo entre el profesorado y otra con más apoyo entre estudiantes, y viceversa. Este es el caso de las cuestiones relativas a la elegancia de las teorías y leyes científicas, la forma como los científicos publican sus resultados y la inconmensurabilidad de las teorías científicas.

TABLA 7. *Porcentajes y frecuencias de respuestas del profesorado sobre la inconmensurabilidad de conceptos científicos. Casos válidos: 323*

91111 *Los científicos en diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por* ejemplo, H^+ *hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto hace difícil para los científicos en diferentes campos entender el trabajo de unos y otros.*

Es *difícil* para los científicos en diferentes campos entenderse unos a otros:	
A. Porque las ideas científicas dependen del *punto de vista* del científico o de aquello a lo	9.0% A ▬ 29

que está acostumbrado el científico.

B. Porque los científicos tienen que hacer un esfuerzo para entender el lenguaje de otros campos que se superponen con su propio campo. 19.8% B 64

Es *bastante fácil* para los científicos en diferentes campos entenderse unos a otros:

C. Porque los científicos son inteligentes y pueden encontrar formas de aprender los diferentes lenguajes y puntos de vista de otro campo. 10.8% C 35

D. Porque han estudiado probablemente los diversos campos alguna vez. 6.8% D 22

E. Porque las ideas científicas se superponen 132 de campo a campo. Los hechos son los hechos independientemente del campo cienfífico. 40.9% E

1. No lo entiendo. 0.3% 1 1

2. No sé lo suficiente sobre este tema para elegir una opción. 6.5% 2 21

3. Ninguna de estas satisface básicamente mi opinión. 5.9% 3 19

DISCUSIÓN

La metodología de evaluación de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia ha sido una cuestión debatida entre investigadores, debido a las objeciones suscitadas por los cuestionarios aplicados, que han provocado un cierto descrédito de la misma. La necesidad de penetrar en los procesos de pensamiento han determinado el auge de la investigación cualitativa, basada en entrevistas y análisis de casos. Ambas metodologías tienen puntos débiles y fuertes, ventajas e inconvenientes claros, puestos de manifiesto por los especialistas, que denuncian la falsa y "khunificada" polémica entre ambas, en el sentido de sobresimplificar el enfrentamiento maniqueo entre un paradigma cuantitativo y otro cualitativo, como si ambos fueran completa y claramente diferenciados, concluyendo en una falsa superioridad de una sobre otra. La realidad es más compleja y exige dekhunificar el debate rompiendo los estereotipos generados desde él, y abrir vías para la integración de ambas metodologías (Shadish, 1995). En particular, en el caso del cuestionario VOSTS, para superar algunos defectos metodológicos señalados y mejorar la información disponible para la evaluación de las concepciones, se ha sugerido una nueva forma de puntuación y aplicación de las cuestiones VOSTS (Vázquez y Manassero, 1999).

La muestra de profesorado seleccionada para este estudio tiene dos características diferenciales respecto a lo que suele ser habitual en otros estudios sobre el pensamiento epistemológico del profesorado: por un lado, se trata de profesorado en ejercicio y no

profesores participantes en cursos de formación inicial, y por otro, contiene profesores de ciencias pero también de otras especialidades. En el primer caso, la diferencia es obvia y fundamental para caracterizar el pensamiento del profesorado en ejercicio profesional. En el segundo caso, aunque la preocupación por la comprensión de la naturaleza de la ciencia es un objetivo específico de la enseñanza de las ciencias, la realidad es que todo el profesorado, tanto de ciencias como de otras materias, puede contribuir a configurar las ideas epistemológicas del alumnado en general, con la ventaja adicional de que las ideas de los no científicos puede servir como referencia para el profesorado de ciencias.

La mayoría de los estudios revisados en la introducción sostienen que las ideas del profesorado sobre la NOS son, principalmente, de corte tradicional y positivista, centradas en una concepción de la ciencia excesiva y deformadamente realista, racional y empiricista, fundamentalmente reticente a admitir las aportaciones realizadas a la epistemología de la ciencia por el denominado constructivismo social. No obstante, también existen algunos estudios que informan mejoras y avances del pensamiento epistemológico del profesorado respecto a la posición tradicional (Mellado, 1998).

La tesis que apoya las ideas positivistas del profesorado es válida especialmente en la cuestión que se refiere a la carga teórica de las observaciones, que muestra una clara reticencia a aceptar la influencia de las diferentes teorías en las observaciones científicas. En el resto de las cuestiones, la actitud mayoritaria entre el profesorado suele ser ecléctica, es decir, intermedia entre los dos polos que sugiere cada pregunta, positivismo y constructivismo social. Las actitudes eclécticas pueden tener una cara positiva, en el sentido de reconocer aspectos adecuados, pero también, la elección de una posición intermedia puede tener una cara menos positiva, en el sentido de expresar un cierto margen de indecisión en la actitud. Sin embargo, cuando se estudian las distribuciones de respuestas en términos globales, la tendencia mayoritaria hacia las posiciones de tipo positivista es clara.

Un hecho básico a la hora de valorar las creencias del profesorado en relación a la naturaleza de la ciencia es que ésta, con carácter general, no ha formado parte de los currículos educativos explícitos en la formación recibida por el profesorado encuestado. Por tanto, salvo casos excepcionales individualmente, se puede considerar que estas ideas del profesorado, mayoritariamente, caen en la esfera de las denominadas creencias legas sobre la naturaleza de la ciencia, es decir, ideas adquiridas fuera de una formación reglada o explícita. Excepcionalmente, en el caso del profesorado de ciencias se podría pensar que el contacto específico y prolongado con la ciencia trasmite implícitamente ideas y concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, a través de la metodología docente, de las prácticas habituales en las asignaturas de ciencias, del currículo oculto o de las epistemologías adoptadas en los libros de texto (Solbes y Vilches, 1989). Sin embargo, el resultado general hallado de ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los diversos grupos del profesorado según el nivel educativo al que pertenecen y el grado de exposición a la ciencia recibido permite concluir que ninguno de estos factores resulta definitivo para marcar diferencias netas entre unos grupos y otros, especialmente entre científicos y no científicos. Parece obvio concluir que estas ideas se inducirían, fundamentalmente, mediante procesos comunes a todo el profesorado, porque si influyeran decisivamente los factores específicos de cada tipo de formación sería plausible esperar unas diferencias entre los grupos, que no se observan. Como instrumentos comunes de

estas ideas cabe pensar en el período de enseñanza básica, común a todo el alumnado, o bien los medios de comunicación, también al alcance igualitario de todos.

Algunos de los patrones potenciados desde la enseñanza de la ciencia que pueden generar estas ideas son la dominancia de la posición positivista en la ciencia escolar a través de supuestos nunca cuestionados y muchas veces no explícitos, e incluso, ocultos, como los siguientes: los hechos hablan por sí mismos; el conocimiento científico es neutral, no es compatible con ideologías; el conocimiento refleja una realidad con existencia ontológica; el método científico garantiza resultados verdaderos; verdad y ciencia son sinónimos; el énfasis principal en el cuerpo de conocimientos y no en el contexto de su producción; la ausencia de ningún tipo de reflexión o crítica epistemológica sobre la ciencia que reafirma y reproduce el conocimiento establecido, y finalmente, el lenguaje utilizado en el aula como mecanismo que perpetúa la reproducción de estos esquemas (Désautels y Larochelle, 1998). Estas reflexiones apuntan ineludiblemente a la necesidad de afrontar la formación del profesorado sobre temas de naturaleza de la ciencia, especialmente el profesorado de ciencias, que tiene una responsabilidad especial en la educación del alumnado y acorde con los nuevos currículos de las materias de ciencias que incluyen estos temas.

Además del argumento anterior basado en la similitud de las creencias epistemológicas del profesorado con formación científica y no científica, otro argumento más en favor de la necesidad de la formación del profesorado de ciencias en temas de naturaleza de la ciencia proviene de la gran semejanza encontrada entre las creencias del profesorado y las de una muestra de alumnado equivalente (de todos los niveles educativos y especialidades)en diversos estudios. La comparación entre concepciones de profesorado y alumnado es una cuestión poco abordada en la literatura, pues es poco habitual incluir ambos colectivos en un mismo estudio de investigación. En uno de estos escasos estudios (Blanco y Niaz, 1997) encuentran una identidad en las posiciones positivistas de ambos, pero resaltan que lo más sorprendente es la coincidencia en el tipo de razonamiento empleado por ambos grupos, estudiantes y profesores, para justificar sus posiciones. También Désautels y Larochelle (1998) informan un sorprendente paralelismo entre las ideas de un grupo de profesores de ciencias en formación y la ideas de una muestra de alumnado preuniversitario de la región de Québec sobre la cuestión de la carga teórica de las observaciones. En un estudio más amplio también se ha encontrado una sorprendente similitud entre las creencias sostenidas por estudiantes y profesores españoles (Vázquez y Manassero, 1997). La conclusión parece clara: si las creencias sobre naturaleza de la ciencia de estudiantes, profesores de ciencias y otros profesores tienen una similitud tan grande es porque la formación de estas creencias tiene en todos los casos las mismas fuentes, y por ello, es necesaria una formación específica y adecuada del profesorado para adquirir una actualización científica adecuada sobre estos temas.

La polémica acerca de si las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia influyen, o no, en la mejora del aprendizaje de la naturaleza de la ciencia por el alumnado parece directa y clave. Suponiendo que no se puede enseñar lo que se desconoce, la consecuencia evidente debe ser reclamar la naturaleza de la ciencia como un contenido relevante para la formación del profesorado de ciencias (Acevedo, 1994; Mellado, 1998; Praia y Cachapuz, 1994). En primer lugar por su importancia instrumental para mejorar el aprendizaje de contenidos concretos de naturaleza de la ciencia por los alumnos, y en segundo lugar desde la hipótesis que las ideas epistemológicas sobre la

naturaleza de la ciencia del profesorado influyen en las decisiones didácticas para la enseñanza de las ciencias, tales como la determinación del currículo, la metodología y clima de aula, las actividades de aprendizaje, el estilo docente, la conducta del profesorado, etc. Ambas suposiciones suelen aceptarse como obvias, pero son criticadas en la revisión de Lederman (1992), porque no han recibido apoyo empírico, de manera que la simple posesión por los profesores de un conocimiento sobre naturaleza de la ciencia no garantiza su traslación a la práctica de la enseñanza en el aula, pues ésta se considera mediatizada por un conjunto de variables situacionales más complejo (Benson, 1989; Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1986; Lederman y Druger, 1985; Lederman y Zeidler, 1987; Zeidler y Lederman, 1989). Por ejemplo, el estudio de Lederman y Druger (1985) sugiere que las variables más importantes para la comprensión de la naturaleza de la ciencia por los estudiantes se refieren al tipo de actividades, las decisiones y la forma de enseñar en la clase, siendo las más favorables la insistencia en destrezas de razonamiento, la resolución de problemas, la enseñanza orientada como investigación y plantear preguntas de alto nivel, dentro de un ambiente en clase de apoyo, de riesgo y de libertad; las variables que favorecen más el cambio de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia son las buenas presentaciones del profesorado (agradables, de apoyo, que usan anécdotas en clase) y que ofrecen contenidos más profundos, amplios y precisos. Además, el lenguaje del profesorado es un factor de primer orden en la trasmisión de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, especialmente de la perspectiva realista o instrumentalista, ya que además, este lenguaje es la referencia principal con la cual los alumnos formulan y construyen sus propias concepciones (Lederman y Zeidler, 1987).

Los estudios más recientes sobre esta polémica cuestión informan resultados dispares, pues mientras algunos siguen confirmando la falta de relación entre ideas del profesorado sobre naturaleza de la ciencia y modelos de enseñanza, otros defienden la existencia de algún tipo de relación, mientras otros mantienen una situación intermedia, de correspondencia parcial entre ambas. Debe matizarse que los diferentes estudios no correlacionan exactamente las mismas variables didácticas con las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, lo cual complica las comparaciones, pero por encima de distinciones muy finas, las variables empleadas se pueden resumir en dos categorías: por un lado, las concepciones del profesorado sobre la enseñanza y el aprendizaje, y por otro, la conducta docente del profesorado en el aula. Aunque con limitaciones, la existencia de una relación entre concepciones del profesorado sobre naturaleza de la ciencia y concepciones de la enseñanza y el aprendizaje, que relaciona usualmente concepciones positivistas de la ciencia con una enseñanza más tradicional, es defendida por los estudios de Aguirre, Hagerty y Linder (1990), Pomeroy (1993), Smith y Neale (1991), y las relaciones con la conducta en el aula por Gallagher (1991), Brickhouse (1990), Lorsbach, Tobin, Briscoe y LaMaster (1992) y Dillon, O'Brien, Moje y Stewart (1994). Otros estudios sugieren algún tipo de relación junto con contradicciones importantes entre concepciones sobre naturaleza de la ciencia y concepciones de enseñanza (Mellado, 1995; Powell, 1994) o con la conducta de aula (Benson, 1989).

En suma, la potencial influencia de las concepciones del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia sobre la enseñanza de la ciencia está lejos de la ingenuidad de considerarla una obviedad intuitiva. Seguramente está mediada por muchas otras variables del contexto didáctico del aula, y aunque esta complejidad no permita determinar con precisión el alcance de la influencia del profesorado, no es menos cierto que no se puede enseñar aquello que no se sabe o no se domina porque se carece de la capacidad para ello,

por lo que parece ineludible la necesidad de incluir la naturaleza de la ciencia de una manera clara y explícita en la formación del profesorado. Sin una adecuada formación del profesorado sobre naturaleza de la ciencia no cabe esperar ningún tipo de progreso en su aprendizaje por el alumnado. La formación del profesorado es una condición necesaria, pero puede que no sea suficiente en el camino más profundo de mejorar la comprensión de la naturaleza de la ciencia, la enseñanza de la ciencia y las conductas de aula del profesorado; los profesores deben tener la voluntad de plantear el tema en clase, y después hacer que la aplicación de estas ideas en el aula sea realmente efectiva (Bell, Lederman, y Abd-el-Khalick, 1998).

La enseñanza de la naturaleza de la ciencia como contenido de aprendizaje para el alumnado tiene la dificultad añadida que difiere ampliamente de la enseñanza de los hechos y conceptos de ciencias. Enseñar y aprender sobre epistemología de la ciencia es entrar en el campo de la metacognición, y en un terreno dialéctico y sin consolidar (Alters, 1997a; 1997b; Smith, Lederman, Bell, McComas y Clouhg, 1997b). Algunos de los considerados principios de la ciencia, como la univocidad de las evidencias empíricas, la racionalidad, seguridad, incuestionabilidad, neutralidad, objetividad y universalidad de los conocimientos en las que se basa la enseñanza tradicional de la ciencia son principios repetidamente discutidos por epistemólogos y sociólogos de la ciencia que sostienen matices muy interesantes como la carga teórica e interpretabilidad de los datos, la influencia de factores externos al propio conocimiento científico, las dificultades para la validación del conocimiento, la funcionalidad de las teorías, etc.

Aunque este espacio no permite discutir a fondo las líneas maestras de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia en la escuela, se pueden sugerir algunas consideraciones básicas. En primer lugar, esta enseñanza debe estar adaptada a la edad del alumnado, de modo que en cada edad deben tratarse aquellos principios que puedan ser practicados e integrados en la red de significados actuales de los aprendices. Segundo, aunque los contenidos de naturaleza de la ciencia sean por sí mismos dialécticos, no quiere decirse que su enseñanza deba pasar por una confrontación continua de ideas, especialmente en edades inadecuadas; por ejemplo, deben evitarse las discusiones académicas sobre cuestiones típicas de la filosofía de la ciencia (positivismo contra constructivismo, realismo contra instrumentalismo, racionalismo contra relativismo, etc.) que pueden tener mucho sentido para los especialistas, pero que suelen estar fuera de los intereses de los estudiantes; la selección de temas o casos históricos para analizar y comprender puede ser una metodología mucho más ilustrativa (Bell, Lederman, y Abd-el-Khalick, 1998). Tercero, la pluralidad de la naturaleza de la ciencia es incompatible con una enseñanza que promueva un punto de vista particular sobre la naturaleza de la ciencia, olvidando otros; enseñar naturaleza de la ciencia no debería pretender hacer positivistas o constructivistas, sino abrir la formación a las distintas alternativas, reconocer la existencia de respuestas plurales a importantes cuestiones epistemológicas, que son objeto de estudio, debate, y si cabe, elección. En particular, puede ser especialmente importante evitar centrar la enseñanza resaltando los puntos débiles del positivismo (como suele ser habitual en muchos artículos y libros), pero también evitar algunas de las tesis más fuertes del constructivismo social o el relativismo (Eflin, Glennan y Reisch, 1999).

Una educación para la elección, donde la norma es la pluralidad de cursos de acción y elección, en lugar de un único conocimiento inmutable, se asemeja más a la educación de actitudes y valores, que a la educación tradicional de la ciencia por transmisión de

conocimientos elaborados e indiscutidos. De hecho, como demuestran algunos de los estudios citados, la omisión de una enseñanza para la elección está produciendo, por defecto, un tipo de profesorado y alumnado, principalmente tradicional y positivista, que sirve a una ciencia escolar legalista, de recetas y fórmulas seguras e indiscutibles, que no tiene nada que ver con la ciencia real. La educación en valores es la base de la formación integral de las personas, que en la enseñanza de ciencias se traduce como una educación que rompe con una ciencia abstracta y deshumanizada y prepara a los ciudadanos para intervenir, actuar y tomar decisiones más informadas, tanto en su vida privada como profesional. En particular, el problema fundamental de la educación de las actitudes y valores es la promoción del cambio de actitudes, que en el plano de la educación en ciencias se debe plantear desde la integración de los aprendizajes conceptuales, procedimentales y actitudinales (Vázquez y Manassero, 1998), es decir, desde la coherencia entre los contenidos específicos sobre la naturaleza de la ciencia, cargados de valores más explícitos, y los conceptos y procedimientos de la ciencia practicados en el aula. La coherencia supone que todo el currículo, la metodología docente, los materiales y textos, las actividades de aprendizaje, la evaluación y los contenidos de la ciencia deben ser coherentes con las ideas sobre la naturaleza de la ciencia, desde una actitud abierta, que intente superar el sentido tradicional de la enseñanza de la ciencia donde el cuerpo de conocimientos de la ciencia actúa como matriz exclusiva o principal del aprendizaje. Los planteamientos didácticos de movimientos actuales como la alfabetización científica, la ciencia para todos y la corriente ciencia, tecnología y sociedad ofrecen pautas y criterios múltiples para organizar esta coherencia y la apertura del currículo de ciencias, principalmente porque todos ellos tienen en consideración la apertura de la enseñanza de la ciencia hacia los valores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAAS, American Association for the Advancement of Science (1990). *Science for all americans. A project 2061 report on literacy goals in Science, Mathematics, and Technology.* Nueva York: Oxford University Press.

ABELL, S.K. y SMITH, D.C. (1994). "What is science?: preservice elementary teachers' conception of the nature of science". *International Journal of Science Education, 16(4),* 475-487.

ACEVEDO, J.A. (1994). "Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque CTS". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19*, 111-125.

AGUIRRE, J.M.; HAGGERTY, S.M. y LINDER, C.J. (1990). "Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education". *International Journal of Science Education, 12*, 381-390.

AIKENHEAD, G. (1979). "Science: A way of knowing". *The Science Teacher, 46*, 23-25.

AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1992). "The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS)". *Science Education, 76(5),* 477-492.

AIKENHEAD, G.S.; RYAN, A.G. y FLEMING, R.G. (1989*). Views on Science-Technology-Society Form CDN.MC.5.* Department of Curriculum Studies College of Education: Author.

ALIBERAS, J.; GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989). "La didàctica de les ciències: una empresa racional". *Enseñanza de las Ciencias, 7*, 277-284.

ALTERS, B.J. (1997a). "Whose nature of science?". *Journal of Research in Science Teaching, 34(1),* 39-55.

ALTERS, B.J. (1997b). "Nature of science: a diversity or uniformity of ideas?". *Journal of Research in Science Teaching, 34(10),* 1105-1108.

BENSON, G. (1989). "Epistemology and science curriculum". *Journal of Curriculum Studies, 21*, 329-344.

BELL, R.L.; LEDERMAN, N.G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). "Implicit versus explicit nature of science instruction: an explicit response to Palmquist and Finley". *Journal of Research in Science Teaching, 35(9),* 1057-1061.

BLANCO, R. y NIAZ, M. (1997). "Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: from a 'baconian inductive ascent' to the 'irrelevance' of scientific laws·. *Instructional Science, 25*, 203-231.

BLOOM, J.W. (1989). "Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories, and evolution". *International Journal of Science Education, 11(4),* 401-415.

BRICKHOUSE, N.W. (1990). "Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice". *Journal of Teacher Education, 41,* 53-62.

BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.

BURBULES, N.C. y LINN, M.C. (1991). "Science education and Philosophy of science: Congruence or contradiction". *International Journal of Science Education, 13(3),* 839-241.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998). "The epistemology of students: The 'thingified' nature of scientific knowledge". En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1093-1110). Londres: Kluwer Academic Publishers.

DILLON, D.R.; O'BRIEN, D.G.; MOJE, E.B. y STEWART, R.A. (1994). "Literacy learning in secondary school science classrooms: A cross-case analysis of three qualitative studies". *Journal of Research in Science Teaching, 31*, 345-362.

DUSCHL, R.A. y WRIGHT, E. (1989). "A case study of high school teachers decision-making models for planning and teaching science". *Journal of Research in Science Teaching, 26*, 467-501.

EFLIN, GLENNAN y REISCH (1999). "The nature of science: A perspective from the philosophy of science". *Journal of Research in Science Teaching, 36(1),* 107-116.

FEYERABEND, P.K. (1982). *Contra el método*. Madrid: Tecnos.

GALLAGHER, J.J. (1991). "Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science". *Science Education, 75(1),* 121-133.

GARDNER, P.L. (1996). "The dimensionality of attitude scales: a widely misunderstood idea". *International Journal of Science Education, 18,* 913-919.

HAZEN, R.M. y TREFIL, J. (1991). *Science matters.* New York: Doubleday.

KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1989). "Teachers' views of philosophy of science". *International Journal of Science Education, 11*, 173-184.

KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1995). "Science teachers' philosophical assumptions: how do we understand them?". *International Journal of Science Education, 17*, 273-283.

KUHN, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. (México, Fondo de Cultura Económica, 1978).

LAKATOS, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.

LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). "Who will teach the 'nature of science'?: Teachers' views of science and their implications for science education". *International Journal of Science Education, 16(2),* 175-190.

LATOUR, B. y WOOLGAR, S. (1996) *La vida en el laboratorio.* Madrid: Alianza.

LAUDAN, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Encuentro.

LEDERMAN, N. y DRUGER, M. (1985). "Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science". *Journal of Research in Science Teaching, 22(7),* 649-662.

LEDERMAN, N. (1986). "Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment". *School Science and Mathematics, 86(2),* 91-99.

LEDERMAN, N.G. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research". *Journal of Research in Science Teaching, 29,* 331-359.

LEDERMAN, N. y O'MALLEY, M. (1990). "Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change". *Science Education, 74(2),* 225-239.

LEDERMAN, N. y ZEIDLER, D. (1987). "Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behavior?". *Science Education, 71(5),* 721-734.

LÓPEZ, F. (1990). "Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden". *Enseñanza de las Ciencias, 8*, 65-73.

LÓPEZ, F. (1995). "Una nueva fuente de inspiración para la educación científica". *Enseñanza de las Ciencias, 13*, 249-256.

LORSBACH, A.W.; TOBIN, K.; BRISCOE, C. y LAMASTER, S.U. (1992). "An interpretation of assessment methods in middle school science". *International Journal of Science Education, 28*, 823-838.

MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (1999a). "Ideas de los estudiantes sobre la epistemología de la ciencia: modelos, leyes y teorías". *Revista de Educación, 320*, 309-334.

MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, A. (1999b) (en prensa). "Ideas de los estudiantes sobre la metodología científica". *Taula*.

MATTHEWS, M.R. (1994). "Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual". *Enseñanza de las Ciencias, 12*, 255-277.

MATTHEWS, M.R. (1998). "The nature of science and science teaching". En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 981-999). Londres: Kluwer Academic Publishers.

MEC Ministerio de Educación y Ciencia (1991). "Real Decreto 1007/1991 de 14 de junio por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria". *Boletín Oficial del Estado, 152 suplemento.*

MEC Ministerio de Educación y Ciencia (1992). "Real Decreto 1178/1992 de 2 de octubre por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Bachillerato". *Boletín Oficial del Estado, 253 suplemento.*

MELLADO, V. (1995). "Concepciones de los profesores de ciencias en formación y práctica del aula. En L. Blanco y V. Mellado (Eds.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal* (pp. 309-326), Badajoz: Ed. Diputación Provincial.

MELLADO, V. (1998). "Preservice teachers' classroom practices and their conceptions of the nature of science". En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1093-1110). Londres: Kluwer Academic Publishers.

MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993). "Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias, 11*, 331-339.

NIAZ, M. (1993). "Progressive problemshifts between different research programs in science education: A lakatosian perspective". *Journal of research in Science Teaching, 30*, 757-765.

PIBURN, M.D. y BAKER, D.R. (1993). "If I were a teacher... Qualitative study of attitude toward science". *Science Education, 77*, 393-406.

POMEROY, D. (1993). "Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparisons of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers". *Science Education, 77(3),* 261-278.

POPPER, K.R. (1977). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.

PORLÁN, R. (1995). "Las creencias pedagógicas y científicas de los profesores". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 3,* 7-13.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. y MARTÍN, R. (1998). "Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones". *Enseñanza de las Ciencias, 3,* 7-13.

POWELL, R. (1994). "From field science to classroom science: A case study of constrained emergence in a second career science teacher". *Journal of Research in Science Teaching, 31*, 273-291.

PRAIA, J. y CACHAPUZ, F. (1994). "Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria". *Enseñanza de las Ciencias, 12*, 350-354.

RUBBA, P.A. y HARKNESS, W.L. (1993). "Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions". *Science Education, 77*, 407-431.

RUGGIERI, R.; TARSITANI, C. y VICENTINI, M. (1993). "The images of science of teachers in Latin countries". *International Journal of Science Education, 15(4),* 383-393.

RUTHERFORD, F.J. y AHLGREN, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.

SHADISH, W.R. (1995). "The quantitative-qualitative debates: 'Dekuhnifying' the conceptual context". *Evaluation and Program Planinng, 18*, 47-49.

SMITH, D.C. y NEALE, D.C. (1991). "The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching". *Advances in Research on Teaching, 2*, 187-243.

SMITH. M.U.; LEDERMAN, N.G.; BELL, R.L.; McCOMAS, W.F. y CLOUGH, M.P. (1997). "How great is disagreement about the nature of science: A response to Alters". *Journal of Research in Science Teaching, 34(10),* 1101-1103.

SOLBES, J. y TRAVER, M.J. (1996). "La utilización de la historia de las ciencia en la enseñanza de la física y la química". *Enseñanza de las Ciencias, 14*, 103-112.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). "Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal*". Enseñanza de las Ciencias, 7,* 14-20.

STINNER, A. y WILLIAMS, H. (1998). "History and philosophy of science in science curriculum". En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1093-1110). Londres: Kluwer Academic Publishers.

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

UNESCO (1994). *Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration.* Paris: UNESCO.

VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1997). *Actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad en alumnado y profesorado. Implicaciones para la educación de las actitudes.* Memoria final de investigación. Madrid: MEC-CIDE.

VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1998). "Una propuesta de modelo integrado de aprendizaje como cambio conceptual, metodológico y actitudinal". En E. Banet y A. de Pro (Coords.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 148-158), V. I. Murcia: Universidad de Murcia.

VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1999). "Response and scoring models for the 'Views on Science.Technology-Society' instrument". *International Journal of Science Education, 21(3),* 231-247.

WILSON, L. (1954). "A study of opinions related to the nature of science and its purpose in society". *Science Education, 38,* 159-164.

ZEIDLER, D.L. y LEDERMAN, N.G. (1989). "The effect of teachers' language on students conceptions of the nature of science". *Journal of Research in Science Teaching, 26*, 771-783.

YOUNG, B.J. y KELLOGG, T. (1993). "Science attitudes and preparation of pre-service elementary teachers". *Science Education, 77(3),* 279-291.