

LA FORMACION DE PROFESORES Y LOS ENFOQUES DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD

ANNA MARIA PESSOA DE CARVALHO*

ANDRÉA INFANTOSI VANNUCCHI*

Resumen

Las propuestas actuales para la enseñanza de las ciencias enfatizan la necesidad de organizar actividades, que reflejen una integración armónica entre los contenidos y los procesos de construcción de esos mismos contenidos. Por ello, los problemas que abordan las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad adquieren un papel fundamental en la organización de la enseñanza. Tampoco podemos ser ingenuos y suponer que basta “hablar sobre” estos asuntos, en los cursos de formación, para que los profesores sean capaces de modificar sus clases y proponer actividades significativas en CTS a sus alumnos. En nuestro artículo mostraremos cómo preparar actividades de CTS para la enseñanza de la Física, en un curso medio (14 a 17 años), y cómo introducimos en los profesores estos temas.

Abstract

The current proposals for science teaching emphasize the necessity to organize activities that reflect a harmonic integration between subjects and construction processes of those same subjects. For it, the problems that approach the relationships among STS acquire a fundamental paper in teaching organization. Neither we can be ingenuous and to suppose that it is enough to talk about these subjects, in training courses, so that teachers are able to modify their school classes and to propose significant activities in STS to their students. In our article we will show how to prepare activities of STS for Physics teaching, in a secondary course (14 to 17 years), and how we introduce these topics in teachers.

* Facultad de Educación, Universidad de São Paulo.
Email: ampdcarv@usp.br

1. Introducción

Las actuales propuestas para la enseñanza de ciencias plantean una enseñanza donde los alumnos construyan su conocimiento por medio de una integración armoniosa entre los contenidos específicos y los procesos de producción de ese mismo contenido. En este marco, ocupa un lugar predominante la introducción de actividades que discutan los problemas de la Ciencia, Tecnología y Sociedad (C/T/S).

Tales actividades son importantes por aportar una imagen correcta de la producción del conocimiento en áreas específicas, ya que el trabajo de los hombres y mujeres de Ciencia –al igual que cualquier otra actividad humana– no se realiza al margen de la sociedad en que viven, sino que constituye un reflejo directo de los problemas y circunstancias del momento histórico, del mismo modo que su acción tiene clara influencia sobre el medio físico y social en donde está insertado (Carvalho y Gil, 1993).

Por ello, preparar a nuestros profesores en actividades que discutan el papel de los científicos en la construcción del conocimiento, recibiendo y ejerciendo influencia en la sociedad, y de la tecnología que influye en los hallazgos científicos y es o puede ser fruto de ese mismo trabajo, es una de las funciones de nuestros cursos de formación.

Sin embargo, no podemos ser ingenuos y suponer que basta con “hablar de” estos asuntos en los cursos de formación para que los profesores sean capaces de modificar sus clases y de proponer actividades significativas de C/T/S a sus alumnos. (Trivelato, 1993; Carvalho, 1989).

Desde nuestro punto de vista, la gran dificultad estriba en crear condiciones para que los profesores, en los cursos de formación inicial o permanente, logren integrar estos conocimientos a su propia práctica docente.

Dicha integración se puede plantear cuando se organizan actividades en los cursos de formación que favorecen la vivencia de propuestas innovadoras en situaciones de enseñanza y la reflexión didáctica de los profesores sobre ese trabajo, incorporándolos a las investigaciones sobre sus propias prácticas docentes (Carvalho y Gil, 1993).

Sin embargo, haciendo un análisis de las Memorias de los principales Congresos Nacionales e Internacionales en Enseñanza de Física (Carvalho y Vannucchi, 1996) constatamos que son pocas las propuestas concretas sobre ese tema obtenidas a partir de resultados efectivamente logrados en clase. Y son esas propuestas concretas las que proporcionan a los profesores nuevas vivencias y reflexiones sobre la práctica del compañero, y crean las condiciones para una investigación en su propia enseñanza.

El objetivo de este artículo es mostrar cómo organizamos una actividad que plantea la relación C/T/S para la enseñanza media a partir de estudios sobre el tema, y cómo incorporamos a los profesores en la investigación didáctica que realizamos en clase.

2. La actividad

Se ha elaborado una actividad con la intención de observar cómo los estudiantes discuten *sobre* Ciencia cuando se les plantea un tema controvertido, en este caso, las relaciones entre Ciencia y Tecnología, con base en el episodio relativo al perfeccionamiento de la luneta por Galileo Galilei, en el siglo XVII.

La actividad se compone de un texto y algunas cuestiones formulados a partir de los trabajos de historiadores, filósofos y sociólogos de la Ciencia de los cuales no se obtiene ningún consenso, ya sea entre modelos que establecen relación entre Ciencia y Tecnología, ya sea en la interpretación del episodio en cuestión por los historiadores de la Ciencia.

Así, por una parte, mientras el sentido común atribuye una relación causal entre desarrollo científico y tecnológico, considerando a la Ciencia como matriz de la Tecnología (Díaz, 1995), en el episodio de la luneta ese modelo no sólo no se aplica, sino que trata exactamente de lo contrario: aunque Galileo haya perfeccionado la luneta a punto de permitir que se realizaran observaciones astronómicas –hecho que determinó una nueva etapa para la Astronomía–, la Ciencia de la época no explicaba por qué y cómo funcionaba aquel aparato.

Sólo el año siguiente al episodio, Johannes Kepler publicaría *Dioptrice*, en el cual dedujo los principios de funcionamiento del telescopio analizando geoméricamente la refracción de la luz a través de lentes (Koestler, 1989).

Pero la formulación correcta de la ley de la refracción, asociada a un modelo explicativo, todavía no estaba establecida. Aunque Descartes y Snell la hubieran formulado de manera exacta, el primero, por considerar el rayo luminoso como una proyección de esferas –que pierden más velocidad al chocar con un cuerpo elástico que con un cuerpo duro–, había llegado a la concepción equivocada de que en un medio más denso, la velocidad de propagación de la luz aumentaría. Así, elaboró su ley correcta a partir de una hipótesis falsa, de un modelo inadecuado (Sabra, 1981). La demostración de Snell, a su vez, prescinde de un modelo explicativo, y se basa esencialmente en observaciones empíricas (Schurmann, 1946).

Los hechos sólo se aclararían unos 70 años más tarde, cuando Christian Huygens dedujo la ley de la refracción a partir del modelo de las ondas secundarias (Sabra, 1981).

Así, aunque Galileo haya transformado la “luneta débil en poderoso instrumento de estudio”, lo hizo por haber sido el primero en pulir lentes objetivas de largo alcance con calidad suficientemente buena (Cohen, 1992); esto indica que si se establece una relación causal para este episodio, el instrumento tecnológico habrá permitido nuevas posibilidades a la Ciencia misma.

En contrapartida, sobre la influencia del microscopio en la Ciencia del siglo XVII –aparato contemporáneo a la luneta–, Pasteur afirmó, en 1864, que gracias a dicho descubrimiento la teoría de la generación espontánea, que estaba en decadencia, había tomado nuevo impulso (Gibert, 1982).

Se nota que los ejemplos citados no aportan datos que se puedan encajar en un modelo sencillo. Mayr (1982) plantea el problema en los siguientes términos: se trata de datos empíricos que, en un gráfico, no arrojan puntos por los cuales se pueda trazar una curva suave. De esa forma, se comprueba la falsedad de la presumida invariabilidad histórica de la relación entre Ciencia y Tecnología. Todas las concepciones o modelos de esta relación tendrán limitaciones, y serán una tentación permanente en el sentido de hacer inferencias falsas, generalizaciones inconsistentes (Barnes & Edge, 1982).

La interacción entre Ciencia y Tecnología estaría más bien relacionada a circunstancias hasta cierto punto aleatorias (personales, sociales, políticas y económicas) que a características permanentes de dichas áreas del saber. Price (1975) utiliza *simbiosis*, o sea, dependencia mutua y vital, como metáfora para la interacción.

En cuanto a la interpretación que hicieron del episodio historiadores de la Ciencia tales como Alexandre Koyré y Stillman Drake, Mac Lachlan (1990, apud Matthews, 1994a), comentarista de los trabajos comparados de estos dos autores, atribuye la diferencia en sus conclusiones, sobre todo a las distintas posiciones filosóficas. Así, el Galileo de Koyré parece habitar un mundo filosófico copernicano, platónico, de racionalismo y experimentos mentales. A los ojos de Drake, Galileo adquiere un carácter menos contemplativo y más activo: un agudo observador, experimentador e inventor.

Al preparar la actividad de enseñanza se seleccionó un diálogo escrito por Stillman Drake (1983), entablado por contemporáneos imaginarios de Galileo sobre el episodio de perfeccionamiento de la luneta. Un fragmento del texto presentado a los estudiantes sugiere

que las primeras observaciones astronómicas realizadas por Galileo habrían ocurrido de casualidad:

“Sagredo [...] *¿Qué le hizo destinar un instrumento comercial y naval a los propósitos de la Astronomía?*

Sarpi *El folleto decía, al final, que estrellas invisibles al ojo humano se podían observar a través de la luneta. Quizás nuestro amigo haya logrado comprobar ese hecho o tal vez lo haya descubierto por sí mismo. [...]*

Salviati [...] *mientras probaba [el telescopio] al atardecer, se le ocurrió apuntarlo hacia la Luna, creciente en ese momento. A través del telescopio la Luna se le presentó tan diferente de lo esperado, tanto con relación a su porción iluminada, como a la oscura, que durante todo el mes ocupó la atención exclusiva de nuestro amigo”.*

En clase, el carácter intencional de las observaciones astronómicas, punto controvertido para los historiadores, se volvió una cuestión polémica planteada por los alumnos: ¿Sería realmente *de casualidad* que Galileo giró el telescopio hacia la Luna? Lo que vio ¿era *coincidentalmente* contrario a las expectativas de la teoría celeste aristotélica?

Así, las actividades de la clase se pueden elaborar de modo tal que “estimulen a los estudiantes a ejercitar la razón, y también a ser razonables. Los profesores deberían tratar de interesarlos en cuestiones filosóficas e históricas que puedan aflorar desde un tópico específico, en lugar de darles las respuestas definitivas, o imponerles sus propios puntos de vista” (Matthews, 1994b).

De cualquier forma, ¿qué visión de Ciencia, de científicos y de conocimiento científico habría que presentarles a los estudiantes, ya que no hay *una* naturaleza de la Ciencia preferida ni siquiera por los filósofos de la Ciencia (Lederman, 1992, apud Alters, 1995)? Lo que se recomienda es una enseñanza filosóficamente plural, es decir, que los estudiantes tengan noción de que existen múltiples interpretaciones para la Ciencia.

3. El aula

La actividad se propuso para clases de segundo curso secundario (lo que correspondería en España al 2º de BUP o 4º de ESO) en escuelas públicas de São Paulo, Brasil. Se filmaron las clases en video y luego se transcribieron. Los datos que se presentan a continuación corresponden a un episodio extraído de ellas.

El episodio, dividido en momentos, es corto si se lo compara a la duración de la clase. Sin embargo constituye un recorte cuya característica principal es pertenecer a un ciclo completo en el proceso de interacción entre los individuos, mediado por el objeto de conocimiento (Carvalho *et al.*, 1992).

La selección e interpretación de los episodios están sujetas, desde luego, a los presupuestos teóricos del investigador. Justamente por eso, su enfoque refleja los aspectos que se busca realzar y analizar: en este caso, la necesidad y el potencial de temas controvertidos para la educación científica.

En los tres momentos que se describen a continuación, en la primera clase los alumnos leyeron el texto y discutieron las cuestiones colocadas al final, en grupos de 4-5 personas. Las frases transcritas, presentadas más abajo, corresponden a la clase siguiente, cuando el profesor planteó la discusión con todos los grupos simultáneamente.

3.1. *De la necesidad*

MOMENTO 1

En esta clase, tras la discusión, el profesor trata de sistematizar algunas conclusiones. Sin embargo, parte de los alumnos divergen de su posición, y eso lo lleva a introducir algunas ideas acerca del carácter de construcción permanente del conocimiento.

P *¿Estamos? Bueno, yo creo que la conclusión más importante en el episodio de la luneta es que la Tecnología precede la Ciencia. Así, esa idea de que la Ciencia genera Tecnología, resulta cuestionable,*

porque eso no siempre es verdad. En algunos casos puede ser, pero en otros no. Claro que ellas andan siempre lado a lado, en algunos momentos es fácil separarlas, en otros no.

MO *Para decir la verdad, no me convence.*

P *Bueno, de eso se trata. Conocimiento es eso, conocimiento no es, tú no puedes, yo no te estoy midiendo la verdad. Estoy tratando de convencerte, ¿no es cierto? Dentro de algún tiempo tal vez lo puedas aceptar, o no, pero eso es el conocimiento, no es... yo no vendo verdades. Conocimiento no es eso de las verdades, conocimiento científico no es la verdad absoluta, acabada. Si fuera la verdad absoluta, acabada, sería religión. Nosotros aquí no estamos haciendo religión. Estamos haciendo conocimiento, estamos construyendo conocimiento. Y es eso. Pero tú puedes poner en cuestión lo que yo pienso.*

CA *Pero está probado que es verdad lo que dijiste, ¿no? O sea... todo el mundo está de acuerdo que en ese caso realmente la Tecnología...*

P *Mira...*

CA *La mayoría...?*

P *En realidad, cuando lees o haces Ciencia, siempre tienes un ala que dice que sí, y un ala que dice que no. Nunca hay un consenso colectivo de todos los historiadores, filósofos, que crean que Galileo fue eso. E incluso sobre Galileo hay mucha controversia, hay gente que cree que no, hay gente que cree que sí. Por eso, cuando lees un texto debes citar la fuente [...]*

GE *¿Está probado, profesor?*

P *¿El qué?*

GE *¿En ese texto, que su problema era tecnológico?*

CA *Nosotros no estamos de acuerdo.*

P *Bueno, pues de eso se trata: de discrepar.*

KA *¿Y puedo quedarme con lo tecnológico y lo científico, entonces?*

Las observaciones de las alumnas parecen indicar la necesidad de que las ideas se presenten como verdades (CA: *Pero está probado que es verdad lo que dijiste, ¿no?*; GE: *¿Está probado, profesor?*).

Y la educación escolar ha apoyado esa postura, porque el ignorar las dimensiones histórica y filosófica de la Ciencia favorece una visión distorsionada de la actividad científica, basada en concepcio-

nes empírico-inductivistas: la Ciencia [y demás contenidos escolares, incluso la Historia misma] está compuesta de verdades incontables. La rigidez e intolerancia de esta perspectiva subestima la creatividad del trabajo científico y crea un obstáculo intransponible para la enseñanza de Ciencia, pues, además de pretensiosa y reduccionista, capaz de atribuirle a la Ciencia características inapropiadas, tal perspectiva acaba por moldear el comportamiento del estudiante a esa imagen –el pensamiento divergente y las opiniones conflictivas no se consideran importantes, incluso a veces, se consideran negativos (Gil-Pérez, 1985, apud Castro & Carvalho, 1995).

Por eso es importante que los estudiantes vivan situaciones de conflicto de ideas, lo cual puede contribuir a hacerlos reflexionar sobre el *status* negativo que tales situaciones conllevan. Fue lo que ocurrió en esta clase: como los estudiantes habían reflexionado y discutido previamente en sus grupos, se sintieron seguros al defender un punto de vista contrario al del profesor, presentando sus argumentos como corresponde, hecho que se observa en el Momento 2.

3.2. *Del potencial*

MOMENTO 2

Al discutir con el profesor y con los demás alumnos de la clase sobre la naturaleza de las dificultades que tuvo Galileo al construir la luneta, algunos grupos defendieron su carácter tecnológico y otros, su carácter científico.

El profesor hizo su síntesis:

P Vamos a ver: el problema que encontró Galileo fue un problema de carácter tecnológico, técnico. El tenía que pulir los lentes, a lo mejor sin saber por qué los lentes tenían esas propiedades. Galileo no sabía, nadie sabía en esa época, explicar por qué los lentes funcionaban así, ¿correcto? Y ahí uno puede distinguir muy bien qué es técnica y qué es Ciencia. Porque la Ciencia es, ella exige que uno

conozca la explicación de las causas, del porqué. Si Galileo hubiera hecho Ciencia en el caso del episodio del telescopio, él sabría, o tendría que saber explicar cómo y por qué funcionaban los lentes, pero ni él ni nadie lo sabía en esa época. Pero resulta que aún sin tener ese conocimiento, perfeccionó el instrumento, pulió los lentes y obtuvo resultados cada vez mejores. Por lo tanto el problema que tuvo Galileo fue un problema tecnológico, no científico. ¿Estamos?

CA ¿Pero la falta de conocimiento no es un problema científico? No podía saber hacerlo, no era un... no había profundizado el conocimiento científico como para hacer aquello ¿no?

P Pero es un problema técnico. El debía tener un instrumento para pulir el lente, que era un problema mucho más práctico, mucho más técnico que saber explicar las causas y los porqués. El problema científico, en ese caso, es saber explicar por qué los lentes aumentan los objetos de tamaño. A él no le interesaba contestar esta pregunta.

MA Sólo que, por ejemplo, si él hubiera tenido el conocimiento científico de los lentes, cuando los iba a hacer por primera vez, ya los habría hecho cóncavos...

P Justamente. Ésa es una cuestión importante: ¿qué es conocimiento científico? Porque si él tuviera ese conocimiento científico, podría prever, sabría anticipar el resultado. Pero él no lo sabía, ¿de acuerdo? Es porque el conocimiento científico abarca además de una explicación, el prever [...]

GE Pero desde el momento en que se puso a intentarlo y llegó a la conclusión de que si dejaba el lente curvo obtendría efecto, eso ya sería conocimiento científico.

P No sería conocimiento científico porque él no sabía explicar por qué el lente curvo iba a producir aquel resultado. ¿Por qué el lente plano no hacía nada y el lente curvo producía aquel efecto? El sabía, por sus observaciones, que el lente curvo tenía un resultado mejor que el lente plano (que no producía resultado alguno). Esto es una observación, ¿correcto? ¿Y dónde está la explicación? ¿Por qué? El no sabía contestar.

AN Pero no es sólo el aspecto tecnológico. Yo creo que ahí están los dos relacionados. Tanto el tecnológico, como el científico. En este caso no hay cómo distinguir si es uno de los dos.

Inicialmente el profesor planteó su punto de vista, pero los alumnos no estaban convencidos. CA señaló un aspecto pertinente: Galileo encaró, como problema, la falta de conocimiento científico (*¿Pero la falta de conocimiento no es un problema científico?*). Sin embargo, al parecer ella no alcanzó a reconocer que ese desconocimiento no representó un obstáculo para lograr el perfeccionamiento de la luneta (*No podía saber hacerlo, no era un... no había profundizado el conocimiento científico como para hacer aquello ¿no?*).

Se pueden plantear dos hipótesis: en primer lugar, una confusión entre saber y, usando sus propias palabras, “saber hacer”. Otra interpretación es que al concebir una relación causal Ciencia → Tecnología, CA razonó de manera análoga a Bacon: “siendo la causa ignorada, se frustra el efecto” (1973, aforismo III, libro I).

Insatisfechos con la explicación del profesor, los alumnos señalaron puntos importantes acerca de qué es la actividad científica, tales como la previsión (MA: *si él hubiera tenido el conocimiento científico de los lentes, cuando los hizo por primera vez, ya los habría hecho cóncavos...*) y la descripción (GE: *Pero desde el momento en que se puso a intentarlo y llegó a la conclusión de que si dejaba el lente curvo obtendría efecto, eso sería conocimiento científico*). Y a este segundo rasgo de la actividad científica –la descripción–, el profesor contrapuso su concepción: *Esto es una observación, ¿correcto? ¿Y dónde está la explicación? No sería conocimiento científico porque él no sabía explicar el porqué [...]*

Esto es lo más importante: que los alumnos revisen y ensanchen sus representaciones de Ciencia y Tecnología. La contraposición de ideas diferentes, además de relativizarlas y plantear la necesidad de justificar puntos de vista, puede conducir a la toma de conciencia y a aclarar ideas inicialmente indiferenciadas. Parafraseando a Siegel (1993) (que se refiere a la concepción de Ciencia), “deberíamos buscar para nuestros alumnos lo mismo que buscamos para nosotros: una conciencia y una apreciación cada vez más profundas de los problemas y dudas de nuestra[s] concepción[ciones]”.

MOMENTO 3

Como se podrá observar en el fragmento que sigue, la discusión acabó por desviarse del tema relaciones Ciencia-Tecnología para entrar, usando las palabras del profesor, “en el terreno de las intenciones” que Galileo habría tenido cuando perfeccionó la luneta.

P *Mire, él no tenía el conocimiento científico.*

GE *Así es. Le faltaba eso.*

P *Muy bien. En este sentido su problema era un problema científico. El no estaba preocupado en explicar el porqué. Estaba preocupado...*

DE *¡Es que no se sabe!*

P *¿Cómo dices?*

DE *No hay cómo saber si él estaba...*

P *Bueno, por lo menos ahí, históricamente. El estaba preocupado en perfeccionar el lente y en observar el resultado –si el lente era capaz de aumentar el tamaño del objeto.*

A lo largo de la discusión los alumnos tuvieron la oportunidad de plantear nuevas cuestiones más allá de lo propuesto. Así, al analizar el “terreno de las intenciones”, los alumnos señalaron eventuales objetivos científicos de Galileo respecto a la luneta –no en el sentido de comprender su funcionamiento, sino de llevar a cabo observaciones celestes:

P *Una pregunta que quisiera hacer ahora, que salió aquí en este grupo, es la siguiente: ¿Por qué Galileo apuntó el telescopio hacia la Luna? ¿Habría sido de casualidad?*

(Algunos alumnos dijeron que no.)

P *¿Será cierto?*

MI *Es que si no fue de casualidad, fue por conocimiento científico.*

P *Ahí está: ahora entramos al terreno de las intenciones. Es decir, Galileo era un genio, es muy posible. Además de ser consultor militar era también científico. Nosotros no podemos decir que fue así, tampoco podemos asegurar que sí o no, él apuntó el telescopio hacia la Luna de casualidad, sin querer, la miró y dijo “Mira, la Luna es así”. ¿No será que él ya tenía una concepción del mundo, una teoría, un conocimiento que lo impulsó a...*

DE *Para mí que sí tenía...*

P *... a apuntar el telescopio a la Luna? ¿será que tendría una intención previa?*

(Una parte de la clase está de acuerdo.)

P *¿O fue de casualidad? Es muy difícil saberlo.*

LI *Quizás haya sido por mera curiosidad.*

P *Puede ser... pero no hay cómo saberlo.*

La duda de los alumnos acerca de las intenciones de Galileo constituye un punto controvertido entre los mismos historiadores de la Ciencia, y hay dos argumentos que sostienen su relevancia: la imposibilidad de una versión final y correcta para todas las disputas entre puntos de vista diferentes, y la importancia pedagógica de los debates y contraposición de ideas.

Sin embargo, la inclusión de temas contradictorios entre los propios filósofos e historiadores de la Ciencia requiere que se vuelvan a plantear los objetivos educativos; en tal caso, no fomentar respuestas finales, sino “[...] algún *insight* sobre el modo como trabajan los científicos o cómo se obtiene el nuevo conocimiento científico” (Kipnis, 1995, p. 613).

4. Nuestra experiencia en formación de profesores

En nuestros cursos de formación de profesores, de nivel inicial o permanente, planteamos la discusión sobre la importancia de introducir actividades de C/T/S mostrando y analizando la experiencia didáctica antes descrita. A partir de los videos y de nuestros análisis podemos proponer debates sobre varios puntos importantes para la enseñanza.

Uno de estos puntos es la importante relación entre contenido y metodología, y cómo dicha relación puede suceder cuando el enfoque histórico es el tema de nuestras clases.

Al sistematizar las propuestas constructivistas, una de las características que señala Driver (1986) es que se tengan en cuenta los

conocimientos e ideas previas de los estudiantes. De hecho, se entiende que las ideas de los alumnos se deben considerar tanto cuando se hace la planificación didáctica, como en las situaciones de enseñanza. Pero también hay que estar atento a la necesidad de reestructurar tales ideas.

Es importante detenerse en este punto: ¿de qué orden serían tales reestructuraciones? Contrario a las estrategias de cambio conceptual, entendiendo que “el aprendizaje significativo [...] no es cosa de todo o nada” (Coll, 1996, p. 141).

Así, por ejemplo, se sabe que los estudiantes ya tienen ideas acerca de lo que constituye el conocimiento científico, y también de sus relaciones con la Tecnología. Sin embargo, de las contraposiciones que afloran de las informaciones de un texto en una actividad o de las discusiones con el profesor y demás alumnos, no se espera que determinadas concepciones filosóficas cambien necesariamente.

Se entiende que si el estudiante tiene conciencia de sus concepciones, esto constituye un aspecto importante de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Esa concienciación, fomentada por la revisión de ideas, puede producir un cambio de concepción, hecho que se observa en la declaración de una alumna de uno de los grupos donde se introdujo la actividad:

P *Tu contestación ¿no “está de acuerdo con el desarrollo científico y tecnológico”?*

AN *No. No está de acuerdo con lo que uno pensaba antes.*

P *Ah, antes. ¿Por qué? ¿Qué pensábais antes?*

AN *Que la Ciencia venía antes de la Tecnología.*

Por otra parte, aunque esto no suceda siempre, resulta más importante que las actividades en Historia y Filosofía de la Ciencia lleven a los alumnos a rever y ampliar sus representaciones, para que adquieran “conciencia y apreciación cada vez más profundas de los problemas y dudas” que las mismas plantean.

Esa postura, que no supone averiguar las ideas de los alumnos para luego contestarlas, valora las ideas de los alumnos, favoreciendo su creatividad y autonomía. De ese modo, el replanteo que se defiende para las reestructuraciones de las ideas de los alumnos no considera sólo el conocimiento del sujeto, su historia pasada, sino también su futuro, sus perspectivas.

Otro tema que se debe subrayar en los cursos de formación de profesores es la importancia del conocimiento histórico, para que las discusiones filosóficas se respalden en un marco histórico, que aporte subsidios para debates fundados.

Se entiende que “aprender Ciencias [y aprender *sobre* Ciencias] implica que los jóvenes adquieran una forma diferente de pensar y de explicar el mundo; volverse socializado, en mayor o menor extensión, en las prácticas de la comunidad científica con sus propósitos particulares y sus maneras peculiares de ver y de explicar” (Driver *et al.*, 1994). Cuando se involucran de hecho en ese “proceso de aculturación”, los estudiantes se disocian de las prácticas que remiten a sí mismo, pues para comprender esa nueva forma de ver el mundo, las ideas que traen no bastan o no son congruentes.

Nos ocupamos también de que los profesores adquieran conciencia del desarrollo de las habilidades cognitivas y argumentativas entre los alumnos. La argumentación –una de las realizaciones más importantes de la educación científica (Deanna Kuhn, 1991, 1993; Duschl, 1995; Driver, 1997)– sale favorecida cuando proponemos ese tipo de actividades ya que los estudiantes tienen que justificar y debatir sus puntos de vista.

Ahí se establece una interfaz directa entre el contenido y el modo como la Historia y la Filosofía de la Ciencia se introducen en el aula. En ese sentido, cuando los alumnos trabajan en grupo, cuando discuten sus ideas con los compañeros y con el profesor, se fomenta el desarrollo de habilidades de raciocinio, argumentación, expresión de ideas, además de la necesidad de reflexionar y respetar las ideas de los demás.

Sin embargo, el punto principal en estos cursos de formación de profesores concierne al papel que desempeña el profesor al introducir una propuesta didáctica innovadora. Es necesario subrayar su importancia. Aunque la dinámica interna de construcción del conocimiento no se pueda ignorar y tampoco sustituir mediante la intervención pedagógica, tal intervención es importante y consiste esencialmente en crear las condiciones adecuadas para que la dinámica interna ocurra y sea orientada hacia una determinada dirección, según las intenciones educativas (Coll, 1996). Es necesario que el profesor esté atento a su discurso en clase, entendiéndose por discurso cualquier expresión del profesor: ya sea que le conteste a un alumno, que haga una exposición o proponga nuevas cuestiones. El profesor tanto puede fomentar la argumentación de sus alumnos con un discurso persuasivo donde prevalezcan las cuestiones abiertas, como callarlos con un discurso de autoridad donde cuestiones del tipo: “¿Os queda alguna duda?”; “¿Habéis entendido qué quiere decir el texto?” son los grandes ejemplos.

En nuestros cursos de formación de profesores, tras las discusiones sobre la actividad de C/T/S/ siempre encontramos varios docentes que se interesan en reproducir nuestra experiencia didáctica, integrando estos conocimientos a su práctica en el aula, y creando condiciones para una reflexión sobre su propio trabajo docente.

Cuando tenemos la oportunidad de grabar esas clases y presentarlas en nuestros cursos, promovemos un análisis con el grupo en conjunto, y las discusiones de tales vivencias crean nuevos estímulos para los profesores y dan un significado de realidad y de posibilidad a las propuestas innovadoras.

Referencias bibliográficas

Alters, B. J. (1995). *Whose Nature of Science?* En F. Finley, D. Allchin, D. Rhees, S. Fifield (eds.), *Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference*, Minneapolis, pp. 33-47.

- Bacon, F.** (1973). *Novum Organum ou Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza*. J. A. R. de Andrade (trad.). São Paulo: Abril Cultural.
- Barnes, B.; Edge, D.** (1982). *Science in Context - Readings in the Sociology of Science*. London: The Open University Press.
- Carvalho, A. M. P. de** (1989). Formação de professores: o discurso crítico-liberal em oposição ao agir dogmático repressivo. *Ciência e Cultura*, vol. 41, N° 5, pp. 432-434.
- Carvalho, A. M. P. de; Garrido, E.; Castro, R. S.** (1995). El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase. *Investigación en la Escuela*, N° 25, pp. 61-70.
- Carvalho, A. M. P. de; Castro, R. S.; Laburu, C. E.; Mortimer, E. F.** (1992). Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa*, N° 82, pp. 85-89.
- Carvalho, A. M. P. de; Gil-Pérez, D.** (1993). *Formação de Professores de Ciências*. S. Valenzuela (trad.). São Paulo: Cortez.
- Castro, R. S.; Carvalho, A. M. P. de** (1995). The Historic Approach in Teaching: Analysis of an Experience. *Science & Education*, vol. 4, N° 1, pp. 65-85.
- Coburn, W. W.** (1996). Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education, *Science Education*, vol. 80, N° 5, pp. 579-610.
- Cohen, B. I.** (1992). *The Birth of a New Physics*. London: Penguin Books, 1992.
- Coll, C.** (1996). *Psicologia e Currículo - Uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar*. São Paulo: Atica.
- Díaz, J. A. A.** (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS - Una breve revisión del tema. *ALAMBIQUE Didáctica de las Ciencias Experimentales*, N° 3, Jan., p. 75-84.
- Drake, S.** (1983). *Telescopes, Tides and Tactics - A Galilean Dialogue about the Starry Messenger and Systems of the World*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Driver, R.** (1986). Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, N° 1, pp. 3-15.
- Driver, R. e Newton, P.** (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms *Paper prepared for presentation at the ESEARA Conference, 2-6 September, Rome.*

- Duschl, R. A.** (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, Nº 1, pp. 3-14.
- Gibert, A.** (1982). *Origens Históricas da Física Moderna*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Gil, D.** (1993). 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*, vol. 11, Nº 2, pp. 197-212.
- Gil, D.** (1995). New trends in science education. *International Journal of Science Education* (preprint).
- Gil, D.; Carrascosa-Alis, J.** (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching. *Science Education*, vol. 78, Nº 3, pp. 301-315.
- Kipnis, N.** (1995). *Blending Physics with History*. En F. Finley, D. Allchin, D. Rhees, S. Fifield (eds.). Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference. Minneapolis.
- Koestler, A.** (1989). *O Homem e o Universo (The Sleepwalkers - The History of Man's Changing Vision of the Universe)*. A. Denis (trad.). São Paulo: Ibrasa.
- Kuhn, D.** (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science Education*, v. 77, Nº 3, p. 319-337.
- Laudan, L.** (1977). *Progress and Its Problems - Towards a Theory of Scientific Growth*. Berkeley: University of California Press.
- Matthews, M. R.** (1994a). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, Nº 2, pp. 255-277.
- Matthews, M. R.** (1994b). *Science Teaching - The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- Mayr, O.** (1982). *The science-technology relationship*. En B. Barnes, D. Edge (eds.), *Science in Context - Readings in the Sociology of Science*. London: The Open University Press.
- Price, D. de S.** (1975). *Science Since Babylon*. New Haven and London, Yale University Press.

- Sabra, A. I.** (1981). *Theories of Light - from Descartes to Newton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schurmann, P. F.** (1946). *Luz y Calor - 25 siglos de hipótesis acerca de su naturaleza*. Buenos Aires: Espasa-Calpe Argentina.
- Siegel, H.** (1993). Naturalized Philosophy of Science and Natural Science Education. *Science & Education*, vol. 2, N° 1, pp. 57-68.
- Trivelato, S.L.F.** (1993) - *Ciência, Tecnologia e Sociedade - mudanças curriculares e formação de professores*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de S. Paulo.
- Trumbull, D. J.** (1987). *The Irrelevance of Cognitive Science to Pedagogy: Absence of a Context*. En H. Hugh, J. Novak (eds.), *Second International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*, Ithaca, pp. 490-495.
- Vannucchi, A.I.** (1996). *História e Filosofia da Ciência - da teoria para a sala de aula*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.