

Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas

J. Salinas de Sandoval, L. Colombo de Cudmani, M. Jaen de Madozzo
Instituto de Física, FCEYT, Universidad Nacional de Tucumán

Trabalho recebido em 6 de setembro de 1993

I. Introdução

En el campo de la Investigación Educativa en Ciencias Fácticas puede citarse numerosos trabajos que, desde hace más de 20 años, insisten sobre la necesidad de que los profesores reciban una adecuada formación epistemológica (Salinas Y Cudmani 1993).

Se ha señalado que muchos de los decepcionantes resultados obtenidos con algunas propuestas innovadoras en enseñanza en esta área, podrían atribuirse a una incorrecta comprensión, por parte de los docentes, de la naturaleza del trabajo científico, y a inadecuadas estrategias educativas derivadas de esas visiones (Gil 1986).

Sin embargo, a pesar de la abundancia de literatura relacionada con las implicaciones de aspectos epistemológicos e históricos sobre la enseñanza de las ciencias fácticas, la transferencia al sistema educativo no es sencilla de lograr, y amplios sectores de profesores parecen haber elaborado una comprensión muy pobre de aspectos básicos de las disciplinas.

No nos estamos refiriendo al dominio de las formalizaciones asociadas al conocimiento científico, sino al conocimiento de las características específicas del modo de conocer la realidad subyacente a las teorías científicas que se enseñan.

A lo largo de la historia de la que somos herederos culturalmente, la humanidad ha desarrollado (y continúa haciéndolo, por supuesto) diferentes tipos de saberes sobre el mundo natural, en respuesta a diferentes motivaciones, metas, valores prevalecientes, conocimientos previos, criterios de verdad, etc. El conocimiento que los profesores de ciencias fácticas pretendemos enseñar a los estudiantes, tiene características especiales, vinculadas a los objetivos perseguidos y a las creen-

cias y criterios ontológicos, axiológicos, metodológicos, empleados en su construcción y en su validación.

Una teoría física, por ejemplo, como todo saber, es un cuerpo de conocimientos resultante de un modo de conocer. Las teorizaciones son inescindibles de los procedimientos y valoraciones que legitiman las preguntas que se formulan, las respuestas que se elaboran, los criterios con los que se decide qué conocimientos aceptar como válidos.

Es bien conocido que, dentro del marco de las explicaciones físicas, y para un dado campo de fenómenos naturales, la Física ofrece diversas teorías de validez simultánea, aunque de diferente precisión, profundidad y/o casos concretos abarcados en su ámbito (Bunge 1985). La resolución de una situación problemática física requiere de una toma de decisión sobre las características del marco teórico a usar, en función de los requerimientos impuestos a la respuesta que se busca.

Lo que no parece estar igualmente claro, es que las fundamentaciones ontológicas, axiológicas y metodológicas de esas teorías no son necesariamente las mismas. Los valores cognitivos, las concepciones sobre la naturaleza del mundo material, los modos de construir y los criterios de verdad para contrastar el conocimiento, son sin embargo factores decisivos para atribuir significados a los formalismos y para comprender correctamente las concepciones físicas involucradas.

Se ha señalado con insistencia (Hodson 1985, Linn 1987, Hewson y Hewson 1988, Gil 1990, Reif y Larkin 1991, Matthews 1992) que este conocimiento profundo de la materia es esencial para una enseñanza eficaz. Hay considerable evidencia de que entre los factores más importantes que determinan las actitudes hacia la Física y

hacia su aprendizaje por parte de los estudiantes, está la imagen que el profesor posee y transmite (aún sin proponérselo) sobre la naturaleza de la disciplina. "Y si, como pareciera ser el caso, muchos profesores lo valoran los objetivos de contenido y dejan librado al azar las actitudes y visiones sobre la naturaleza de la ciencia, entonces son las epistemologías implícitas del currículum y del profesor, las que transmiten el mensaje de lo que la ciencia es" (Hodson 1988).

La naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico ha venido siendo reevaluada activamente por la Epistemología de la Ciencia en los últimos 30 años, y la Investigación Educativa en Ciencias ha venido incorporando cada vez en mayor medida esos aportes en la construcción de su cuerpo específico de conocimientos. Sin embargo, los planes de estudio para futuros profesores de Física parecen haber permanecido en general al margen de tan importantes acontecimientos (Hodson 1986), aunque en algunos casos, como en nuestra Universidad, se haya logrado incorporar materias de Epistemología y de Historia de la Física. Aún en este caso, dicha incorporación resulta totalmente insuficiente si el resto del currículum hace caso omiso de estas consideraciones.

Las profundas críticas y reconstrucciones que los epistemólogos de la ciencia han realizado sobre las posturas tradicionales del positivismo, por ejemplo, no parecen haber modificado en general ni el contenido, ni la orientación, de las currícula en las instituciones formadoras de profesores de Física. El positivismo lógico parece seguir siendo una de las orientaciones epistemológicas más frecuentes entre los profesores (Burbules y Linn 1991). Tampoco se observa la influencia de aspectos sobre los que existe claro consenso en la actual Epistemología de la Ciencia (Gil 1983, Cleminson 1990, Cohen 1992).

Los planes de estudio en las instituciones formadoras de profesores de ciencia fácticas, sólo excepcionalmente incluyen actividades de reflexión epistemológica explícita (Gruender y Tobin 1991). De este modo, no hay ocasión para reconocer que "la epistemología no está por encima ni por debajo de la ciencia: está a la vez en la raíz, en los frutos y en el propio tronco del árbol de la ciencia. Es necesario distinguir los problemas meta-científicos de los científicos, pero no hay por qué inventar un abismo que los separe" (Bunge 1980).

Pero esta ausencia no implica que los profesores de Física no tengan concepciones epistemológicas sobre la disciplina que enseñan. Por el contrario, la estructuración e implementación de las actividades educativas se apoyan en concepciones muy arraigadas que pocas veces se explicitan, elaboradas informalmente como resultado de las experiencias e interacciones en las que han participado como estudiantes, y en las que participan como docentes (Gil 1990). Están relacionadas con la forma en que aprendieron, a su vez, la disciplina, y con las epistemologías subyacentes, por ejemplo, en los libros de texto que utilizan como guía para la labor docente. El carácter habitualmente inconsciente de esta formación paralela a la institucional, hace que estas pre-concepciones se consideren como "naturales", y no se cuestionen ni expliciten. Es así cómo en la práctica docente se continúa poniendo de manifiesto visiones muy deformadas de aspectos básicos relacionados con la índole de la labor y del conocimiento científicos.

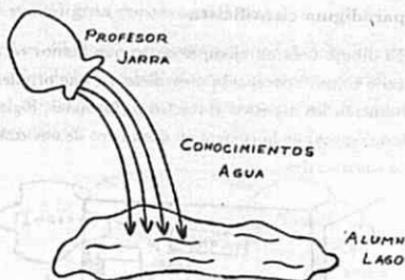
A partir de experiencias realizadas con profesores de ciencias fácticas (ver Apéndice 1), agruparemos las concepciones epistemológicas que se presentan más frecuentemente en cuatro grandes grupos. En cada caso, ilustraremos con representaciones gráficas confeccionadas por profesores de ciencia en ejercicio a los que se pidió, sin preparación previa, que esbozaran en un gráfico cómo visualizaban al aprendizaje institucional de las ciencias.

El Paradigma dogmatico-escolastico

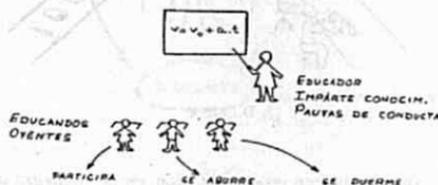
Los dibujos 1, 2 y 3 son exponentes, en distinto grado, de uno de los modelos más generalizados entre los profesores de ciencias: el de transmisión-recepción de conocimiento elaborados. El profesor (eventualmente, el libro) es quien posee el conocimiento, que traspassa a un estudiante que actúa como receptor pasivo.

El dibujo 1 es el exponente más claro. Todo está en la jarra (concepción estática y cerrada de la disciplina). El alumno (lago cerrado, receptor pasivo) simplemente absorbe.

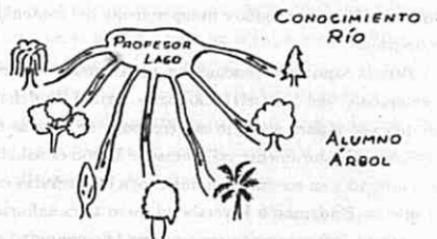
En los dibujos 2 y 3 ya aparecen algunos elementos más dinámicos. En el No. 2 se plantean tres posibles reacciones de los estudiantes.



Dibujo 1



Dibujo 2



Dibujo 3

En el dibujo 3 hay una doble flecha que indica interacción (aunque sólo de los alumnos con el profesor, nunca de los alumnos entre sí); los árboles, vivos, hacen pensar en algún tipo de crecimiento (aprendizaje real).

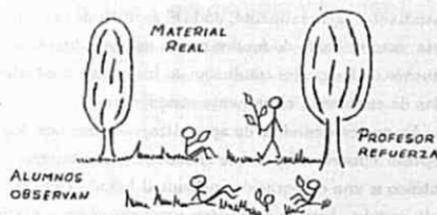
Pero en los tres casos se trata de claros exponentes de un modelo de aprendizaje basado en un paradigma epistemológico dogmático- escolástico.

Este paradigma, basado en la autoridad como criterio fundamental de verdad, impone sus características al proceso de enseñanza y aprendizaje, y a las estructuras sustanciales de la disciplina que se aborda. Se

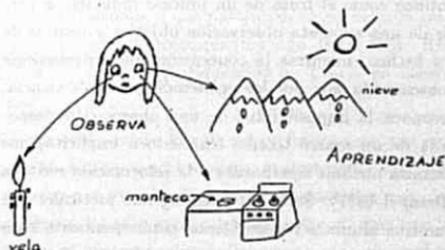
presentan asilos conocimientos como contenidos acabados y cerrados en sí mismos, evitando mencionar contradicciones internas de la teoría ni límites de validez de las mismas. Allitienen un origen las generalizaciones acriticas de nuestros estudiantes. Si ocasionalmente se recurre a la práctica de laboratorio, se lo hace sólo para ejemplificar la teoría. Los ejemplos reales están prácticamente ausentes, y los problemas de lápiz y papel son complicaciones matemáticas de las mismas situaciones estereotipadas de los modelos abstractos presentados en clase. Profundizamos en este problema en otra ponencia presentada en estas Jornadas ("La relación entre modelo y realidad en la enseñanza de la Física", Cudmani L.C. de, Salinas J., Jaén M.).

El paradigma inductivo-empirista

Los dibujos 4 y 5 dan cabida al mundo de los fenómenos, a la experiencia, pero en una concepción empírico-inductivista.



Dibujo 4



Dibujo 5

En éste caso el criterio de verdad resulta ser la evidencia sensorial o incluso el sentido común.

La inducción, más que como metodología científica, es reconocida como una fuente heurística para las teorizaciones científicas. También el empirismo. Pero hacer de ellos un paradigma y creer que la ciencia se asienta fundamentalmente en esas bases, constituye un error muy difundido entre los docentes de ciencias fácticas, aún cuando ha sido muy cuestionado por los epistemólogos y por los investigadores en enseñanza de ciencias.

La década del 60 registró "el boom" de las propuestas educativas centradas en el aprendizaje de las ciencias por descubrimiento autónomo. Se concebía al alumno como un individuo intuitivamente "científico" (Pope y Gilbert 1985), y se esgrimían resultados de la escuela piagetiana (Piaget 1969) como fundamentación. Pero, como reportaron numerosos investigadores, "las conclusiones que sacan los estudiantes no son las que se pretende" (Driver 1988). Para evitar estas desviaciones, los profesores debían limitar la autonomía de los estudiantes; generalmente, dado el espíritu de la propuesta, ésto se hacía de modos más o menos subrepticios, muchos de los cuales conducían en los hechos a estrategias de enseñanza claramente conductistas.

Es que este modelo de aprendizaje supone una concepción epistemológica que reduce el conocimiento científico a una elaboración individual basada en el sentido común. Pero la Física fue consolidándose a partir de estructuras conceptuales y sintácticas que demostraron su fertilidad para producir conocimiento, y como resultado de un esfuerzo y un consenso colectivos que no pueden ser ignorados.

En esta orientación se concibe al conocimiento científico como el fruto de un proceso inductivo a partir de una supuesta observación objetiva y neutral de los hechos, mientras la concepción mayoritariamente consensuada hoy por los epistemólogos de la ciencia, reconoce la imposibilidad de una observación despojada de un marco teórico (explícito o implícito) que permita atribuir significados a la información recibida (Hempel 1987). Sería entonces ingenuo pretender que nuestros alumnos redescubrieran autónomamente leyes físicas que, aún en los casos hoy considerados como elementales (caída de los graves, por ejemplo), significaron tanto esfuerzo para la humanidad.

El paradigma científicista

El dibujo 6 es un ejemplo de lo que hemos caracterizado como "concepción científicista", que privilegia fuertemente los aspectos sintácticos (formales, lógicos, metodológicos) de la ciencia en desmedro de sus contenidos sustanciales.



Dibujo 6

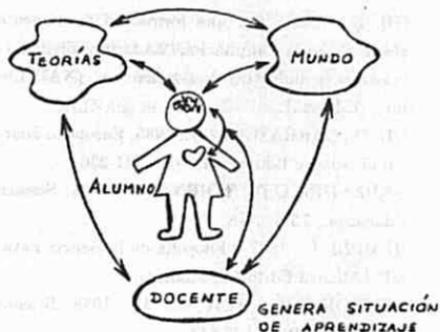
De acuerdo con esta orientación, en la enseñanza se privilegian "los métodos de la ciencia", pues se supone que el conocimiento científico resultará de la aplicación de un Método (conjunto de etapas o de reglas de procedimiento) bastante rígido e independiente del contenido conceptual.

Pero la aspiración (baconiana, cartesiana, o más recientemente, del reconstruccionismo lógico) de definir de una vez y para siempre ese conjunto de "reglas de oro", ha sido duramente cuestionada. Como es sabido, se ha llegado, en ese cuestionamiento, a las posturas extremas de Bridgman o Feyerabend, pero tales enfoques no parecen haber logrado consenso en la comunidad de investigadores en enseñanza de la Física, ni mucho menos en las epistemologías intuitivas de los profesores.

Por el contrario, está bastante difundida entre los profesores de ciencias fácticas la imagen de los científicos como obedientes soldados que cumplen una tarea muy poco creativa o apasionante (de simple acatamiento a normas procedimentales estrictas), aunque ésta no se corresponda en absoluto con un modo científico de trabajar (Millar y Driver 1987).

El paradigma constructivista

Los dibujos 7 y 8 muestran modelos mucho más ricos, donde la realidad, la teoría, el docente, los alumnos y el medio, se ponen en interacción para favorecer el aprendizaje.



Dibujo 7

La adquisición del conocimiento científico se interpreta como un proceso en el que los sujetos y los objetos de conocimiento interactúan dinámicamente. Se considera que el sujeto participa activamente en relaciones con el mundo físico y con otros sujetos, y elabora así una construcción conceptual de la realidad. Se rechaza la idea de que el punto de partida es la ciencia está dada por una observación neutral de hechos que se imponen al intelecto por su fuerza objetiva.

un paralelismo entre los procesos de aprendizaje de ciencias y de construcción histórico-social de las teorías científicas (Piaget 1972 y 1975), se traducen para el campo educativo las tesis de las revoluciones científicas de Kuhn (1971), de evolución de los conceptos de Toulmin (1977), de falsacionismo metodológico y metodología de programas de investigación científica de Lakatos (1983).

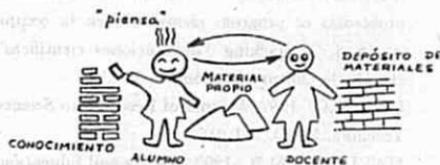
Este modelo educativo, de muy fuerte inspiración epistemológica, ha sido enriquecido más recientemente con aportes provenientes fundamentalmente de las epistemologías de Bachelard (1972) y Laudan (1985). Se señala que el propósito de la empresa científica no es cuestionar ideas, sino resolver situaciones problemáticas en el marco de una ecología cognitiva que sólo es reformulada en especialísimos casos.

Así, una educación en ciencias centrada en el cuestionamiento de las ideas (y no en la resolución de situaciones problemáticas interesantes y accesibles), no estaría acorde con el modo científico de construir el conocimiento (Gil y Carrascosa 1985; Villani 1992).

El aprendizaje del conocimiento científico se concibe en forma unificada con la familiarización y el compromiso con los objetivos, valores, métodos, etc., del trabajo científico. Algunos autores han caracterizado a esta estrategia educativa como "de cambio conceptual, metodológico y actitudinal", como una manera de hacer explícita la necesidad de prestar atención a componentes no conceptuales de la ecología cognitiva de los estudiantes.

Concepciones de este tipo aparecen en profesores que realizan investigación educativa en ciencias, o que tienen conocimiento de resultados reportados en diversas publicaciones, o que participan en encuentros entre investigadores y profesores (del tipo de las REF- Reuniones Nacionales de Educación en Física- en nuestro país).

En este modelo, la guía del profesor es esencial para que las hipótesis, metodologías, valoraciones, etc., propuestas por los estudiantes, y los resultados que ellos obtienen, no sólo sean cotejados entre sí, sino con las hipótesis, metodologías, valoraciones, etc., construidos por la comunidad científica que ha abordado antes el problema.



Dibujo 8

Desde comienzos de la década del 80, en particular, se ha venido desarrollando con particular vigor, en investigación educativa en ciencias, una perspectiva de enseñanza y aprendizaje que adopta una visión del aprendizaje como cambio conceptual (Posner et al. 1982). A partir de la hipótesis de que hay

Es clara la necesidad de una profunda comprensión por parte del docente, no sólo de los contenidos temáticos de la disciplina científica que enseña, sino también de los aspectos ontológicos, metodológicos, axiológicos subyacentes. Los resultados obtenidos en Investigación Educativa en Ciencias muestran con claridad la conveniencia, por no hablar de necesidad, de incorporar a la Epistemología de la Ciencia en los planes de formación de profesores de ciencias fácticas.

El hecho de volver sobre una reflexión profunda acerca de los fundamentos, características, alcances y limitaciones de la labor y del conocimiento científicos, puede brindar valiosos elementos de juicio para encarar la práctica docente con mayores índices de motivación, creatividad, efectividad, y acuerdo con la naturaleza de la ciencia.

Apendice 1

Los datos a que se hace referencia fueron recogidos en distintas actividades de formación y perfeccionamiento docente, tales como:

* curso de post-grado "La génesis de problemas y la transferencia de resultados en Investigación Educativa en Física" (UNT, 1991);

* taller para profesores de Física de niveles medio y terciario "Problemas de aprendizaje en óptica geométrica" (Tucumán, 1991);

* idem al anterior, pero en Santiago del Estero (1991).

Referencias bibliográficas

- BACHELARD G., 1972, *La formación del espíritu científico* (Ed. Siglo XXI, Buenos Aires).
- BUNGE M., 1980, *La ciencia, su método y su filosofía* (Ed. Siglo XX, Buenos Aires).
- BUNGE M., 1985, *La investigación científica* (Ed. Ariel, Barcelona).
- BURBULES N.C., LINN M.C., 1991, *International Journal of Science Education*, 13(3), 227-241.
- CLEMINSON A., 1990, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429-445.
- COHEN A., 1992, *Proceedings of the Second International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching* (mayo 1992, Toronto, Canadá), Vol 1., 187-200.
- DRIVER R., 1988, *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- GIL D., 1983, *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- GIL D., 1986, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- GIL D., 1990, "Por una formación permanente efectiva", en la compilación "La formación de formadores en didáctica de las ciencias" (NAU Llibres, Valencia).
- GIL D., CARRASCOSA J., 1985, *European Journal of Science Education*, 7(3), 231-236.
- GRUENDER C.D., TOBIN K.G., 1991, *Science Education*, 75(1), 1-8.
- HEMPEL C., 1987, "Filosofía de la ciencia natural" (Alianza Editorial, Madrid).
- HEWSON P.W., HEWSON M., 1988, *Science Education*, 72(5), 597-614.
- HODSON D., 1985, *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HODSON D., 1986, *Journal of Philosophy of Education*, 20(2).
- HODSON D., 1988, *Science Education*, 72(1), 19-40.
- KUHN T.S., 1971, "La estructura de las revoluciones científicas" (Fondo de Cultura Económica, México).
- LAKATOS I., 1983, *La metodología de los programas de investigación científica* (Alianza Editorial, Madrid).
- LAUDAN L., 1985, "Un enfoque de solución de problemas al progreso científico", en la compilación de I. Hacking "Revoluciones científicas" (Fondo de Cultura Económica, México).
- LINN M.C., 1987, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- MATTHEWS M.R., 1992, *Science and Education*, 1, 11-67.
- MILLAR R., DRIVER R., 1987, *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- PIAGET J., 1969, *Psicología y Pedagogía* (Ed. Ariel, Barcelona).
- PIAGET J., 1972, *Psicología y Epistemología* (Emecé Editores, Buenos Aires).
- PIAGET J., 1975, *Introducción a la epistemología genética. El pensamiento físico* (Ed. Paidós, Bu-

enos Aires).

- POPE M.L., GILBERT J.K., 1985, *Theories of learning: Kelly, en Some Issues of Theory in Science Education* (Science Education Research Unit, New Zealand).
- POSNER G.J. et al., 1982, *Science Education*, **66**, 211-227.
- REIF F., LARKIN J., 1991, *Journal of Research in Science Teaching*, **28**(9), 733-760.
- SALINAS de SANDOVAL J., COLOMBO de

CUDMANI L., *Epistemología e Historia de la Física en la formación de los profesores de Física, aceptado para publicación en Revista de Ensino de Física.*

- TOULMIN S., 1977, *La comprensión humana. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos* (Alianza Editorial, Madrid).
- VILLANI A., 1992, *Science Education*, **76**(2), 223-237.