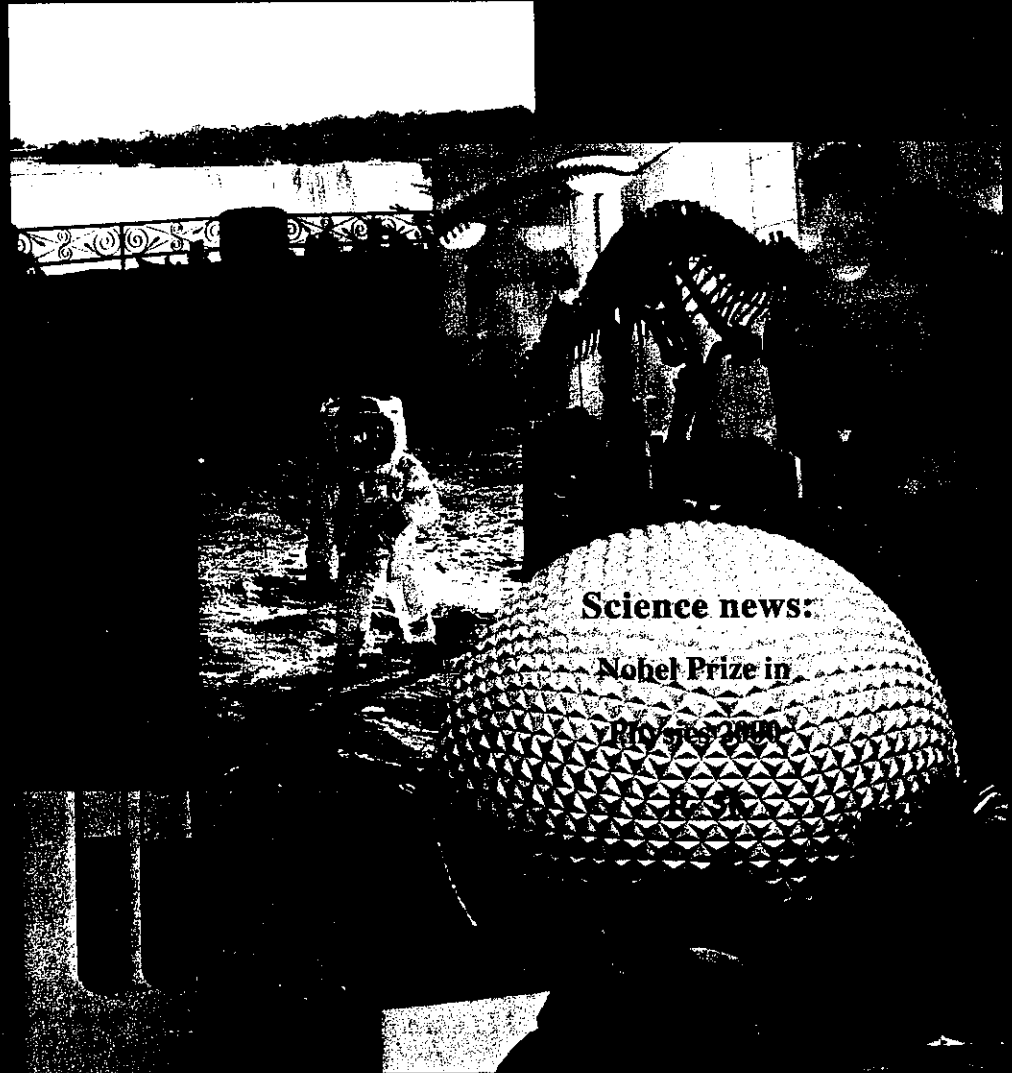


REVISTA DE EDUCACIÓN EN
ciencias
Journal of Science Education

Vol. 2 - No. 1 • 2001

AD



Science news:

Nobel Prize in

Physics 2000

Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula

Epistemological training and the change of the images of science in science teaching

MARIA DE FÁTIMA PAIXÃO y ANTÓNIO FRANCISCO CACHAPUZ

Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal fatimapaixao@ese.ipcb.pt
Departamento Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Portugal cachapuz@dre.ua.pt

Resumen

Presentamos las líneas orientadoras de un modelo de programa de formación de profesorado (PFP) y la justificación de la selección de un tema epistemológicamente relevante "conservación de la masa en las reacciones químicas para la enseñanza secundaria". El estudio ha sido conducido en tres fases articuladas. En la primera grabamos y analizamos la enseñanza de profesores colaboradores recurriendo a un instrumento de análisis congruente con los principios orientadores de la nueva filosofía de la ciencia. En la segunda, se desarrolló la formación que envolvió la construcción de estrategias alternativas de enseñanza y en la tercera, las nuevas estrategias fueron implementadas por los profesores y sus prácticas grabadas y analizadas. Las principales conclusiones realzan el contraste entre el perfil epistemológico de los participantes, antes y después de la participación en el PFP, dirigidas a una mayor consistencia epistemológica de las imágenes de ciencia impartidas en las aulas de ciencia y el interés del PFP. Se discuten algunas implicaciones del estudio que se orientan hacia la formación del profesorado de ciencias.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias; formación de profesorado; epistemología; conservación de la masa; investigación-acción.

Abstract

The main lines of a developed model of a Teacher Education Program (TEP) are presented, justifying the selection of an epistemological relevant theme – mass conservation in chemical reactions, for the lower Secondary School. The study was conducted in three articulated phases. In the first we analyzed the videorecorded teaching of the participant teachers with a previously developed theoretical instrument congruent with the orienting principles of the New Philosophy of Science. The second phase involved thorough teacher training with the development of an alternative teaching strategy and the design of new instructional materials. In the third phase, the new strategy was implemented by the participant teachers and their practice was videorecorded and analyzed. The main conclusions point out a contrast from the epistemological profile of each participant teacher in the direction of a great epistemological consistence of the images of science passed in science teaching and the consideration of the interest of the TEP. Implications the study may have for the teacher education of science teachers are drawn.

Keywords: Science Teaching; Teacher Education; Epistemology; Mass Conservation; Action-Research.

INTRODUCCIÓN

La ciencia ha sido definida como una forma de dar sentido al mundo natural. Sin embargo, la interpretación de esta definición ha cambiado a lo largo de los tiempos. Un cuerpo de conocimiento científico fue establecido, viéndose como verdades incuestionables y definitivas, una serie de explicaciones que describen las interrelaciones de los objetos en el mundo real. Los profesores, seguidos de sus alumnos, son en buena parte, el producto de una cultura y de un sistema escolar que valora esta ima-

gen. Los filósofos contemporáneos están de acuerdo con los aspectos relacionados con la producción del conocimiento científico y sugieren que éste es más construido que descubierto (BENSON, 1989). La nueva perspectiva rechaza la idea de que exista una «colección objetiva» de datos en el mundo real, listos para ser recogidos con más o menos esfuerzo. Particularmente KUHN y los poskuhonianos, han contribuido en la revolución de la filosofía empirista e inductivista de la ciencia, pasando de los modelos lógicos a los modelos históricos, valoran los contextos de producción de la ciencia y no solamente los contextos de justificación. Tal perspectiva, claramente de sentido externalista, a pesar de los diferentes matices, es con frecuencia denominada *nueva filosofía de la ciencia* (NFC).

De los recientes avances en las orientaciones para la enseñanza de la ciencia, hay que considerar a MILLAR (1996) quien argumenta que la finalidad de la educación en ciencia es aprender alguna cosa respecto al cuerpo de conocimientos de la ciencia, a los procesos por los cuales el conocimiento científico es generado y es socialmente construido. Entre muchos investigadores, GIL PÉREZ (1993) alerta que el desarrollo de estrategias de enseñanza orientadas hacia la producción de cambios conceptuales, con resultados prometedores, se ha revelado insuficiente. Las nuevas y verdaderas dificultades detectadas son debidas a una insuficiente consideración de la naturaleza de la ciencia en las estrategias de enseñanza, por lo que es imperioso una mayor atención a las posibles contribuciones de la filosofía de la ciencia para la enseñanza de la ciencia. Uno de los aspectos más valorados en las nuevas perspectivas de la didáctica de las ciencias fundamentada en la NFC es el uso de la historia de la ciencia (HC) como forma de presentar una actividad humana (NIELSEN y THOMSEN, 1990) con un fuerte sentido cultural, social y ético y ampliamente influenciado por el contexto, en contra de una mera descripción y enumeración de descubrimientos hechos por científicos aislados y endiosados. Han surgido nuevas orientaciones para el trabajo experimental y para la resolución de problemas (GIL PÉREZ y CARRASCOSA, 1990; HODSON, 1992). Estas actividades son ahora vistas como instrumentos de cambio epistemológico y metodológico que tiene que acompañar el cambio conceptual y no valoradas de por sí como un supuesto proceso lineal de hacer ciencia por aplicación de un método universalmente válido. Otra consideración son las interrelaciones CTS (AIKENHEAD, 1985; SOLOMON, 1987) en las que la construcción del conocimiento fue asociado con el tratamiento de situaciones problemáticas relevantes e interesantes para los alumnos, que los ayuden a convertirse en ciudadanos atentos capaces de asumir responsabilidades sociales y tomar decisiones. Ahora se asume es que la ciencia y la tecnología no son actividades o conocimientos neutros sino que están cargados de ideología y de relaciones recíprocas.

Diversos estudios estimulan la investigación dirigida hacia la profundización de la observación y el análisis del trabajo de los profesores, desde una perspectiva epistemológica, teniendo en cuenta sus imágenes acerca de la ciencia, el modo como esas imágenes afectan a su enseñanza y de cómo superar tal situación. Muchos autores consideran la necesidad de incluir aspectos de la

filosofía de la ciencia en la formación inicial y continuada de profesores (GALLAGHER, 1991; NÍAZ, 1994) y perseguir la idea de que son necesarias propuestas concretas para una reorientación de las prácticas de enseñanza, teniendo en cuenta que «la construcción de conocimientos científicos tiene exigencias metodológicas y epistemológicas relativamente a las cuales es necesario prestar atención explícita», algunos investigadores proponen ejemplos ilustrativos de estrategias de enseñanza epistemológicamente orientada y comentada para «proporcionar una visión correcta de la ciencia como actividad abierta y creativa» (CACHAPUZ, 1995; PRAIA, 1995; GIL PÉREZ y VALDÉS CASTRO, 1996; AZCONA RIVADO, 1997; HERNÁNDEZ PÉREZ, 1997; FURIÓ *et al.*, 1999). Algunos de estos trabajos describen abordajes en la formación del profesorado, haciendo uso de la HC. Cuando esto ocurre, la evaluación de los autores es positiva y consideran que los profesores evolucionarán en sus imágenes sobre la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, es necesario resaltar que las innovaciones didácticas tienen mucha dificultad para llegar a las prácticas de enseñanza, y por ese motivo PORLÁN ARIZA (1998) pronostica que el futuro desarrollo de la didáctica de las ciencias va encaminado hacia el desarrollo de una nueva teoría del conocimiento profesional y de las estrategias que ayuden en su construcción y de la necesidad de diseñar y experimentar propuestas de formación del profesorado promoviendo y apoyando la experimentación de hipótesis curriculares.

La hipótesis orientadora del estudio conducido (PAIXÃO, 1998) fue la de que las prácticas de enseñanza de los profesores son esencialmente guiadas por preocupaciones de naturaleza pedagógica y las imágenes acerca de la ciencia no son consonantes con el cuadro de la NFC. Hemos tomado igualmente como hipótesis que hacer formación de profesorado basada en la reflexión epistemológica de los temas y de las prácticas, resulta en una mejora substancial en el desempeño profesional de los profesores, acercándose a las imágenes sobre ciencia, impartidas en el aula, a una perspectiva más consonante con la NFC. Son objetivos del estudio:

1. Describir y analizar críticamente el discurso epistemológico de los profesores de Química en sus prácticas de enseñanza, para incidir en el tema «Conservación de la masa en las reacciones químicas»;
2. Desarrollar y evaluar un programa de formación de profesorado (PFP) construido con base en la NFC y en el ámbito del tema referido.

METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Conscientes de la reducida influencia de la investigación en el ámbito de la enseñanza de la ciencia, el eje del cambio tiene que pasar para «una diferente cultura de investigación», alejada de aquella en la que la pretensión del investigador sea la de producir una teoría útil que los profesores deberían linealmente transponer para su práctica (CACHAPUZ, 1997). La construcción del conocimiento didáctico por el profesor no se puede separar de la formación. Tal es la lógica con la que fueron establecidos los objetivos para el estudio presentado.

Selección de un tema epistemológicamente relevante

Existen diversas razones que justifican el interés por el tema curricular «conservación de la masa en las reacciones químicas», como un tema concreto de soporte para la formación. Después de analizar el programa curricular en vigor en Portugal y algunos manuales escolares frecuentemente usados por los alumnos, se pone de manifiesto que el tema es considerado central y relevan-

te, mientras que las propuestas encontradas son muy limitadas. Desde un punto de vista epistemológico, el estudio de la controversia que ha acompañado la interpretación de la combustión y el establecimiento de una teoría general, en la que el principio de conservación de la masa ha guiado LAVOISIER, no puede ser subestimado. Cabe destacar la importancia del tema en el contexto social y tecnológico actual y previsiblemente futuro —incineradoras, reciclaje y centrales térmicas—, asuntos que dominan el interés público y sobre los cuales los ciudadanos deben construir opiniones fundamentadas y críticas hacia una intervención más activa. Además, numerosas investigaciones apuntan hacia la existencia de dificultades conceptuales en los alumnos respecto a estos asuntos y que permanecen a lo largo de la escolaridad (HESSE y ANDERSON, 1992; YARROCH, 1985; MEHEUT *et al.*, 1985; GARNETT *et al.*, 1995; BEN-ZVI *et al.*, 1987; ANDERSON, 1986...).

Concepción del instrumento de análisis de la práctica de enseñanza

El análisis de la vertiente epistemológica de las prácticas de enseñanza de los profesores ha implicado la construcción y validación previa de un instrumento de análisis que tenía como cuadro de referencia la NFC (fig. 1). El conjunto de las categorías descritas en el instrumento representa aspectos de una organización funcional que converge para el entendimiento de la esencialidad de la ciencia y del conocimiento científico. Tales categorías engloban las dimensiones relevantes, direcciones de análisis, para un debate de la epistemología de la ciencia como fundamentación para la didáctica de las ciencias. Los indicadores, de los cuales se apuntan algunos ejemplos, se proponen caracterizar las categorías y las dimensiones de análisis, haciendo la transposición desde el epistemológico hacia el didáctico y especificar posibles aspectos de las prácticas de enseñanza con la preocupación de constituirse como un instrumento de análisis de manejo accesible y tan objetivo como sea posible.

PROGRAMA DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO

1ª fase. Análisis de las prácticas de enseñanza Estudio naturalista

En la primera fase del estudio, de índole naturalista, (en un total de 50 horas) fue grabada en video y analizada la enseñanza de cuatro profesoras, de distinta formación académica y de distintas escuelas. Para el análisis se recurrió al instrumento de análisis anteriormente referido. Los investigadores no interfirieron durante la situación. Más allá del objetivo general de caracterizar perspectivas epistemológicas subyacentes a las prácticas de enseñanza, en la primera fase se pretendió realzar las dificultades a las cuales se enfrentan los profesores en sus aulas. Sirve de «pañó de fondo» para las propuestas de formación y permitió construir propuestas de enseñanza más fundamentadas. De este modo, suministró material para que los profesores colaboradores crearan conciencia de su necesidad de formación en lo que concierne a la dimensión epistemológica, y permitiera preparar los materiales didácticos con más rigor en la segunda fase del estudio. Accedió, finalmente, a apreciar la evolución de los profesores colaboradores desde la primera hasta la tercera fase, posibilitó la confrontación de las prácticas de enseñanza en la primera fase y el progreso consciente de sus imágenes acerca de la ciencia, al mismo tiempo que permitió contribuir para una evaluación del impacto del programa de formación desarrollado.

Categorías epistemológicas	Dimensiones de análisis	Indicadores de práctica de enseñanza (ejemplos)
I. Metodología científica	Pluralismo metodológico	Referencias explícitas a episodios de la historia de la ciencia y/o aspectos actuales de investigación sobresaliendo diferentes formas de trabajo de los científicos (no existencia de un método científico único) y el papel de la creatividad.
	Relación teoría / observación / experimentación	Consideraciones teóricas y previsiones antecedendo la observación y los experimentos.
II. Dinámica de la construcción del conocimiento científico	Contexto y estructura del descubrimiento	Recurso a textos, recortes de periódicos, etc. con episodios de la historia de la ciencia o de aspectos actuales resaltando controversias científicas (en que se evidencie las dificultades que hay en establecer, para un descubrimiento o creación de una teoría científica quién, cuándo, dónde y cómo ha sido incorporada en el conocimiento científico).
	Dinámica error / verdad	Discusión de resultados discrepantes o anómalos de experimentos.
III. Rostro humano y social de la ciencia	Imagen de los científicos y de la comunidad científica	Promoción de oportunidades para que los alumnos expresen sus ideas propias y las confronten con las ideas de los colegas y/o con la versión científica a través de discusión de resultados.
	Relación CTS	Relacionar los temas en estudio con sus implicaciones tecnológicas, sociales, éticas, ambientales...

Figura 1
Instrumento de análisis de las prácticas de enseñanza

2ª fase. Planeamiento del cambio

La convicción de la necesidad de tornar conscientes a los profesores respecto a la importancia de cambiar sus prácticas de enseñanza habituales hacia modelos epistemológicamente fundamentados en la NFC y de planear la enseñanza en consonancia con tales exigencias, condujo el estudio por una metodología de investigación-acción colaborativa (ELLIOT, 1991). Las sesiones de formación se iniciaron con un seminario y la participación de los profesores-colaboradores de la primera fase. En este seminario, dos de ellos, con 9 y 11 años de práctica profesional, se ofrecieron como voluntarios. Para apoyar la formación de los dos profesores-colaboradores se les dio documentación actualizada respecto a la HFC que fue discutida con ellos y se construyó un documento con un análisis epistemológico del tema seleccionado. Se construyó también una propuesta de planificación didáctica para servir como punto de apoyo para la discusión de las estrategias y de los materiales y documentos que podrían ser utilizados en la práctica de enseñanza y que fue importante motivo de discusión durante la formación. Fueron analizados los relatos referentes a la primera fase a la luz del cuadro de referencia teórico y discutidos con sus autores.

3ª fase. Implementación y evaluación de prácticas de enseñanza innovadoras

Los profesores colaboradores tienen, en esta fase, formación epistemológica y didáctica adicional, en la cual el componente en

HFC fue considerablemente valorado. Existieron contactos frecuentes para intercambio de opiniones y discusiones de aspectos puntuales de estrategia y de materiales durante el transcurso de la práctica de enseñanza. De una forma semejante a la primera fase, las aulas (16) fueron grabadas y transcritas para protocolos que fueron sometidos a la validación de los propios profesores. La opinión fue que coincidía con las situaciones ocurridas en sus aulas. El análisis efectuado sobre los protocolos siguió una metodología semejante a la de la primera fase. Finalmente, los resultados del análisis fueron sujetos a procesos de validación externa, se recurrió al análisis independiente por dos investigadores en didáctica de las ciencias sobre episodios escogidos aleatoriamente en cada una de las tres categorías y, por fin, por recurso al análisis crítico de los propios profesores. Se obtuvieron aún opiniones de los alumnos acerca del interés en las aulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfiles epistemológicos

Se presentaron ejemplos de la forma como algunas imágenes acerca de la ciencia y del conocimiento científico fueron impartidas, en la práctica de enseñanza de las profesoras colaboradoras, antes y después de la participación en el programa de formación.

Fase 1. Profesora A

En una aula de la profesora A, en la cual el asunto fue el estudio de «la ley de la conservación de la masa» la profesora siguió una estrategia centrada en la explicación transmisora y en la ilustración, recurriendo a un experimento con la colaboración de algún alumno. De carácter orientador, de una forma cerrada y lineal, evidenciado por el siguiente discurso:

Profesor (P) —¿Entonces, qué voy a proponer a Tiago que haga? Tengo aquí una balanza y vamos a comprobar una cosa ¿hay algún cambio en la masa durante la transformación química? Para eso... tenemos que medir la masa de los reactivos, podremos... para ver si hay alguna alteración o si no la hay. Para medir... se utiliza una balanza. Pero entonces lo que tenemos que hacer es, hacer la reacción en un sistema cerrado, porque lo que pasaba era que el gas se libertaba hacia el exterior y por consiguiente no estaba midiendo la masa del gas...

Disfrazado con la palabra «comprobar» y con la pregunta «¿hay alguna transformación en la masa durante la reacción química?», había una imagen de pasividad ante los datos y un trayecto dirigido de la observación de hechos hacia la teoría. Se trató de una situación en la cual el papel del alumno que colabora es el de simple ejecutante y el de los restantes, de espectadores. No existió problematización previa ni participación activa de los alumnos. El planteamiento experimental no estuvo basado en cualquier cuestión problemática planteada. No ocurrieron previsiones ni hipótesis orientadoras. Lo que podría haber sido una situación problemática, en lo que respeta al sistema cerrado o abierto, fue presentado, en definitiva, por la profesora.

Los alumnos manifestaron sus dificultades, que nos parecen legítimas, cuando no han podido hacer sus previsiones y cuando no han participado en el diseño experimental. Por fin surgió la conclusión en una imagen de que la observación produciría como cimientito de una forma lineal: «Como han visto, la masa de los productos es igual a la masa de los reactivos», para enseguida escribir las ecuaciones químicas que tradujeron las reacciones y que se convirtió en lo que hay que retener acerca del asunto. El experi

mento quedó atrás, reducido a sí mismo. La consideración de la participación de sustancias gaseosas en la reacción no volvió a ser colocado ni cuestionado, sabiéndose que es uno de los aspectos más problemáticos en la comprensión del concepto de conservación de la masa en las reacciones químicas. En síntesis, la química surgió como una retórica de conclusiones basadas en la observación ingenua, en que la teoría aparece desligada de la observación.

Profesora C

En la práctica de enseñanza de la profesora C, la segunda clase sobre representación simbólica de moléculas (de sustancias elementales y compuestas) fue hecha simplemente por ejemplos de fórmulas químicas. Podemos decir que se ha tratado de entrenamiento sobre el asunto, lo que es, desde un punto de vista pedagógico, muy importante cuando el asunto fue conceptualmente bien comprendido. No nos parece que los ejemplos, en la situación, hayan tenido ese papel, sino que la profesora vio en tal forma, un modo de «aprendizaje» del asunto. Desde un punto de vista epistemológico este posicionamiento es marcadamente una visión inductivista, que camina hacia la generalización. Después de varios ejemplos, se detectaron alumnos que usaron tales adquisiciones de una forma no pensada, pero como suposición, con la esperanza de que sea la respuesta correcta:

P. —Aquí, en la segunda columna era la constitución de la molécula. Entonces, ¡vamos! ¿Cuántos átomos tiene esta molécula en la totalidad? Alumno (A) —Cuatro. P. —Cuatro. ¿Son todos iguales? A. —No. P. —¿Se trata de una sustancia?... A. —Elemental. P. —¿Elemental? ¿Es una sustancia compuesta!

La profesora no cuestionó la respuesta del alumno, haciéndole meditar sobre su propia idea y presentándole argumentos para tal afirmación. No analizó el «error», pero de inmediato lo substituyó por la «verdad», y prosiguió. Este aspecto nos conduce a pensar que está particularmente preocupada con la cuestión científica, «cuerpo de la ciencia», y no reflexiona sobre la forma de aprendizaje de los alumnos asumiendo el error como consubstancial del conocimiento.

Fase 3.

Después de la participación de las dos profesoras en el PFP desarrollado durante la segunda fase, las imágenes de ciencia impartidas en las clases son ahora diferentes.

Profesora A

La profesora A valora ahora, el recorrido por la HC, y de ese modo justificó el uso de las reacciones de combustión, también ellas, motivo y objeto de investigación en el siglo XVII. Y, con vistas a crear contexto y mostrar la importancia debida al estudio del tema, presentó un conjunto de diapositivas que, con la colaboración de los alumnos, se fueron comentando. Se trataron diferentes aspectos, como la importancia y la diversidad de los combustibles en lo que concierne a cuestiones de economía, salud, tecnología, ambiente, consecuencias positivas y negativas de la utilización de las combustiones. La profesora colocó la cuestión-guía con intención de dar forma de problema: «*si la masa se mantiene, aumenta o disminuye cuando un material arde*», para que los alumnos manifestaran su opinión y surgieran las ideas de qué se mantiene y de qué no se mantiene la combustión, que la profesora, explícitamente, pasó ahora a considerar como «hipótesis» a

explorar, atribuyéndole un valor de orientación en el proceso a desarrollar y cuáles son las consecuencias de estas hipótesis en términos experimentales a observar.

En relación con un texto acerca de la teoría del flogisto distribuido a los alumnos, la profesora dio indicaciones pedagógicamente sustentadas: explicó lo que iban a hacer con el texto, dirigió la forma de hacer la lectura, orientó las respuestas a las preguntas del final con la intención de que las fundamentaran en el texto. En ese texto repasó una imagen de validez temporal de una teoría: «*Relata exactamente la teoría defendida en la época*». Fue notorio el interés de los alumnos que se manifestó en las actitudes hacia la lectura y en la dinámica de discusión que se generó entre los grupos. Después de analizar algunas dificultades de la teoría de STAHL que caería, por incoherencias y anormalidades. El paso siguiente fue realizar las combustiones de tres materiales diferentes, el hierro (lana de acero), el algodón y el alcohol, que como es sabido, en sistema abierto, el primero aumenta a su masa y los otros dos disminuyen. El experimento se hizo de la siguiente manera: hubo discusión y dudas, pero los alumnos conocían una teoría que permitía hacer previsiones. Dada la naturaleza de la cuestión, se elige la forma de demostración. La profesora volvió a aclarar, en una posición de imagen racionalista, que se conoce una teoría:

Entonces, amigos, STAHL propuso que, por combustión, la masa de las sustancias o sea, la masa de los reactivos, era menor que la masa de los productos de reacción, ¿verdad? —y continuó a interpretar—: una vez que por combustión las sustancias pierden su flogisto y quedan más pesadas... ¿Sí, o no? ¿Verdad? Y eso lo podremos hacer aquí con el experimento...

En la secuencia de este episodio se consolidó la imagen de que una teoría tiene una existencia efímera, y que el experimento es una observación planeada. En la incapacidad interpretativa de la teoría del flogisto frente a las situaciones tratadas, el terreno fue propicio para prever un camino regresivo para esta teoría al mismo tiempo que otra empezaba a emerger. LAVOISIER, presentado como habiéndose iniciado en la química flogística, comenzó a sospechar de la incapacidad de esta teoría para la interpretación de las reacciones químicas de combustión, y fue esa la imagen que pasó en la secuencia de las dificultades encontradas por los alumnos para obtener una interpretación convincente de lo que sucedió en el conjunto de los tres experimentos efectuados: LAVOISIER, que se inspiró en STAHL, que hizo este tipo de experimentos y que verificó que efectivamente la teoría de STAHL no se cumplía o... ya no estaba correcta... o no se verificaba para todo tipo de situaciones... (...) empezó a estudiar ese asunto, ¿no? De acuerdo con otras hipótesis.

Profesora C

En una de sus aulas la profesora C colocó en la pizarra las anteriores opiniones de los alumnos acerca de *la variación o no, de la masa en las reacciones de combustión*. Manifestó que hubo cambios en la opinión de los alumnos después de la lectura del texto. Los experimentos se volvieron ahora necesarios porque hubo muchas discrepancias entre las ideas iniciales y las que la teoría de STAHL ha hecho surgir, la profesora creó algunas expectativas en relación con esos experimentos: *Nada mejor que el experimento os puede conducir a confirmar las opiniones que habéis manifestado*. La palabra «confirmar» no tuvo, el significado instrumental de experimento confirmatorio de la teoría, como en la fase uno, pero sí un significado epistemológico bien diferente, cuando se parte de ideas y previsiones de los alumnos. La profesora llamó la aten-

ción sobre el rigor necesario en la determinación de la masa, debido a la naturaleza de la balanza.

La profesora incitó a los alumnos a cuestionarse las situaciones ocurridas durante la prueba de la lana de acero. Se notó alguna pasividad por parte de los alumnos pero la profesora los desafió: *¿Por qué es que la masa aumenta en un caso?! ¿Por qué aumenta allí y no aumenta en los otros? ¿Respondan ustedes!* Algunos intentaron explicar recurriendo a la teoría del flogisto: *A.—Entonces cuando el flogisto se liberaba por medio de la combustión de las sustancias, ellas quedaban más pesadas y cuando el flogisto se quedaba en ellas, quedaban más leves.* La profesora inició entonces el desafío a los alumnos (una vez más): *¿Es eso lo que ha ocurrido en los tres experimentos?*, se muestra contenta por el conflicto generado, los animó a dar sus opiniones y los alumnos entraron en la discusión. En la misma perspectiva epistemológica se desarrollan las clases siguientes, en que los alumnos acumulaban las dificultades sentidas en la interpretación de los resultados experimentales y empezaron a sentir la necesidad de una nueva teoría, al mismo tiempo que comprendieron las razones de contexto que influían en la actividad científica de LAVOISIER en el siglo XVIII.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Para las dos profesoras, en la primera fase del estudio, parece que se puede tejer un perfil general común: una dosis de realismo ingenuo, tendencia más empirista, gran valoración de la observación y papel central para el experimento, preocupaciones principalmente pedagógicas (valoración de un método falsamente interrogativo, de cuestiones que hacen avanzar el asunto en la línea establecida por la profesora que domina el tiempo y el discurso). Ausencia de problematización y de consideraciones teóricas que antecedieron la observación... Asuntos sin estructura y sin historia. Imagen de la ciencia neutral, dogmática, lineal... Conocimiento científico como inequívocamente verdadero, terminado, no problemático. Naturalmente que fueron identificados aspectos positivos e interesantes en la práctica de la enseñanza analizada. Tales aspectos fueron episódicos, pero no trató del conjunto articulado de la práctica de enseñanza del asunto, con consistencia de una posición epistemológica, o de una forma didáctica integrada y significativa, como pasó en los ejemplos retirados de la práctica y presentados en el punto anterior.

Respecto al perfil epistemológico que quedó patente a partir de la práctica de enseñanza en la tercera fase, concluimos que se ha dejado en la clase de cada una de las profesoras una imagen de tendencia más racionalista (perspectiva contemporánea), del papel y del valor epistemológico del experimento. Hubo una valoración de la teoría y de la previsión y en la interpretación de los resultados de los experimentos y de las observaciones efectuadas. Se alejó la enseñanza por descubierta sin recaer en la enseñanza por transmisión. Se realzó y valoró el proceso de construcción del conocimiento científico. El trabajo experimental se abordó más en una perspectiva crítica, donde los alumnos compartieron las conclusiones y los problemas ocurridos. Hubo una conducción del trabajo experimental de una forma más abierta e integrada... se valoró la cuestión-problema como punto de partida con posibilidad de ser mejorado.

Podremos considerar una evolución de la perspectiva realista ingenua hacia una diferente perspectiva de imagen del mundo real, de realismo más crítico y contextual. Hubo una consideración y exploración del error. Principalmente la perspectiva ya no fue la de encubrir o condenar el error, sino la de valorarlo como consubstancial al conocimiento. Fue notorio el valor de la HC como estrategia de enseñanza. Se insistió en la interdependencia

CTS y se reiteró el carácter social de la construcción del conocimiento científico.

Mientras existan aspectos comunes, es relevante la diferencia de las prácticas de enseñanza de cada una de las profesoras. La apropiación que cada una de ellas hizo de la propuesta de trabajo y de la formación recibida, permitió ayudar a explicar las diferencias. Hubo, sin duda, una evolución de la organización de la enseñanza, de la realización práctica y de la consistencia epistemológica de las imágenes sobre ciencia, pasadas en el aula.

Concluimos, así, que existe una diferencia sustancial entre las prácticas de enseñanza de las profesoras en las dos fases y por tanto con la consideración del valor del PFP que las ha aportado.

Los desafíos que necesariamente este estudio puede presentar se refieren, en particular, a la formación de profesorado que tiene que articular el conocimiento científico y la reflexión epistemológica. Desde un punto de vista metodológico, esto implica concebir PFP y valorar perspectivas de investigación-acción. Nuestras conclusiones, y las necesarias implicaciones, concuerdan con el estudio de PEDRETTI y HODSON (1995), involucra a los profesores en un proyecto de investigación-acción, en el que los resultados apuntarán a una mayor amplitud de horizontes y a un resurgimiento de la confianza profesional en los participantes. Las dos profesoras han sido unánimes al afirmar el valor formativo del acceso al análisis de sus propias prácticas de enseñanza realizadas por los investigadores. «Verse del otro lado del espejo», como ha manifestado una de ellas. Podemos mostrarnos adeptos al modelo de formación del profesorado que aplicamos y describimos, con las tres fases articuladas: la caracterización del punto de partida, formación para el cambio, la innovación-ejecución y evaluación de las prácticas y del recorrido realizado.

Si pretendemos una enseñanza de la ciencia para todos los ciudadanos y epistemológicamente fundamentada en los cuadros teóricos de la NFC, debemos ser selectivos respecto a las temáticas particularmente interesantes para una aportación efectiva a nivel de la literatura científica. Así, el modelo desarrollado se presenta como potencialmente interesante. Se sugieren nuevos estudios, relacionados con otras temáticas, con la intención de contribuir a la profundización y la consolidación del modelo.

AGRADECIMIENTOS

Soporte financiero de *Fundação para a Ciência e Tecnologia*, Portugal.

BIBLIOGRAFÍA

- AIKENHEAD, G.S.: "Collective decision making in the social context of science", *Science Education*, 69, 453-475, 1985.
- ANDERSON, B.: "Pupils' explanations of chemical reactions", *Science Education*, 70(5), 549-563, 1986.
- AZCONA RIVADO, R.: "Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de 'cantidad de sustancia' y de mol. Una propuesta alternativa basada en el aprendizaje por investigación, *dissertação de doutoramento, não publicada, San Sebastian, Espanha*, 1997.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B. & SILBERSTEIN, J.: "Students' visualization of a chemical reaction", *Education in Chemistry*, 24, 117-120, 1987.
- BENSON, G.D.: "Epistemology and science curriculum", *Journal of Curriculum Studies*, 21[4], 329-344, 1989.
- CACHAPUZ, A.F., "O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem", em: A. DIAS DE CARVALHO (Org.) *Novas metodologias em educação*, Porto: Porto Editora, 1995, págs. 349-385.

- CACHAPUZ, A.: "Investigação em didáctica das ciências em Portugal: um balanço crítico", em PIMENTA, S.G. (Org.) *Didáctica e formação de professores: percursos e perspectivas no Brasil e em Portugal*, Cortez Editora, 1997, págs. 205-240.
- ELLIOT, J.: *Action research for educational change*, Philadelphia: Oxford University Press, 1991.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R. & GUIASOLA, J.: "Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol", *Enseñanza de las ciencias*, 17[3], 359-376, 1999.
- GALLAGHER, J.J.: "Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science", *Science Education*, 75[1], 121-133, 1991.
- GARNETT P.J, GARNETT P.J., & HACKLING, M.W.: "Student' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning studies", *Science Education*, 25, 69-95, 1995.
- GIL-PÉREZ, D. & CARRASCOA, J.: "What to do about science «misconceptions»", *Science Education*, 74[5], 531-540, 1990.
- GIL-PÉREZ, D. & VALDÉS CASTRO, P.: "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo", *Enseñanza de las ciencias*, 14[2], 155-163, 1996.
- GIL-PÉREZ, D.: "Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación", *Enseñanza de las ciencias*, 11[2], 197-212, 1993.
- HERNÁNDEZ PÉREZ, J.: "Dificultades de aprendizaje sobre la naturaleza corpuscular de la materia en la enseñanza secundaria. Una propuesta didáctica para superarlas", *dissertação de doutoramento, não publicada, Valência: Universitat de València, Espanha*, 1997.
- HESSE, III, J.J.; ANDERSON, C.W.: "Students' conceptions of chemical change", *Journal of Research in Science Teaching*, 29[3], 277-299, 1992.
- HODSON, D.: "Redefining and reorienting practical work in school science", *The School Science Review*, 73[264], 65-77, 1992.
- MEHEUT, M.; SALTIEL, E. & TIBERGHIE, A., PUPILS: "(11-12 years old) conceptions of combustion", *European Journal of Science Education*, 7[1], 83-93, 1985.
- MILLAR R.: "Towards a science curriculum for public understanding", *School Science Review*, 77, 23-32, 1996.
- NÍAZ, M.: "Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las ciencias*, 12[1], 97-100, 1994.
- NIELSEN, H. & THOMSEN, P.V.: "The incorporation of history and philosophy of science in physics education in Denmark", *The Australian Science Teachers Journal*, 36[1], 27-33, 1990.
- PAIXÃO, M.F.: "Da construção do conhecimento didáctico na formação de professores de Ciências. Conservação da massa nas reacções químicas: um estudo de índole epistemológico", *dissertação de doutoramento (não publicada), volume I. Universidade de Aveiro*, 1998.
- PEDRETTI, E. & HODSON, D.: "From rhetoric to action: implementing STS education through action research", *Journal of Research in Science Teaching*, 32[5], 463-485, 1995.
- PORLÁN ARIZA, R.: "Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias", *Enseñanza de las ciencias*, 16[1], 175-185, 1998.
- PRAIA, J.J.F.M., "Formação de professores no ensino da geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva continental", *volume I, dissertação de doutoramento, não publicada, Aveiro: Universidade de Aveiro*, 1995.
- SOLOMON, J.: "Social influences on the construction of pupils' understanding of science", *Studies in Science Education*, 14, 63-82, 1987.
- YARROCH, W.L.: Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22[5], 449-459, 1985.