

CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: CREENCIAS DE LOS ESTUDIANTES*

VÁZQUEZ ALONSO, ÁNGEL¹ y MANASSERO MAS, MARÍA ANTONIA¹

¹ Departamento de Física. Universitat Illes Balears. Edificio Mateu Orfila.
Ctra. de Valldemossa, km 7,5. 07071 Palma de Mallorca.

² Departamento de Psicología. Universitat Illes Balears. Edificio Ramon Llull.
Ctra. de Valldemossa, km 7,5. 07071 Palma de Mallorca.

SUMMARY

This paper studies the attitudes and beliefs of students from all educational stages about some characteristics of scientific knowledge. These characteristics are the nature of scientific models and classification schemes, the tentativeness in science, the nature of scientific method, the social influence on scientific knowledge and the controversies within the scientific community. The results show complex, diverse, and sometimes contradictory and inconsistent beliefs in students. The nature of schemes, the tentativeness, the method and the explanation of disagreements show high rates of adequate and authentic scientific attitudes, while responses about models and social influences on science seem to be misinformed. From an educational view, this study offers a diagnostic assessment of students' preconceptions that are a key issue to achieve a significative science learning on the characteristics of scientific knowledge. Also it suggests the necessity of a deeper work on these aspects in school, as a tool to attain scientific literacy for all.

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 (Aikenhead, 1979), es decir, los valores y suposiciones implicadas en el desarrollo del conocimiento científico y que se suele denominar el *método científico* (Lederman y Zeidler, 1987). Una concepción ingenua del método lo entiende como una serie de etapas o recetas algoritmizadas que, seguidas mecánicamente, permiten llegar a resultados seguros, aunque el método científico, más bien, es un conjunto de supuestos y valores aceptados por la comunidad científica, algunos no formalizados ni escritos, que sirven para avalar una cierta ortodoxia común en la construcción del conocimiento. Así, la fundamentación en el cuerpo de conocimientos, la emisión y contrastación de hipótesis tentativas, 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 replicabilidad de los informes, resultados y experimentos.

A lo largo de este siglo, el enorme progreso y avance y los espectaculares resultados alcanzados por la ciencia ha concitado sobre ella el interés de epistemólogos y sociólogos, cuyos análisis han producido conceptualizaciones de la naturaleza de la ciencia que han evolucionado desde el positivismo o empirismo lógico hasta el relativismo más extremo. El positivismo se caracteriza por ofrecer una visión del conocimiento científico como algo acabado y definitivo, independiente de los contextos concretos donde nace, y exclusivamente fundamentado en los denominados factores epistémicos: por un lado, los «hechos», la evidencia empírica objetiva y, por otro, la lógica o racionalidad. La capacidad exclusiva de

los hechos para generar conocimiento objetivo se ha criticado ampliamente desde la carga teórica de la observación, y desde las posiciones relativistas se acepta la infradeterminación de las teorías por la evidencia empírica y la inconmensurabilidad de los paradigmas científicos, así como la influencia de factores psicológicos y sociales en el conocimiento. Entre ambas posiciones extremas, la posición social-constructivista subraya la ciencia como un conocimiento que se está haciendo y rehaciendo continuamente, por tanto, siempre provisional y sujeto a revisión, construido por humanos y, por ello, influenciado por los elementos personales y sociales de la condición humana que construye ese conocimiento —especialmente sus valores, ideologías y ética— (Bingle y Gaskell, 1994). La ciencia está sometida a los mismos condicionamientos que cualquier actividad humana, tales como las políticas de desarrollo científico de los países, determinada por las relaciones de poder de los grupos sociales y de la comunidad científica e influida por las ideologías dominantes y las creencias individuales y personales de las personas y de las sociedades. Un ejemplo de estas influencias es la división social de los roles entre hombre y mujer, que origina una menor participación de las mujeres en la investigación científica (menor representación femenina en la ciencia).

MARCO TEÓRICO

La brevedad de este artículo no permite desarrollar en detalle las características de la ciencia configuradas por la epistemología y la sociología, de los que se han citado algunos de los rasgos más interesantes, aunque algunos de ellos son todavía discutidos. Popper (1977), Kuhn (1962), Lakatos (1983), Feyerabend (1982), Toulmin (1977) y Bunge (1976, 1980) representan distintas posiciones bien conocidas de análisis y crítica, que han contribuido a acotar y precisar aspectos básicos de la ciencia y la metodología científica, desde la perspectiva epistemológica. Desde la sociología de la ciencia se han estudiado los valores de la ciencia y los científicos (razones, motivaciones, supuestos, etc.), las relaciones que los científicos establecen con otras instituciones para la realización de su trabajo (el mecenazgo, la financiación, la vinculación de la ciencia con los intereses industriales o militares, etc.), la sociología de la comunidad científica, es decir, los usos y costumbres de los científicos en su trabajo de investigación (retribuciones y recompensas, la estratificación de la comunidad científica, las publicaciones, la vida en el laboratorio, los congresos, etc.) como fuente de conocimiento relevante sobre la naturaleza de la ciencia (Latour, 1992; Merton, 1977; Woolgar, 1991). Finalmente, el programa fuerte de la sociología de la ciencia pretende describir cómo los conceptos y modelos científicos, la objetividad y la racionalidad científicas también están imbuidos por elementos psicológicos y sociológicos (Barnes, 1986).

Desde la perspectiva didáctica de la educación científica, los rasgos de la ciencia han seguido la propia evolución de los análisis epistemológicos y sociológicos. Antes del desarrollo de la sociología de la ciencia en los

ochenta, la ciencia fue caracterizada por Showalter (1974) con los nueve factores siguientes: provisional, pública, replicable, probabilística, humanística, histórica, única, holística y empírica. Rubba y Andersen (1978) propusieron un modelo de seis factores denominados *amoral* (no se puede juzgar como bueno o malo), *creativo*, *evolutivo* (provisional), *parsimonioso* (prefiere las explicaciones sencillas a las complicadas), *comprobable* (empíricamente) y *unificado* (los conceptos, leyes y teorías forman una red interrelacionada).

Las investigaciones desarrolladas sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia por los estudiantes (generalmente desde secundaria a universidad) coinciden consistentemente en que exhiben una comprensión inadecuada de la misma en altas proporciones (entre otros, Aikenhead, 1973; Cooley y Klopfer, 1961; Korth, 1969; Mackay, 1971; Rubba y Andersen, 1978; Welch, 1981). Por ejemplo, Rubba y Andersen (1978) encontraron que la tercera parte de los estudiantes preuniversitarios creía que la investigación científica demostraba verdades absolutas e incontrovertibles (bautizado como «el mito de la verdad absoluta»), y que las teorías científicas, con su confirmación a través del tiempo, se convertían en leyes («la fábula de que las leyes son teorías maduras»).

La década de los ochenta produjo numerosas aportaciones relevantes, especialmente desde la sociología de la ciencia, de modo que lo que se entiende por características adecuadas de la ciencia ha cambiado a través de los años y se puede decir que el final de esa década contempla la incorporación a los currículos escolares de los aspectos más técnicos sobre la naturaleza de la ciencia. La American Association for the Advancement of Science (1989) propone la comprensión de la naturaleza de la ciencia como una de las cuatro partes fundamentales de la alfabetización científica de todos los ciudadanos, que contendría tres componentes: *a)* la perspectiva científica sobre el mundo: el mundo es cognoscible pero la ciencia no tiene respuesta para todas las preguntas y es cambiante; *b)* los métodos científicos de investigación comprenden evidencias, lógica, creatividad e imaginación, explicaciones y predicciones, objetividad y sesgos y antiautoritarismo; *c)* la naturaleza de la empresa científica: la ciencia como actividad y construcción social, la organización en disciplinas, las instituciones de investigación, los principios éticos y valores de funcionamiento y la relación con los asuntos públicos.

Algunos de los rasgos más notables de las concepciones inadecuadas sobre la naturaleza de la ciencia encontradas en estudiantes, profesores y libros de texto han surgido y han sido identificadas por las críticas que el pensamiento epistemológico ha dirigido sobre el inductivismo. Otras nacen del extraordinario progreso y aceleración de crecimiento de la ciencia en los últimos años, que han revolucionado la actividad investigadora respecto a las prácticas y usos habituales en los siglos pasados, o tan sólo unos lustros antes. Las concepciones erróneas sobre la naturaleza de la ciencia se caracterizan por exacerbar o convertir en rasgo exclusivo o excluyente alguna característica que la ciencia cultiva o posee, ciertamente, pero ignorando los importantes matices con

que debería complementarse tal imagen, y de esta manera contribuyen decisivamente a deformar la verdadera naturaleza de la ciencia. Puesto que una forma de contribuir a precisar la definición de un objeto es describir lo que el objeto no es, se revisan brevemente algunas de las concepciones ingenuas más habituales sobre la naturaleza de la ciencia, como una forma de fijar, por exclusión, lo que la ciencia no es, e insistir, por contraste, en lo que sí es ciencia.

Sin duda la concepción inductivista es la más clásica de estas concepciones, pues no en vano fue una filosofía que fundamentó la actividad empírica de la ciencia durante siglos y fue núcleo central de lo que se ha denominado el *positivismo lógico* defendido por el círculo de Viena. Según esta visión, los datos de observación y experimentación, neutros, incontaminados y absolutos, permiten, por inducción, establecer las leyes que forman el conocimiento científico. Esta concepción ignora el papel de las ideas y las hipótesis generadas por la mente humana como fuente de todo lo demás (observación y experimentación), el papel de la coherencia interna en el cuerpo de la ciencia, etc. y sobre todo, se basa en la falacia de la validez lógica del principio de inducción, como ha demostrado y criticado ampliamente Popper (1977), entre otros.

Otra concepción muy extendida es la visión algorítmica de la metodología científica, entendida como una sucesión de etapas prefijadas y que acostumbra a reforzarse en el primer capítulo de los libros de texto. Según esta visión, existiría un solo método válido para llegar al conocimiento, que consiste en la repetición mecánica de una serie de pasos algoritmizados. Esta concepción deforma la verdadera naturaleza del método al ignorar la existencia de múltiples vías de acceso al conocimiento científico, el papel de la creatividad y la imaginación, de los errores, de la casualidad, etc. (Holton, 1978), aunque todos estos factores estén sometidos siempre a unos controles rigurosos, precisos y exigentes. Esta visión algoritmizada del método ha sido criticada desde una posición epistemológicamente ácrata por Feyerabend (1982) y puesta en duda por los estudios sociológicos de la vida de laboratorio Latour (1992) y Woolgar (1991).

Especialmente entre la gente de la calle, está muy extendida la concepción dogmática de la ciencia, que la ve como una colección de leyes que se cumplen con precisión e infalibilidad absolutas. La imagen del conocimiento científico que se extrae de esta visión es un conocimiento exacto, infalible e inmutable, que ignora las dificultades que ha tenido la ciencia (controversias, revoluciones, etc.), las limitaciones en la validez de sus leyes y modelos, la existencia de preguntas que no sabe responder (todavía), que mantiene abiertas vías de investigación contrapuestas, que en su cuerpo de conocimientos coexisten teorías en competencia (que predicen resultados contradictorios sobre un mismo fenómeno), imperfectas, inacabadas, etc. Por tanto, la ciencia no se ajusta a la imagen dogmática y, por el contrario, es siempre provisional, variable y controvertible.

La concepción dogmática y su confianza ciega en la infalibilidad del conocimiento, una vez establecido, contiene implícitamente otra concepción absolutamente contraria al espíritu y a la filosofía del método científico: el acriticismo. Como es conocido, la ciencia moderna nace cuando las ideas del «filósofo» sobre el mundo natural, dogmatizadas durante años por su aplastante lógica interna, fueron sometidas a crítica y contrastadas con la experiencia externa del mundo natural. La base de la ciencia es un escepticismo organizado (Merton, 1977) que somete a escrutinio todas las ideas, con independencia de la persona que las sostiene, y la concepción acrítica va en contra de esta visión escéptica de la ciencia, distorsionando una de las principales cualidades de su naturaleza, cual es el cuestionamiento sistemático incluso de lo más obvio y de sentido común, como clave y fuente del progreso científico y causa principal del éxito de la ciencia.

Una de las bases del progreso científico es el carácter acumulativo del cuerpo de conocimientos a medida que se construye. No obstante, esta idea de construcción por acumulación, en principio válida, cuando se entiende excluyentemente, es el origen de lo que se podría denominar la concepción (exclusivamente) acumulativa de la ciencia. Según esta perspectiva, el conocimiento científico crece exclusivamente como una acumulación de conocimientos, de modo que se ignora que la evolución de la ciencia no es lineal, sino que tiene discontinuidades, más o menos intensas, a veces mediante revoluciones que dan la vuelta a muchas ideas anteriores, que ha tenido errores y confusiones, que ha sufrido crisis que remodelan y renuevan las ideas, etc. Por tanto, la concepción exclusivamente acumulativa que lleva a una ciencia de progresión lineal es una simplificación de su historia, que ignora la evolución histórica real que ha tenido, eliminando los aspectos no lineales de modo que la ciencia se endurece borrando toda su relatividad histórica (Stengers, 1987).

Por otro lado, la imagen de los científicos difundida desde los medios de comunicación es una concepción individualista o de torre de marfil: las anécdotas personales de científicos famosos, entre otras, exaltan excesivamente el papel individual, las características exclusivamente personales, el aislamiento y el trabajo escondido (el mito del científico aislado y abstraído en su torre de marfil) como fuente de los descubrimientos, deformando el carácter público, esencialmente colectivo y de equipo de la empresa científica (Latour, 1992).

La transmisión de una ciencia centrada en las leyes y los conceptos científicos, descontextualizada y huérfana de su tiempo histórico, produce el mito de su neutralidad, es decir, la creencia simplista de que el conocimiento científico se construye asépticamente, inmune, y al margen de cualquier influencia espuria. Por el contrario la sociología histórica de la ciencia ha mostrado la existencia de razonamientos científicos desviados, sesgos en las observaciones, componentes afectivos, religiosos, económicos, políticos, que se eliminan de la comunicación científica para no ofrecer más que una imagen abstracta con pretensiones de neutralidad (Fourez, 1994). Por el

contrario, las complejas y profundas interacciones e influencias mutuas entre la sociedad y la ciencia, entre la sociedad y los científicos, entre la sociedad y las ideas dominantes en la ciencia demuestran una interacción continua, natural y legítima, entre la ciencia y la sociedad (Catalán y Catany, 1986).

La excesiva complejidad alcanzada por el conocimiento científico ha producido la acotación de ramas y áreas especializadas, con personalidad burocrática que llegan a funcionar como compartimientos estancos en muchos aspectos, en lo que Bunge (1980) denomina la materialidad de la ciencia, por contraste con su parte conceptual o intelectual. Este hecho junto con la dificultad del aparato técnico y matemático necesario para describir las teorías científicas más intrincadas contribuyen a ofrecer una visión de la ciencia donde la forma se hace más importante que el fondo, trastocándolos y originando una concepción formalista y alambicada. El formalismo en la enseñanza de la ciencia contribuye especialmente a promover una visión de ésta centrada en la forma, difícil y elitista, refractaria e insatisfactoria para muchos estudiantes, ya que esconde la importancia del principio de parsimonia, es decir, la búsqueda de la simplicidad, la unificación y la coherencia que caracterizan a la ciencia.

En suma, a partir de la epistemología y la sociología, la naturaleza de la ciencia es conceptual, social e históricamente dialéctica, resultado de la tensión entre una serie de polos contrarios, tales como provisional/definitivo, revisable/estable, realista/instrumentalista, objetiva/subjetiva, pública/privada, irreproducible/replicable, exacta/probabilística, humanística/idealista, contextualizada/neutra, única/múltiple, holística/parcial, amoral/moral, empírica/teórica, creativa/algorithmizada, simple/compleja, verificable/falsable, abierta/cerrada, parcial/imparcial, inductiva/hipotética, falible/dogmática, acumulativa/evolucionista, colectiva/individual, formal/parsimoniosa. Las consideraciones teóricas precedentes sugieren que el conocimiento científico es más bien provisional, revisable, instrumental, público, replicable, contextualizado, moral, etc., pero en una tensión permanente con los polos contrarios.

LA INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Las investigaciones más recientes sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia por estudiantes y profesores confirman los hallazgos de los primeros tiempos (Lederman, 1992, p. 334), lo cual es un indicador significativo de la dificultad de la educación científica para conseguir que los estudiantes alcancen una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Aunque se podría argüir que los instrumentos de evaluación tienen problemas de validez y fiabilidad, resulta abrumadora y significativa la coincidencia en los resultados obtenidos empleando instrumentos diferentes: los estudiantes no alcanzan una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, ni siquiera después de años de estudiar asigna-

turas de ciencias, ni tampoco cuando se consideran los estudiantes de más alto rendimiento en ciencias (Rubba, Horner y Smith, 1981), y, en el mejor de los casos, esta comprensión es incompleta e inconsistente, ya que, aunque a veces aparece algún aspecto adecuado, esto no asegura la comprensión de otros.

En la educación científica, la inadecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia por los estudiantes ha sido valorada como uno de los fracasos más importantes de la reforma curricular desarrollada en los años sesenta y setenta en muchos países. Como causas de este fracaso se han señalado la inadecuación de los currículos para asumir el objetivo de comprensión de la naturaleza de la ciencia y las concepciones de los propios profesores como mediadores de ese currículo. Ambas causas han generado dos líneas de investigación paralelas para mejorar la comprensión de la ciencia: por un lado, un movimiento de renovación de los currículos de ciencias y, por otro lado, la atención al pensamiento y a las concepciones del profesorado. La dirección de la renovación de los currículos de ciencias viene marcada por el paradigma ciencia-tecnología-sociedad (CTS), que propugna una formación científica que ponga de relieve las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Sin embargo, la forma de llevar a cabo esta renovación varía ampliamente según el grado de implicación en el paradigma CTS (Solomon y Aikenhead, 1994), desde la simple inclusión de temas y cuestiones CTS en los programas clásicos (modelo seguido en las materias de bachillerato de nuestro país en el que el capítulo primero se dedica a estas cuestiones) hasta el planteamiento global de todo el programa de una materia desde el paradigma CTS (caso de la materia optativa de bachillerato denominada Ciencia, Tecnología y Sociedad). Como en el caso de las ideas previas sobre los conceptos científicos, las ideas sobre la naturaleza de la ciencia, por ser un tema más nuevo, y su investigación, a escala mundial –además de escasa, en algunos casos, desfasada, porque se hizo desde presupuestos más positivistas o con instrumentos metodológicamente defectuosos (Vázquez y Manassero, 1997; Gardner, 1996)– requieren renovada atención.

En nuestro país, la evaluación de las ideas de los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia ha sido un tema poco tratado hasta muy recientemente (Acevedo, 1993; Carrascosa, Fernández, Gil y Orozco, 1993; Guasch, de Manuel y Grau, 1993). La línea de investigación sobre el pensamiento del profesorado acerca de la naturaleza de la ciencia constituye otra vía de progreso, con el objetivo de mejorar las ideas del profesorado para conseguir que el alumnado adquiera una imagen más adecuada del conocimiento científico, aunque algunos estudios cuestionan una relación directa entre ambas variables (Lederman, 1992; Mellado, 1998; Mellado y Carracedo, 1993; Vázquez y Manassero, 1997).

En este estudio se pretende analizar las creencias y actitudes de los estudiantes hacia aspectos concretos de las características de la ciencia. En un artículo anterior (Vázquez y Manassero, 1995b) se han categorizado esas características en tres dimensiones diferentes, las carac-

terísticas de los científicos (valores y motivaciones de los científicos en su trabajo), la construcción colectiva del conocimiento científico (la empresa científica como tarea colectiva, el desacuerdo de los científicos, la influencia de la sociedad) y la naturaleza del conocimiento científico (características de los procesos y productos de la ciencia). Aquí se analizarán mediante las seis cuestiones siguientes: la naturaleza de los modelos y esquemas de clasificación de la ciencia, el carácter provisional del conocimiento, la naturaleza del método científico, las influencias sociales sobre los científicos y las causas de las discrepancias entre científicos con relación a valores y motivaciones.

METODOLOGÍA

Instrumento

Se han aplicado seis cuestiones que plantean diversos aspectos de la naturaleza de la ciencia adaptadas de Aikenhead (1987). Todas tienen un formato similar de opción múltiple: unas frases iniciales en el pie que plantean el problema que se trata en cada una de ellas, seguidas de las opciones múltiples para seleccionar, que representan un abanico completo de distintas posiciones o justificaciones del problema planteado. Normalmente las frases iniciales del pie son dos (excepto en la última cuestión que son tres), las cuales expresan una afirmación y una negación sobre el problema planteado. La construcción de las cuestiones originales se realizó mediante una encuesta previa con estudiantes preuniversitarios, cuyas respuestas abiertas, debidamente categorizadas, se han convertido en las alternativas del formato de opción múltiple, que reflejan la totalidad de las opiniones mayoritarias ofrecidas por las respuestas de los estudiantes sobre estos temas (Aikenhead, Fleming y Ryan, 1987). Este método evita la denominada *falacia de la percepción inmaculada*, es decir, la suposición de que los entrevistados entienden exactamente lo mismo que los investigadores en las cuestiones elaboradas por éstos; para evitarla, las respuestas de los propios estudiantes son las que constituyen el texto y contenido de las preguntas que se han aplicado en este estudio.

Procedimiento

La metodología de campo consistió en encuestar (anónimamente) al alumnado en sus grupos de clase (en escuelas, institutos y universidad). Los estudiantes emiten dos tipos de respuestas: *a)* señalando el acuerdo o desacuerdo con cada una de las frases del pie; y *b)* seleccionando la alternativa que se identifica con su propia creencia, como justificación o razón del acuerdo o desacuerdo manifestado sobre el tema. Las respuestas que expresan la evaluación de un objeto revelan las actitudes de la gente, aunque los científicos sociales con frecuencia analizan tres componentes, cognitivos, afectivos y conductuales (Eagly y Chaiken, 1993). La primera respuesta (acuerdo/desacuerdo) se puede considerar una medida afectiva, mientras que la segunda sería de orden cogni-

tivo y, por eso, en este estudio, se utilizan los términos: *actitudes*, para referirse a la evaluación de cada tema en sentido global, y *creencias* para referirse a la elección de la alternativa de tipo cognitivo, que revela los pensamientos de la persona sobre cada tema concreto.

Aunque puedan parecer reiterativas, ambas respuestas son útiles metodológicamente, porque las opiniones de los estudiantes no son completamente lógicas y consistentes, como se verá en los resultados. El estudio de los dos tipos de respuesta, acuerdo/desacuerdo sobre frases opuestas y selección de una alternativa, permite contrastar ambas respuestas y, por tanto, tener una mayor fiabilidad de los resultados obtenidos. Además, los estudiantes disponían de una línea en blanco para escribir libremente cualquier respuesta abierta que reflejara mejor su opinión. Las respuestas abiertas obtenidas fueron muy pocas (menos del 0,5% en todos los casos) y no ofrecieron ninguna novedad relevante (paráfrasis de alguna alternativa, expresiones ininteligibles, etc.), por lo que no se comentarán aquí, aunque su tasa se incluye en la tabla, como última alternativa a los resultados de cada cuestión (etiquetada como *otras*).

El acuerdo/desacuerdo con cada una de las frases que forman el pie de cada cuestión es la expresión de la implicación afectiva del estudiante respecto al tema planteado. Puesto que las dos frases del pie expresan ideas opuestas sobre el tema planteado, entonces, un acuerdo/desacuerdo con la primera frase sería coherente con una respuesta de desacuerdo/acuerdo en la segunda; y, aunque la tabulación cruzada de estas respuestas no se ofrece, por razones de espacio, se comentan las diferencias encontradas entre ambas. Para facilitar la comparación de los resultados entre las frases iniciales y evitar la pequeña complicación que supone pensar en las equivalencias contrarias entre acuerdo con la primera y desacuerdo con la segunda, y viceversa, los resultados de acuerdo/desacuerdo para cada pareja de frases en cada tema de la figura 1 se han referenciado sobre la primera frase; es decir, que los porcentajes de acuerdo/desacuerdo con la segunda frase están invertidos: el porcentaje de acuerdo1 corresponde en realidad al porcentaje de desacuerdo con la segunda frase, que equivale a un acuerdo con la primera frase, y viceversa, el porcentaje de desacuerdo1 corresponde en realidad al porcentaje de acuerdo con la segunda frase, que equivale a un desacuerdo con la primera frase. Esto permite comparar directamente las tasas obtenidas a primera vista, sin necesidad de realizar cálculos mentales de invertir las posiciones y la medida de la escala.

Muestra

La muestra total encuestada está compuesta por 2.675 estudiantes y es representativa de todos los niveles y modalidades del sistema educativo en Mallorca (último curso de EGB, 10%; bachillerato, 29%; formación profesional, 14%; reforma, 18%; universidad, 29%), de las especialidades de estudios científicos y no científicos, tanto en enseñanzas medias (letras, 59%; ciencias, 41%) como en los estudios superiores (letras, 66%;

mixtas, 23% y ciencias, 11%) y equilibrada entre hombres (46%) y mujeres (54%).

Las cuestiones cuyos resultados se presentan aquí estaban repartidas en tres cuestionarios diferentes contestados aleatoriamente por cada uno de los grupos de la muestra, de modo que, aproximadamente, la muestra válida que responde cada cuestión se sitúa por encima de los 800 individuos, oscilando ligeramente en cada pregunta debido a las omisiones y a las respuestas no válidas obtenidas.

RESULTADOS

Los resultados numéricos globales para cada una de las cuestiones están reflejados en la tabla, y éstos se han tomado como base para construir las distintas figuras que permiten visualizar mejor las variaciones de las distintas respuestas.

La modelización es uno de los instrumentos más recurrentes de la ciencia para describir el mundo natural. El primer ítem plantea la naturaleza de los modelos científicos, que desde hace un tiempo sostiene una controversia entre la visión de un modelo como una copia exacta de la realidad (realismo) y una simple metáfora útil para el conocimiento (instrumentalismo). Ambas interpretaciones se recogen en las frases que constituyen el pie de este ítem y, de las ocho distintas alternativas que

les siguen, tres concuerdan con la interpretación instrumentalista o epistemológica, reflejando el carácter limitado, cambiante con el tiempo y la esencia de copia inexacta, mientras otras cuatro alternativas son más bien concordantes con el concepto más ingenuo (ontológico o realista), que recoge los aspectos siguientes: ser verdaderos en sentido absoluto, ser una copia real, exacta y probada, inmutables y respaldados por la autoridad. La alternativa C (descripción la realidad, pero parcial) podría representar una posición intermedia entre epistemologistas y ontologistas.

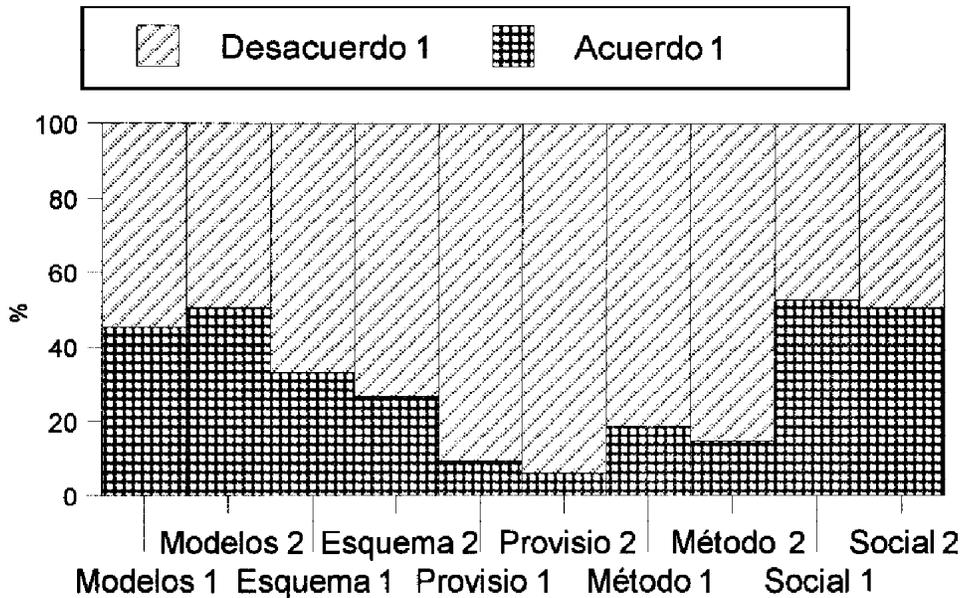
Los acuerdos y desacuerdos sobre las dos frases del pie que encabezan el ítem se dividen aproximadamente por la mitad en cada una de ellas; sin embargo, en la primera predomina una ligera mayoría (55%), en desacuerdo con el concepto de *modelo* como simple metáfora, que sugiere ya una gran extensión de las creencias ingenuas favorables a las concepciones realistas, menos elaboradas.

La distribución total de frecuencias sobre las distintas alternativas, sin embargo, muestra que las alternativas concordantes con una posición epistemológica o instrumental de la naturaleza de los modelos científicos corresponden a un total del 62% de respuestas (incluyendo la intermedia), mientras que en torno a un 27% estarían en la posición realista u ontológica. Por tanto, las respuestas a las alternativas muestran creencias más favorables a la posición epistemológica (los modelos como metáfora útil, inexacta, cambiante y parcial de la reali-

Tabla I
Resultados de porcentajes de respuesta a cada una de las alternativas en las cuestiones.

C U E S T I O N E S						
	MODELOS	CLASIF.	PROVIS.	MÉTODO	SOCIAL	CONTROVERS.
A	25,7	28,0	18,7	8,5	14,2	16,0
B	22,2	12,1	14,0	4,9	24,9	8,1
C	14,6	8,6	29,9	25,8	16,7	16,8
D	14,4	6,0	21,6	21,2	12,3	9,6
E	9,8	7,7	9,2	39,5	31,6	8,2
F	2,6	23,8	6,5	-	-	10,9
G	9,5	3,1	-	-	-	3,9
H	1,0	4,1	-	-	-	12,7
I	-	6,2	-	-	-	4,1
J	-	-	-	-	-	1,3
K	-	-	-	-	-	3,0
L	-	-	-	-	-	5,1
Otras	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1
Acuerdo 1	45%	33%	9%	18%	52%	65%
Desacuerdo 2	50%	26%	6%	14%	50%	52%
Acuerdo 3	-	-	-	-	-	34%
Casos	954	881	871	948	488	911

Figura 1
Porcentaje acuerdo/desacuerdo.



CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA

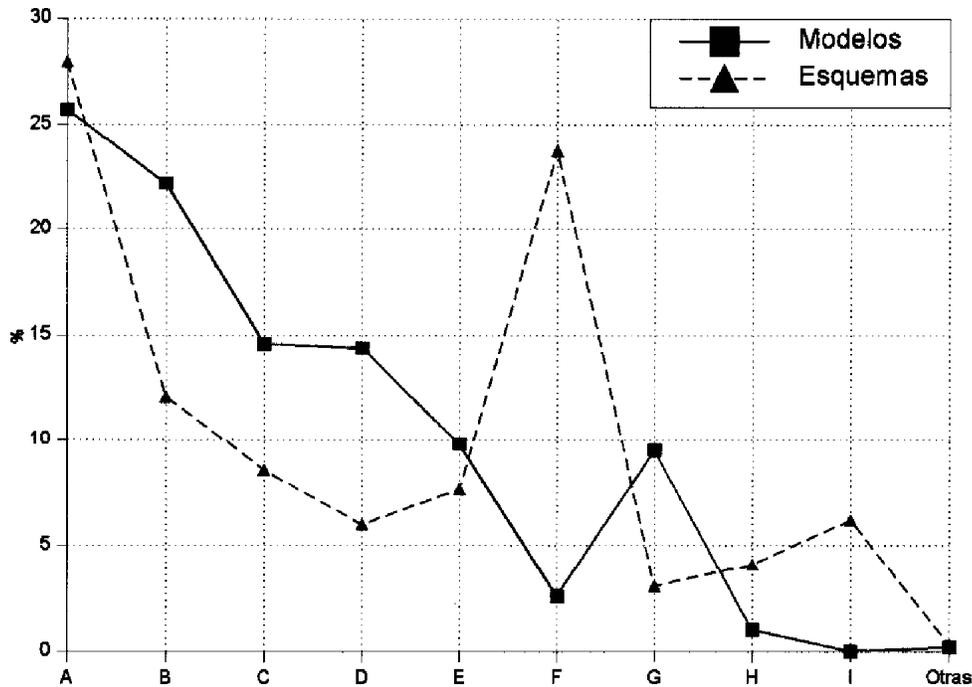
dad) que las tasas obtenidas de acuerdo/desacuerdo con las frases iniciales. Este resultado contradictorio puede estar cuestionando la comprensión que los estudiantes perciben de las dos frases del pie, tal vez demasiado generales sobre el concepto de *modelo*, mientras que las frases de las alternativas, que son más cortas y concretas, podrían ofrecer una referencia más fiable para evaluar la actitud global. Se puede pensar que los estudiantes no son conscientes, en toda profundidad, del significado del estatus ontológico o epistemológico de los modelos cuando deciden acerca de una declaración general sobre el tema, en el caso de las dos frases del pie, pero no les resultaría tan difícil identificar, entre las alternativas ofrecidas, aquellas que resultan concordantes con la posición epistemológica, puesto que la presentación de estos modelos en los libros de texto (reconocido en la alternativa H) suele tratar varios modelos sobre el mismo tema (p.e., los modelos del átomo), poniendo de manifiesto sus defectos, debido a su carácter limitado, y explicitando la sustitución de unos por otros a causa de sus defectos y ventajas, que se corresponde con la formulación más concreta de las alternativas. Esta diversidad de interpretaciones ilustra el potencial sesgo que se puede introducir en la interpretación de los resultados de las investigaciones, especialmente cuando es una única frase la que se toma como resumen de una actitud.

Los grupos de acuerdo y desacuerdo con las frases del pie tienen diferencias significativas entre sus distribuciones de frecuencias ($\chi^2 = 92, p < .0000$; $\chi^2 = 127, p < .0000$), las cuales están centradas en las alterna-

tivas: a) B (carácter cambiante con el tiempo de los modelos), mucho más seleccionada por los estudiantes con el más adecuado concepto (epistemológico) de los modelos (acuerdo con la primera, desacuerdo con la segunda); y b) G (carácter definitivo de las evidencias de prueba científica respecto a los modelos), más seleccionada por quienes tienen un concepto más ingenuo (ontológico) de los modelos científicos (desacuerdo/acuerdo). En realidad, en ambas opiniones puede estar latente el problema, más general, sobre la comprensión adecuada de la verdadera naturaleza del conocimiento científico como algo infalible y definitivo, o más bien como algo provisional y en evolución, que se plantea más directamente en otra cuestión posterior (3).

En resumen, los estudiantes se adhieren mayoritariamente a alternativas acordes con una perspectiva epistemológica, que se puede considerar más adecuada para representar el carácter de los modelos científicos, pero los resultados plantean dudas sobre la firmeza y coherencia de esta posición. Las diferencias entre quienes tienen una visión instrumentalista y quienes tienen una visión realista se podrían atribuir a las diferencias basadas en la opinión más amplia y general sobre la concepción epistemológica de la naturaleza de los modelos y del conocimiento científico como algo siempre provisional y en construcción (instrumentalismo) o, por el contrario, como verdades definitivas y absolutas (posición ontológica). Los modelos, que los estudiantes llegan a conocer a través de los libros de texto o las divulgaciones científicas, se suelen presentar realzando

Figura 2
Modelos y esquemas científicos.



excesivamente el contenido cognitivo y factual y omitiendo o devaluando su contextualización histórica y social, con lo que el estereotipo que se trasmite del modelo implica una caricatura del papel que realmente juegan los modelos en la ciencia.

Análogamente a la cuestión anterior (centrada sobre los modelos científicos), la segunda cuestión somete a los estudiantes a la controversia entre una visión real o instrumental del conocimiento científico –en este caso, tomando los esquemas de clasificación como elemento para centrar el debate–, entre la más adecuada posición epistemológica y la posición ontológica (reflejo exacto de la naturaleza).

La primera frase del pie sugiere que los esquemas de clasificación reflejan la naturaleza tal como es (ontológica), mientras que la segunda propone la posibilidad abierta de la existencia de muchas otras clasificaciones posibles (epistemológica). Las distintas alternativas sugieren una gradación que va desde las posiciones más epistemológicas, aludiendo a la naturaleza de las clasificaciones: tentativa (A), imprecisa (B), artificialmente inferida (D), humana (E), hasta posiciones más infalibilistas (las últimas), estando las posiciones C y F en una situación intermedia y pragmática.

La proporción de acuerdo/desacuerdo con las frases iniciales es mayoritariamente favorable a una concep-

ción epistemológica o instrumental de la naturaleza de las clasificaciones, como sugiere la segunda frase del pie, que logra un acuerdo muy alto (73%; el desacuerdo con la primera es ligeramente menor, 66%).

La distribución total de frecuencias sobre las distintas alternativas muestra dos claros picos sobre las opciones A (las clasificaciones son cambiantes), con el 28%, y F (el acuerdo entre los científicos, para una mayor eficacia práctica, determina la clasificación más adecuada) con el 24%; las otras posiciones iniciales (B, C, D, E) reciben más apoyo que las finales (G, H, I). Este patrón de respuestas sobre los esquemas de clasificación resulta coherente con la tasa, de acuerdo con una concepción más epistemológica del conocimiento científico obtenida para las frases iniciales.

Los grupos de acuerdo y desacuerdo con las frases del pie tienen diferencias significativas entre sus distribuciones de frecuencias ($\chi^2 = 100$, $p < .0000$; $\chi^2 = 116$, $p < .0000$), las cuales están centradas en la alternativa A, más seleccionada por quienes están más de acuerdo con una concepción instrumental de las clasificaciones, y la alternativa H, más seleccionada por el grupo con una concepción más realista.

En esta cuestión, aunque no existen diferencias importantes entre las tasas de las frases del pie de la cuestión y las alternativas, las elecciones no son coherentes si se

estudian las tasas de cada alternativa para los grupos de acuerdo o desacuerdo, ya no se revelan incoherencias claras entre la posición de acuerdo o desacuerdo y el tipo de alternativas seleccionadas. Esta falta de coherencia sugiere que los estudiantes pueden tener algo más confuso el papel instrumental y provisional de los esquemas de clasificación en la ciencia y, más en profundidad, el concepto general del conocimiento científico como algo siempre provisional y en revisión (posición epistemológica), nunca definitivo, ni absoluto (posición ontológica), que el papel que parece desprenderse de las más optimistas tasas de acuerdo/desacuerdo con las frases del pie obtenidas sobre las clasificaciones, respecto a las obtenidas en la cuestión anterior sobre los modelos. En suma, se puede decir que existe una importante bolsa (en torno a un 30%) de personas de la muestra que tiene una concepción ontológica ingenua de la ciencia, aunque esta proporción depende del tema concreto sobre el que manifiestan su opinión (modelos o clasificaciones); y de los que están de acuerdo con una concepción epistemológica aparecen incoherencias en la selección de las alternativas.

La tercera cuestión está más directamente enfocada hacia la esencia misma del conocimiento científico: abordan el asunto del carácter provisional o definitivo del conocimiento científico, que, en las cuestiones anteriores, aparecía más mediatizado por su referencia a los modelos científicos, en el primer caso, y a los esquemas de clasificación, en el segundo caso. La primera de las frases del pie describe una concepción del conocimiento científico que denominamos *definitiva o invariante*, caracterizada por considerar las leyes, modelos y clasificaciones científicos como una verdad definitiva y absoluta, y la segunda frase describe una concepción *cambiante, tentativa o provisional*, caracterizada por dar prioridad siempre al carácter hipotético de los conocimientos y, por ello, sujetos a mejoras y cambios.

Las dos primeras alternativas que ofrece este ítem justifican la concepción provisional con argumentos indirectamente reconstruccionistas (A, siempre cambia y otros de corte falsacionista (B, aportaciones de las nuevas generaciones; C, mejoras tecnológicas; D, errores); y las últimas defienden una concepción definitiva por acumulación. La alternativa E presenta aspectos de una orientación constructivista (nuevas interpretaciones o nuevos datos), pero incluye la referencia al valor absoluto de los datos empíricos, que resulta inconsistente y distorsionante con aquellos aspectos, por lo que se considera también una concepción definitiva.

Las tasas de acuerdo/desacuerdo con las frases iniciales del pie de la cuestión revelan un acuerdo casi unánime (91, 93%) con la naturaleza provisional y cambiante del conocimiento científico. La distribución total de frecuencias sobre las distintas alternativas muestra que la alternativa más seleccionada es la C (30%), que apunta al progreso tecnológico como fuente del cambio en el conocimiento científico, seguida por la D (22%), los errores como fuente de cambio, y la A (19%), que expresa el cambio como una propiedad constante del conocimiento científico. Esta distribución de elecciones

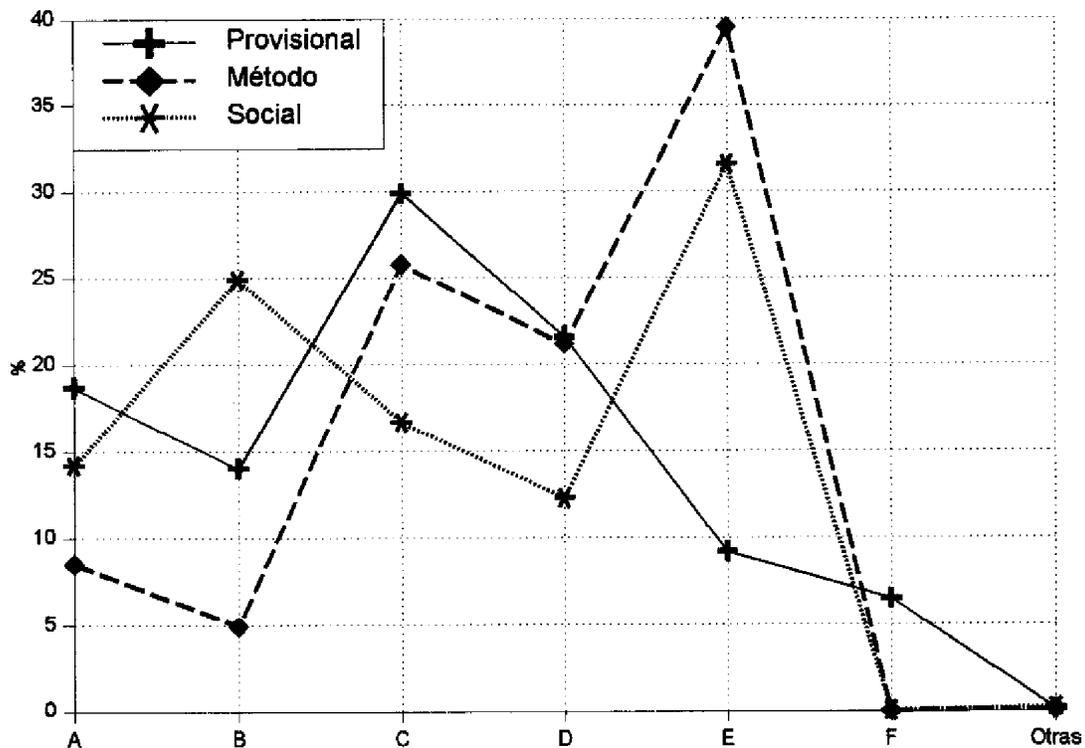
revela una posición mayoritariamente falsacionista en los estudiantes, pero no permite concluir que exista una conciencia en los estudiantes del carácter provisional de la ciencia en proporciones similares a las reflejadas en las tasas de respuesta a las frases del pie, aunque se identifica, sin lugar a dudas, su carácter cambiante en un grupo notable de estudiantes.

Los grupos de acuerdo/desacuerdo con las frases del pie tienen diferencias significativas entre las distribuciones de las frecuencias de las alternativas *s* ($\chi^2 = 70$, $p < .0000$; $\chi^2 = 90$, $p < .0000$), pero menores relativamente a otras cuestiones. Estas diferencias están centradas en las alternativas F (más elegida por el grupo que sostiene una visión definitiva) y C (más elegida por el grupo con una concepción provisional), no siendo demasiado apreciables ni sistemáticas las diferencias en las otras alternativas entre ambas visiones. Sin embargo, la casi unanimidad conseguida en la respuesta rotunda en el acuerdo/desacuerdo sobre las frases iniciales del pie, favorable a una concepción cambiante del conocimiento hace que el grupo en desacuerdo sea muy reducido, lo cual resta relevancia a las diferencias entre ambos grupos, que, por otro lado, se traducen en diferencias apreciables sólo en la selección de las opciones más extremas citadas, ligadas a una u otra de las posiciones enfrentadas (reconstrucción frente a acumulación).

Como en el caso de la cuestión anterior, la rotundidad de la adhesión a una concepción tentativa y provisional del conocimiento científico no se ve tan respaldada por la selección de aquellas alternativas más concordantes con esta actitud. Cuando se comparan las distribuciones de las alternativas que seleccionan uno y otro grupo, las diferencias con el grupo minoritario (que no está de acuerdo con la naturaleza provisional) no son tan sistemáticas, ni están basadas en las alternativas más acordes con una u otra posición. Así, los cambios en la ciencia se atribuyen mayoritariamente a causas secundarias, poco intrínsecas al conocimiento científico y menos esenciales en el proceso de reconstrucción, como son las mejoras tecnológicas o el descubrimiento de errores. En consecuencia, podría interpretarse que los estudiantes captan la naturaleza cambiante del conocimiento científico, aunque resulta variopinta cuando se concreta y, en muchos casos, es poco coherente a la hora de asignar los cambios en la elección de opciones específicas. Esto sugiere que los estudiantes no captan en toda su profundidad las implicaciones que tiene la naturaleza provisional del conocimiento científico, como una característica inherente a la propia identidad epistemológica del mismo, cuyo progreso y mejora exige la consideración de que cualquier conocimiento es siempre provisional, incierto y limitado, susceptible a crítica y cambio, incompatible con cualquier consideración absolutizada o definitiva del mismo.

El cuarto ítem plantea la naturaleza del método científico en la construcción del conocimiento científico. En particular, se plantea si el método debe concebirse como una sucesión fija de etapas, cuya aplicación estricta conduce siempre a resultados válidos o, más ampliamente, como un conjunto de enfoques abiertos, cuya validez

Figura 3
Naturaleza de la ciencia.



y licitud son refrendadas por la comunidad científica. La primera posición (inadecuada) está recogida en la primera frase del pie del ítem, y la segunda posición (más adecuada) se corresponde con la segunda frase del pie. Las dos primeras alternativas ofrecidas se corresponden con la primera posición y las dos últimas con la segunda posición, la última de las cuales (E) es casi un eco de la frase del pie; la alternativa C representa una posición intermedia entre ambos extremos.

Los acuerdos/desacuerdos de los estudiantes respecto a las dos frases del pie muestran una actitud abrumadoramente concordante (más del 80%) con una concepción adecuada del papel del método científico, como una vía más abierta y menos encorsetada hacia el conocimiento. La distribución de las frecuencias totales sobre cada una de las alternativas es coherente con el resultado anterior, ya que mayoritariamente aparece sobre las tres últimas alternativas (las que desarrollan la concepción más flexible y menos rígida respecto al método científico). La alternativa mayoritaria es la última (E, libertad de usar cualquier método que dé resultados favorables), con casi el 40% de las atribuciones, y después las otras dos (C, originalidad y creatividad; D, uso de otros métodos), con un 20-25% de las respuestas. Sin embargo, algunos de los matices contenidos en las alternativas son interesantes; por ejemplo, la mayoritaria alternativa E refleja-

ría una creencia contraria a los corsés metodológicos, que puede considerarse epistemológicamente adecuada, pero también podría entenderse excesivamente pragmática, ya que justifica la bondad del método por los buenos resultados obtenidos, y esto no siempre es adecuado, porque podría caer en un puro reduccionismo del método al utilitarismo (el resultado justifica los medios).

Las diferencias en las distribuciones de frecuencias entre las posiciones de acuerdo/desacuerdo con las frases iniciales son significativas, tanto para la primera como para la segunda frase ($\chi^2 = 248$, $p < .0000$; $\chi^2 = 252$, $p < .0000$) y son notables en todas y cada una de las cinco alternativas del ítem, como corresponde a los elevados valores obtenidos de la estadística χ^2 ; sin embargo, están especialmente centradas en las alternativas primera (A) y última (E), la primera con la tasa más alta para la actitud inadecuada y, al contrario, la segunda, con una frecuencia máxima para quienes están de acuerdo con la concepción adecuada del *método científico*. Por tanto, se puede decir que en este caso, a pesar de que el grupo con una concepción inadecuada del método es muy minoritario respecto al otro, los dos grupos diferencian el concepto de *método científico* en las posiciones seleccionadas, optando drásticamente cada uno por una posición estrictamente coherente con la posición inicialmente expresada.

En resumen, la actitud de los estudiantes sobre la naturaleza del método científico es mayoritariamente apropiada y concordante con una concepción adecuada del método científico, como algo más que una serie estereotipada de etapas que aseguran el éxito, estando abierto a la originalidad, la creatividad y la libertad. Además, los dos grupos de acuerdo/desacuerdo con las frases del pie eligen alternativas de respuesta claramente diferenciadas entre sí, por lo que puede afirmarse que existe una buena coherencia sobre el significado del método para los estudiantes. Sin embargo, otros detalles más precisos sobre en qué consiste y qué cosa es exactamente *método científico* no pueden clarificarse desde la redacción del ítem.

Una de las imágenes más comunes y estereotipadas de los científicos presenta a éstos como personas aisladas (en su torre de marfil) y, por tanto, realizando su trabajo libre de influencias externas, excesivamente absortos por su trabajo y sin ninguna otra preocupación común con sus coetáneos. El quinto ítem plantea la cuestión de la influencia social sobre el trabajo de investigación de los científicos. La frase primera del pie defiende la tesis que los científicos son personas como los demás y, por tanto, la sociedad influye sobre la investigación de los científicos, mientras que la segunda defiende la tesis contraria: la sociedad no influye sobre el trabajo de los científicos.

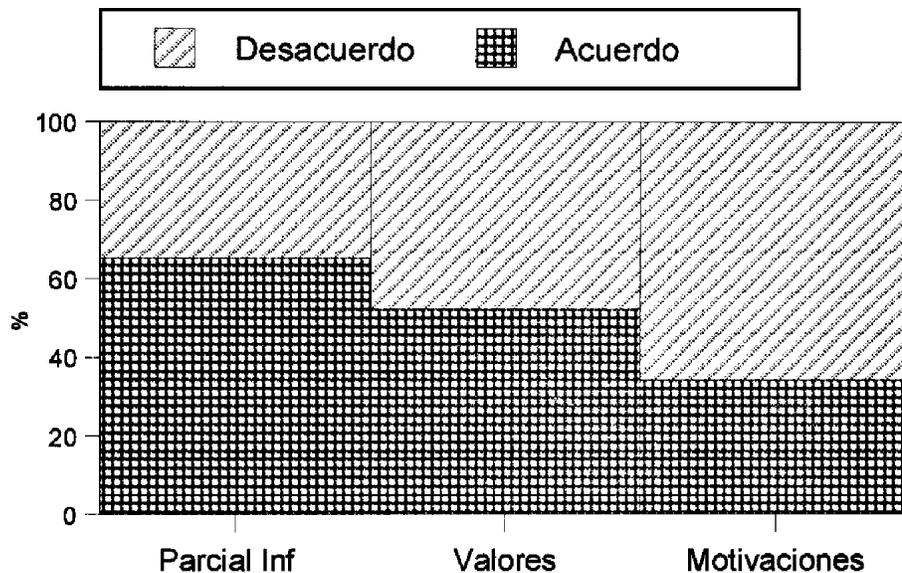
Las cuatro primeras alternativas propuestas defienden la tesis de la influencia, alegando diferentes razones, que van desde que todas las profesiones son influidas social-

mente (A) hasta la motivación que ejerce la sociedad sobre los científicos (D), pasando por los intercambios profesionales con los demás (B) o los simples beneficios psicológicos de la interacción social (C). La última (E) justifica la tesis de la no-influencia social basada en la objetividad del conocimiento científico (en esta perspectiva, la influencia social atentaría a esa presunta objetividad).

Los resultados sobre acuerdo/desacuerdo con las frases del pie indican que las actitudes de los estudiantes están muy divididas, casi exactamente por la mitad. La distribución total de las frecuencias sobre las distintas alternativas muestra que la opción E (los contactos sociales deterioran la objetividad del trabajo de investigación) es la mayoritaria (32%), seguida por la B (25%), que reconoce las aportaciones que puede obtener el trabajo científico de los contactos sociales.

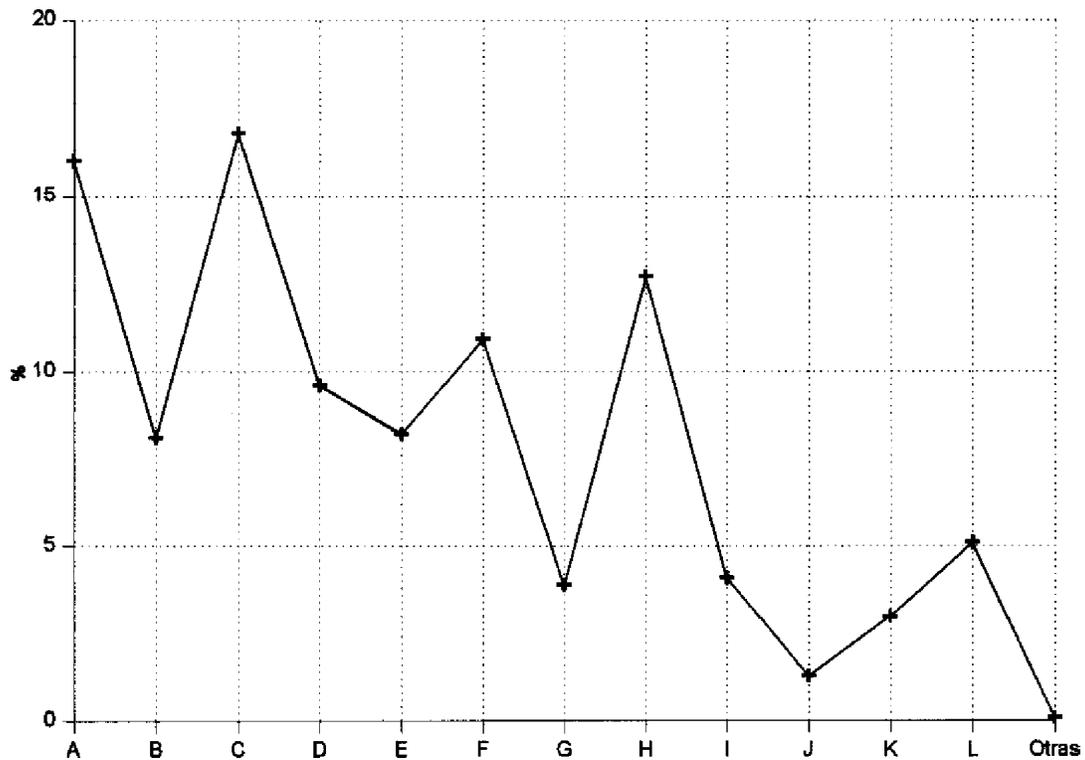
Las diferencias en la distribución de frecuencias sobre las distintas alternativas entre los grupos de acuerdo/desacuerdo acerca de las dos primeras frases del pie son muy significativas en los dos casos ($\chi^2 = 420$, $p < .0000$; $\chi^2 = 395$, $p < .0000$), con un patrón muy claramente definido para uno y otro grupo. El grupo de acuerdo con la tesis de la influencia, coherentemente, distribuye sus elecciones sobre las cuatro primeras alternativas (máximo para la B con 42%), mientras que el grupo en desacuerdo con la tesis anterior selecciona mayoritariamente la opción E (en torno a 60%) y, en menor medida, se apunta a los beneficios psicológicos de estos contactos (opción C, 22%).

Figura 4
Porcentaje acuerdo/desacuerdo.



LAS DISCREPANCIAS EN CIENCIA

Figura 5
Discrepancias en la ciencia.



En resumen, los estudiantes aparecen claramente divididos en dos mitades en su actitud respecto a la influencia social sobre el conocimiento científico y, además, el grado de significación de las diferencias en la selección de alternativas entre estos dos grupos son de las más altas. Así, se puede concluir que el asunto de la influencia social sobre los científicos divide y diferencia profundamente las dos tesis en contraposición y estas diferencias se manifiestan de manera coherente y consistente en los dos grupos de acuerdo y desacuerdo con la influencia social. A pesar de esta división, parece claro que una alta proporción de los estudiantes reconoce la influencia del contexto social sobre la ciencia y, por tanto, que su enseñanza en la clase, a diferencia de su aceptación epistemológica, no debería tener muchos inconvenientes.

Mientras la cuestión anterior se refiere al efecto del contexto social externo sobre el trabajo científico, en la última se aborda la influencia del contexto social interno (la comunidad científica) sobre la producción científica, en concreto, planteando las causas o razones de las discrepancias o controversias en el seno de la comunidad científica. La cuestión somete a la consideración de los

estudiantes tres posibles fuentes de discrepancias entre científicos: la información incompleta sobre los datos, el papel de los valores morales y las presiones sociales (motivación del científico). Al mismo tiempo ofrece una larga lista de alternativas que la convierten en una de las más complicadas por su extensión y formato, desde las iniciales (A, B, C, D, E, F), basadas en la importancia de hechos, datos y conocimientos, representando una perspectiva positivista, hasta las posiciones finales en que se contraponen con las otras dos fuentes expresadas en las frases del pie (valores morales y motivos personales o presiones sociales sobre los científicos).

Los acuerdos/desacuerdos de los estudiantes respecto a las tres frases del pie muestran una clara gradación. Los estudiantes están mayoritariamente de acuerdo (65%) en que las diferencias de información y datos son una fuente importante de las discrepancias entre los científicos. Los valores morales como fuente de discrepancia dividen aproximadamente por la mitad el acuerdo de los estudiantes sobre este punto. Las presiones sociales como fuente de discrepancias generan una mayoría de desacuerdo (67%) entre los estudiantes. Por tanto, la mayoría de los estudiantes considera los datos como

fuerza de la discrepancia, menos los valores morales y, minoritariamente, los motivos personales creados por la sociedad.

La distribución de las frecuencias totales sobre cada una de las alternativas está muy repartida, en parte también porque existen muchas alternativas. Las dos alternativas mayoritarias son A (no se han descubierto todos los datos) y C (no influyen las motivaciones personales), que tienen en torno al 16 %, seguidas por H (diferentes actitudes sobre el tema) y F (distintas interpretaciones de los datos). El resto de las alternativas tiene tasas inferiores al 10 %.

Las diferencias en las distribuciones de frecuencias entre las posiciones de acuerdo/desacuerdo con las frases iniciales son significativas para las tres frases, especialmente entre los grupos de acuerdo/desacuerdo con la tercera frase, relativa a los motivos personales ($\chi^2 = 67$, $p < .0000$; $\chi^2 = 87$, $p < .0000$; $\chi^2 = 114$, $p < .0000$). Quienes están de acuerdo con que la diferente información es fuente de discrepancias tienen una mayor tasa en las alternativas A y C respecto a los que no están de acuerdo. Quienes están de acuerdo con la segunda frase (valores morales como fuente de discrepancia) atribuyen menos que los que están en desacuerdo también en esas mismas dos alternativas (A y C), pero no establecen especiales diferencias en aquellas alternativas que se refieren a los valores. Los estudiantes que están de acuerdo con la influencia de los motivos personales atribuyen menos que quienes están en desacuerdo a las alternativas A y C (ya que niegan las presiones sociales), pero atribuyen más en la alternativa L (una referencia clara a motivaciones sociales).

En resumen, los estudiantes señalan mayoritariamente que la fuente principal de las discrepancias entre científicos es la información incompleta sobre un tema, que se traducen en alternativas que enfatizan no haber descubierto todos los datos (una concepción con resonancias positivistas), y también las motivaciones personales. Los valores morales de los científicos dividen a los estudiantes en dos mitades de actitud opuesta, pero que no se traduce en diferencias evidentes en las alternativas seleccionadas por uno u otro grupo de actitud diferente en este punto. Los resultados de esta cuestión producen la impresión de que los estudiantes no captan bien la esencia del problema de las discrepancias entre científicos, puesto que no se evidencian diferencias importantes, pero también el formato complejo del ítem podría interferir para hacer más homogéneas las respuestas obtenidas.

Como una referencia, puede ser también útil comparar nuestros resultados con los obtenidos por los autores en el estudio original (Aikenhead, 1987), en lo que se refiere a las frecuencias de selección de las alternativas, salvando siempre las diferencias culturales y muestrales entre ambos estudios. Las selecciones de los estudiantes canadienses están más orientadas hacia una posición ontológica/realista de los modelos (seleccionan más las opciones F y H, y menos la B y C), pero realzan más el carácter artificial de las clasificaciones (E) y menos los

errores y los cambios debidos a nuevos descubrimientos. Consideran la provisionalidad más como una característica intrínseca de la ciencia (A), y menos debida a diversas circunstancias como las mejoras tecnológicas o los posibles errores (C y D). Ven el método más como una garantía de resultados válidos (A) que como una fuente de originalidad y creatividad (C). Centran la influencia de la sociedad en los contactos profesionales (B), mientras nuestra muestra está distribuida homogéneamente entre las demás alternativas, y no existen diferencias apreciables en el tema de las discrepancias en ciencia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados expuestos, independientemente de la crítica pormenorizada que pueda merecer cada uno de ellos, reflejan las actitudes y creencias de los estudiantes hacia las características de la ciencia sometidas a escrutinio y, por otro lado, aportan una renovación metodológica en la evaluación de estas actitudes y creencias. A veces, la actitud sobre un tema general depende del objeto concreto que se tome como referencia (p.e., la actitud epistemológica/ontológica de los estudiantes varía según que se refiera a los modelos o a las clasificaciones científicas). Por ello, la evaluación de las actitudes aplicada combina la manifestación de acuerdo/desacuerdo con frases concretas, como es usual en los cuestionarios Likert para la medida de actitudes junto con la elección de una alternativa entre varias en un formato de opción múltiple. La respuesta de acuerdo/desacuerdo con un ítem se completa, matiza y amplía con la selección de las alternativas.

Ciertamente, se podrían hacer algunas matizaciones sobre el fraseado de algunas alternativas, como, por ejemplo, en la cuarta cuestión relativa al método científico, la distinción entre el método científico y «otros métodos» en la opción D, que implícitamente sugiere la existencia de «un» método científico, por un lado, y otros, cuando, epistemológicamente, la existencia de una entidad, única o unificada, definida como método científico, es cada vez menos defendida por los especialistas, sosteniendo, por el contrario, la idea de una pluralidad de vías hacia el conocimiento, validadas por la comunidad científica, entre las cuales se incluye la creatividad, la intuición o la simple iluminación propia del síndrome del «eureka» (Knorr-Cetina, 1981). Por otro lado, no es la obtención de resultados favorables lo que justifica la apertura y libertad del método científico, como parece inducir el texto de la opción E, sino la propia validez intrínseca de las mismas operaciones e instrumentos empleados. En todo caso, las frases empleadas parecen útiles para expresar la idea central que pretenden desarrollar ante el alumnado medio que debe contestar la cuestión, al margen del sentido que estos matices podrían tener para los especialistas muy iniciados. No obstante, la mejora de las cuestiones aplicadas es un objetivo planteado desde el inicio y cuyos resultados esperamos dar a conocer a corto plazo.

Comparando las actitudes de los estudiantes hacia la naturaleza epistemológica de los modelos y clasificaciones, resulta que los estudiantes se adhieren a una actitud epistemológica en una gran mayoría (60-70%), y que es más elevada para el caso de las clasificaciones que para los modelos; parece que los estudiantes están más familiarizados con el carácter inventado (epistemológico) de las clasificaciones que el de los modelos, resultado coincidente con lo informado por Ryan y Aikenhead (1992). Por otro lado, como ya se indicó, esta proporción es más alta que la que se deduce de las tasas de acuerdo/desacuerdo con las frases del pie (50%), lo cual evidencia, una vez más, las limitaciones de las escalas Likert (expresión de acuerdo/desacuerdo con una frase) para la medida única de las actitudes (Gardner, 1996), lo cual da apoyo a la mayor validez de una evaluación complementaria de actitudes y creencias, aplicando medidas de acuerdo junto con medidas de opciones múltiples de respuesta.

Comparando y sintetizando los resultados delineados en las tres cuestiones iniciales, parece configurarse lo que podríamos denominar una *concepción superficial* sobre la naturaleza epistemológica (mental o inventada) y cambiante/provisional del conocimiento científico. Aparentemente, una mayoría de estudiantes parece admitir que el conocimiento científico es algo mental/instrumental y cambiante y en evolución, pero a la luz de las respuestas elegidas estarían lejos de admitir que esa naturaleza constituye la esencia epistemológica del mismo. En consecuencia, por ejemplo, estarían lejos de comprender la causación de las revoluciones científicas, que implican no sólo errores, mejoras tecnológicas o acumulación de datos, sino auténticas reconstrucciones conceptuales, donde los paradigmas dominantes son arrumbados por nuevos paradigmas emergentes que los sustituyen. Lederman y O'Malley (1990) también obtuvieron resultados optimistas sobre la percepción de la provisionalidad en la ciencia, pero muy variables según el tipo de cuestión planteada, lo que unido a la pequeña muestra empleada cuestiona la representatividad del resultado; sobre la misma cuestión analizada aquí, los estudiantes canadienses creen más en el carácter cambiante de la ciencia que nuestra muestra (Aikenhead, 1987) y, en un estudio posterior, Ryan y Aikenhead (1992) encuentran, aproximadamente, un tercio de constructivistas, otro tercio, falsacionistas y el tercio restante, empiristas radicales que creen en la inmutabilidad de los datos. La relativa importancia de esta concepción superficial sugiere la necesidad de pensar que se está transmitiendo por los medios de exposición más usuales que actúan sobre los estudiantes. Sin duda, la enseñanza reglada de la ciencia en la escuela y los medios de comunicación podrían ser los vehículos de transmisión de esta concepción, ofreciendo una visión de cambio coherente en lo global, pero incompleta en los detalles que impide una asunción significativa del mismo. La enseñanza de la ciencia en la escuela ha estado (está) centrada en el estudio de los grandes conceptos y contenidos de la ciencia, de los que, a veces, algunos libros de texto ofrecen pinceladas de evolución histórica, tal vez más como adorno que con visos de insistir en ella como algo esencial (Solbes y Vilches, 1989). Por otro lado, las

noticias de los medios de comunicación se refieren a la ciencia, casi exclusivamente, desde una perspectiva del logro. La ciencia y lo científico aparecen en los medios, cuando ha sido conseguido algún logro espectacular o trascendental o se ha producido algún desastre igualmente de magnitudes planetarias. Este tipo de planteamientos sobre la ciencia trasmite una imagen que resalta el progreso y la mejora y, en consecuencia, el cambio, asociando ciencia, primordialmente, con novedades y cambios, positivos o negativos, y con la creciente utilización de sofisticados artefactos tecnológicos. Sin embargo, la insistencia en la existencia de los cambios mismos parece ser igualmente poderosa como máscara para ocultar que ésa es la esencia misma de la ciencia, y no sólo una consecuencia espectacular o de consumo, a la manera como avanza el agua del río porque la acumulada detrás viene empujando. Así, el ciudadano medio capta la idea de progreso y de cambio en la ciencia como algo obvio, porque los avances son espectaculares y en cortos períodos de tiempo, pero esta idea queda desarraigada de su esencia epistemológica (provisional), limitándose a un concepto acumulativo que resulta forzosa-mente superficial.

La mejora de esta concepción superficial sobre la naturaleza del conocimiento científico requiere fundamentarla epistemológicamente. Para ello, debería resaltarse la naturaleza intrínsecamente reconstruccionista del conocimiento científico, suministrando las referencias fundamentales, a través de una enseñanza centrada en resaltar el valor de la crítica y el escepticismo organizado, el papel de la comunidad científica en la validación de las teorías y el conocimiento científico, y, en suma, las complejas relaciones entre los científicos y entre éstos y la sociedad (tesis fundamental del movimiento ciencia-tecnología-sociedad, CTS). Con ello, además de suministrar información y conocimientos significativos, se conseguiría transformar una concepción superficial, sobre la naturaleza cambiante del conocimiento científico, en una concepción epistemológicamente fundada, sobre la naturaleza reconstruccionista y, por tanto, siempre provisional y limitada, pero no como un rasgo secundario, sino como esencia del mismo. Como resulta obvio, esta fundamentación requiere convertir la naturaleza de la ciencia en un contenido curricular de la educación científica.

En suma, las actitudes y creencias de los estudiantes obtenidas resultan complejas, diversificadas y, en algunos casos, contradictorias. Así, la naturaleza de las clasificaciones, la provisionalidad del método científico, la naturaleza del método y la sociología interna de la comunidad científica muestran una importante proporción de actitudes y creencias adecuadas, mientras que la naturaleza de los modelos y las relaciones de la ciencia con la sociedad ponen de manifiesto falta de información en los estudiantes.

La limitación de espacio no permite exponer las diferencias entre los grupos de la muestra –por ejemplo, por género o análisis longitudinales por edades–, aunque debe decirse, en base a resultados anteriores (Vázquez y Manassero, 1995a), que la variable «exposición a la

ciencia» (cantidad de formación científica recibida) es central a la hora de analizar las diferencias entre cualesquiera otras variables demográficas como el género o la edad, por lo que cualesquiera análisis de este tipo requiere emplear como covariante esta variable para excluir el efecto de la educación y la edad, que suelen ser concomitantes por razones de maduración. En un trabajo nuevo (Vázquez y Manassero, 1997), aplicando una versión mejorada de algunas de estas cuestiones, se puede adelantar que las diferencias según la edad, después de controlar como covariante el grado de exposición a la ciencia, sólo son significativas en el caso del grupo de alumnos que han recibido menos educación científica.

Este estudio tiene un sentido marcadamente educativo, por lo que es ineludible completar algunas referencias insinuadas ya en esta dirección. Desde la perspectiva educativa, en primer lugar este estudio reclama mayor atención a los temas de naturaleza de la ciencia en la educación científica de los estudiantes, cuya ausencia lleva a una deficiente comprensión de la misma. Los educadores de ciencias (y tecnología) deberían asumir la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (y de la tecnología) como una base ineludible de los planteamientos educativos generales de las materias científicas para conseguir una estimable alfabetización científica de la sociedad (Bingle y Gaskell, 1994; Marathé, 1994; UNESCO, 1994).

La necesidad de una educación científica que asuma este objetivo nos lleva a establecer el sentido didáctico que puede tener un estudio como éste. Desde una perspectiva constructivista, el aprendizaje es una construcción del conocimiento sobre la base de las ideas previas que poseen los alumnos, de modo que estas ideas previas son tanto o más importantes que los contenidos mismos de los nuevos aprendizajes. Desde esta perspectiva, estudiar y analizar las actitudes y opiniones de los estudiantes sobre los temas expuestos es un medio para conocer sus ideas previas, lo cual debe ser un paso previo ineludible (evaluación inicial o diagnóstica de ideas previas) del comienzo de cualquier aprendizaje científico. Este estudio ofrece a los educadores de ciencias y tecnología una aproximación a las ideas de los estudiantes sobre estos temas y un conjunto de instrumentos (las cuestiones) para poder realizar la evaluación de las mismas en el aula, que, como ya se ha dicho, es un estadio inicial necesario para comenzar un aprendizaje constructivista y significativo de la ciencia.

Finalmente, las consecuencias didácticas deben ser más trascendentales para la práctica educativa desde la perspectiva curricular y de formación del profesorado. Los temas sobre la naturaleza de la ciencia tienen una tradición en el área de investigación en didáctica de las ciencias y desde hace unos años se ha incorporado en los currículos escolares de muchos países. En nuestro país, existen orientaciones y objetivos curriculares que reflejan esta preocupación, pero el desarrollo de contenidos cognitivos, procedimentales y actitudinales de la educación secundaria obligatoria no los plasman suficientemente; en el caso del bachillerato, en todas las materias de ciencias aparece un primer capítulo, de idéntica redacción para todas, que recoge, a modo de cajón de sastre, estos temas, lo cual es sólo un pequeño paso. El principal problema es la falta de un planteamiento coherente del tema de la naturaleza de la ciencia desde el nivel primario hasta el superior y, complementado, adecuadamente, con la formación del profesorado. No sirven de nada planteamientos curriculares avanzados y coherentes si el profesorado no está formado para ello. No obstante, la formación del profesorado en relación con el tema de la naturaleza de la ciencia no se reduce a una simple información del profesorado sobre estos temas, que es necesaria, sino que es más profundo, puesto que afecta a la consistencia que debe tener la actividad real en la clase y a las ideas adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia; es necesario un modelo de ciencia para dar clase coherentemente (Izquierdo, 1996). Las investigaciones anteriores sobre esta consistencia son pesimistas: no se encuentran relaciones entre las concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y sus métodos de enseñanza en clase (Lederman, 1992; Lederman y Zeidler, 1987; Mellado, 1998). En suma, el tema de la naturaleza de la ciencia plantea retos inmediatos tanto al currículo de ciencias como en la formación del profesorado y debe ser un asunto de permanente atención en la investigación didáctica para contribuir a la mejora de la enseñanza de ciencia.

NOTA

* Estudio financiado por el Centro de Investigación, Documentación y Evaluación (CIDE) del MEC a través de las Ayudas a la Investigación Educativa de 1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J.A. (1993). ¿Qué piensan los estudiantes sobre la ciencia? Un enfoque CTS. *Enseñanza de las Ciencias. IV Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias y las matemáticas*, vol. extra, pp. 11-12.
- AIKENHEAD, G.S. (1973). The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57(4), pp. 539-549.
- AIKENHEAD, G. S. (1979). Science: A way of knowing. *The Science Teacher*, 46, pp. 23-25.
- AIKENHEAD, G.S. (1987). High School Graduates' Beliefs About Science-Technology-Society. III. Characteristics and Limitations of Scientific Knowledge. *Science Education*, 71(4), pp. 459-487.
- AIKENHEAD, G.S., FLEMING, R.G. y RYAN, A.G. (1987). High School Graduates' Beliefs About Science-Technology-Society. I. Methods and Issues in Monitoring Students Views. *Science Education*, 71(2), pp. 145-161.
- SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (eds.) (1994). *STS education: International perspectives on reform*. Nueva York: Teachers College Press.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- BARNES, B. (1986). *T. S. Kuhn y las ciencias sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- BINGLE, W.H. y GASKELL, P.J. (1994). Science Literacy for Decision Making and the Social Construction of Scientific Knowledge. *Science Education*, 78, pp. 185-201.
- BUNGE, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- CARRASCOSA, J., FERNÁNDEZ, I., GIL, D. y OROZCO, A. (1993). Análisis de algunas visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y las características del trabajo científico. *Enseñanza de las Ciencias. IV Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias y las matemáticas*, vol. extra, pp. 43-44.
- CATALÁN, A. y CATANY, M. (1986). Contra el mito de la neutralidad en la ciencia: el papel de la historia. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, pp. 163-166.
- COOLEY, W.W. y KLOPFER, L. (1961). *Test of understanding science: form W*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- EAGLY, A.H. y CHAIKEN, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- FEYERABEND, P.K. (1982). *Contra el método*. Madrid: Tecnos.
- FOUREZ, G. (1994). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- GARDNER, P.L. (1993). The dimensionality of attitude scales: a widely misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18, pp. 913-919.
- GUASCH, E., DE MANUEL, J., y GRAU, R. (1993). La imagen de la ciencia en alumnos y profesores. La influencia de los medios de comunicación. *Enseñanza de las Ciencias. IV Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias y las matemáticas*, vol. extra, pp. 77-78.
- HOLTON, G. (1978). *The scientific imagination: Case studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IZQUIERDO, M. (1996). Relaciones entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8, pp. 7-21.
- KNORR-CETINA, K. (1981). *The manufacture of knowledge*. Oxford: Pergamon Press.
- KORTH, W.W. (1969). *Test every senior project: Understanding the social aspects of science*. Cleveland: Educational Research Council of America.
- KUHN, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. Trad. cast. (1978). México: Fondo de Cultura Económica.
- LATOUR, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.
- LAKATOS, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- 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, pp. 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), pp. 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), pp. 721-734.
- MARATHÉ, E.V. (1994). *Science, Technology and Society*. St. Catharines: Author.
- MACKAY, L.D. (1971). Development of understanding about the nature of science. *Journal of research in Science Teaching*, 8(1), pp. 57-66.
- MELLADO, V. (1993). Preservice teachers' classroom practices and their conceptions of the nature of science, en Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (eds.). *International Handbook of Science Education*, pp. 1093-1110. Londres: Kluwer Academic Publishers.
- MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1998). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 331-340.
- MERTON, R.K. (1977). *La sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza Universidad.
- POPPER, K.R. (1977). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- RUBBA, P.A. (1976). *Nature of scientific knowledge scale*. Bloomington, IN: School of Education Indiana University.
- RUBBA, P.A. y ANDERSEN, H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, 62(4), pp. 449-458.
- RUBBA, P., HORNER, J. y SMITH, J.M. (1981). Study of two misconceptions about the nature of science among junior high school students. *School Science and Mathematics*, 81, pp. 221-226.

- RYAN, A.G. y AIKENHEAD, G.S. (1992). Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, 76(6), pp. 559-580.
- SHOWALTER, V. (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy (part 5). *Prisim II*, 2 (3 y 4).
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones ciencia-técnica-sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 14-20.
- STENGERS, I. (1987). *D'une science à l'autre, des concepts nomades*. París: Seuil.
- 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*. París: UNESCO.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1995a). *Actitudes hacia la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad en alumnos de todos los niveles educativos. Memoria final de investigación*. Madrid: MEC-CIDE.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1995b). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, pp. 337-346.
- 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.
- WELCH, W.W. (1981). *Inquiry in school science*, en Harms, N.C. y Yager, R.E. (eds.). *What research says to the science teacher*. Vol. 3. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- WOOLGAR, S. (1991). *Ciencia: abriendo la caja negra*. Madrid: Anthropos.

[Artículo recibido en febrero de 1997 y aceptado en febrero de 1999.]

APÉNDICE: TEXTO DE LAS CUESTIONES

1.1. Muchos modelos científicos (p.e., el modelo del átomo o del ADN) son metáforas o relatos útiles; no deberíamos creer que estos modelos son copias exactas de la realidad.

1.2. Muchos modelos científicos (p.e., el modelo del átomo o del ADN) son copias exactas de la realidad.

- A. Dentro de sus limitaciones, los modelos son útiles para aprender y explicar.
- B. Los modelos cambian con el tiempo y con el estado de nuestro conocimiento, como lo hacen las teorías.
- C. Los modelos pueden representar algunas propiedades de la realidad que los científicos observan.
- D. Los modelos nos ayudan a comprender mediante la copia de una parte de la realidad.
- E. La exactitud de un modelo no puede darse por supuesta.
- F. Los modelos son verdaderos para siempre; ése es su objetivo.
- G. Muchos modelos son copias exactas de la realidad porque cantidad de evidencia científica los prueba como verdaderos.
- H. Las autoridades dicen que son verdaderos; luego, deben ser verdaderos.

Cuando los científicos clasifican alguna cosa (p.e., un vegetal según su especie, un elemento según la tabla periódica o la energía según su fuente), los científicos están clasificando la naturaleza según:

2.1. La forma como la naturaleza es realmente; cualquier otra forma sería simplemente errónea.

2.2. Una clasificación que fue originalmente creada por otros científicos; por tanto, podría haber muchas formas más correctas de clasificar la naturaleza.

- A. Ya que la ciencia va unida al cambio, los nuevos descubrimientos pueden conducir a diferentes esquemas de clasificación.
- B. La ciencia no es nunca exacta por lo que podría haber errores o ambigüedades en las clasificaciones actuales.
- C. La naturaleza es tan diversa que necesita más de una clasificación.
- D. Nadie puede conocer la forma como es realmente la naturaleza; uno debe inferir.
- E. Podría haber otras formas, ya que las clasificaciones están hechas por el hombre.
- F. Hay muchas formas de clasificar, pero el acuerdo sobre un sistema permite a los científicos evitar la confusión en su trabajo.
- G. Los científicos se concentran en las características reconocibles cuando clasifican, de modo que cualquier otra forma sería equivocada.
- H. La clasificación equipara la forma en que la naturaleza es realmente.
- I. Si muchos años de trabajo llevan a los científicos a una clasificación que han comprobado, entonces la clasificación debe ser correcta.

3.1. Cuando las investigaciones científicas se hacen correctamente, los científicos descubren conocimiento que *no* cambiará en los años futuros.

3.2. Aun cuando las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren puede cambiar en el futuro.

- A. El conocimiento científico ha cambiado siempre con el tiempo.
- B. El conocimiento científico cambia cuando nuevos científicos desaprueban las teorías de viejos científicos.
- C. Las mejoras tecnológicas en los aparatos científicos conducirán a cambios en el conocimiento y las teorías.
- D. Lo que parece ser una investigación correcta puede resultar más tarde que contiene errores.
- E. Los experimentos correctamente hechos deben producir datos absolutos, pero las interpretaciones y aplicaciones están sujetas a cambios.
- F. Los conocimientos nuevos se añaden a los conocimientos anteriores, pero los conocimientos anteriores no cambian.

4.1. Los mejores científicos son aquéllos que siguen las etapas del método científico.

4.2. Los mejores científicos *no* se encierran en sí mismos siguiendo las etapas del método científico, sino que usan cualquier enfoque que pueda serles útil.

- A. El método científico asegura resultados válidos y precisos.
- B. Basado en lo que se aprende en la escuela, el método científico debería funcionar en el laboratorio.
- C. Son la originalidad y la creatividad, además del método científico, los que hacen los mejores científicos.
- D. El método científico no asegura resultados; por tanto, los mejores científicos deben usar también otros métodos.
- E. El progreso de la ciencia con frecuencia ocurre cuando los científicos son libres para emplear cualquier método que pueda obtener resultados favorables.

5.1. Un científico puede jugar al tenis, ir a fiestas o a conferencias con otros científicos o no-científicos. Puesto que estos contactos sociales pueden influir sobre el trabajo del científico, los contactos sociales pueden influir en el contenido del conocimiento científico que descubre.

5.2. Aunque un científico puede jugar al tenis, ir a fiestas o a conferencias con otros científicos o no-científicos, estos contactos sociales *no* influyen sobre el trabajo del científico y, por tanto, estos contactos sociales *no* tienen efecto sobre el contenido del conocimiento científico que descubre.

- A. Los contactos sociales siempre influyen en el trabajo de una persona, independientemente de su ocupación.
- B. Los contactos sociales influyen en el contenido de lo que se descubre porque un científico puede ser ayudado, incorporando las ideas, experiencias o entusiasmo de aquellos con quienes se relaciona.
- C. Los contactos sociales pueden servir como una pausa refrescante y relajante del trabajo, revitalizando al científico y, por tanto, influyendo sobre el contenido de lo que se descubre.
- D. Los contactos sociales influyen el contenido de lo que se descubre porque un científico puede ser animado a aplicar o cambiar su investigación hacia una nueva área, relevante para las necesidades humanas de la sociedad.
- E. Los contactos sociales no influyen el contenido de lo que se descubre porque el trabajo del científico es objetivo y no está relacionado con los estímulos sociales.

Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (p.e., si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), discrepan principalmente:

- 6.1. Porque una parte no tiene siempre toda la información.
- 6.2. Porque tienen valores morales diferentes.
- 6.3. Porque tienen motivaciones personales diferentes (p.e., complacer a sus jefes o querer una beca de investigación del gobierno).
 - A. Puesto que los datos científicos conducen a una conclusión correcta, los desacuerdos pueden ocurrir cuando no se han descubierto todos los datos.
 - B. Los sentimientos personales y los valores morales no influyen en las decisiones de los científicos, pero sí lo hacen los datos científicos y las teorías.
 - C. Los científicos no se dejan influir normalmente por motivos personales; sus opiniones están basadas en hechos observables y el conocimiento científico.
 - D. Ya que las decisiones están basadas en la consciencia del científico sobre los datos, los desacuerdos pueden ocurrir cuando diferentes científicos son conscientes de datos distintos.
 - E. Los desacuerdos suceden en parte por los diferentes valores morales, pero principalmente porque los datos científicos son diferentes o incompletos.
 - F. Los desacuerdos ocurren porque los científicos interpretan de modo distinto los datos o la significación de esos datos.
 - G. Las opiniones de muchos científicos confían tanto en sus valores morales como en los datos científicos disponibles.
 - H. Los desacuerdos ocurren por las diferentes opiniones, puntos de vista o teorías sobre el tema.
 - I. Los desacuerdos ocurren por los valores morales, preferencias o ideas políticas de los individuos.
 - J. Los desacuerdos ocurren por los diferentes valores causados por diferente educación.
 - K. Los desacuerdos ocurren sobre los riesgos perjudiciales o beneficios valiosos.
 - L. Los científicos son propensos a las influencias exteriores de las empresas, los negocios y el gobierno, y esto explica los desacuerdos.