

# FUNDAMENTOS CONCEPTUALES Y DIDÁCTICOS

## EL TRABAJO DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA: REFLEXIÓN CRÍTICA Y FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICO-DIDÁCTICOS<sup>1</sup>

*Lab work in teaching Geology: critical reflection and epistemologic didactic bases.*

J. Praia (\*) y L. Marques (\*\*)

### RESUMEN:

*Este trabajo intenta analizar, a partir de una revisión bibliográfica, los diferentes objetivos y procedimientos, usados por los profesores para promover actividades de trabajo de laboratorio (TL), así como algunas perspectivas de enseñanza subyacentes a las prácticas, aunque no sean asumidas de una forma explícita. Se analizan elementos de investigación que siguen modelos de enseñanza y aprendizaje de raíz constructivista sobre las actividades de trabajo de laboratorio, realzando el carácter problematizador del conocimiento. De este análisis se desprenden nuevas sugerencias de actividades para el trabajo de laboratorio, basadas en fundamentos epistemológicos, en consonancia con la perspectiva actual de la ciencia de matriz racionalista.*

### ABSTRACT:

*A selection from the review of literature related to the aims and procedures concerned with practical work at secondary schools will be made throughout this paper. In addition teachers' beliefs which support their practices will be discussed.*

*Suggestions emerging from educational research rooted on a constructivist framework both provide a set of guidelines for students and teachers' procedures and emphasizing the potential of problem-solving techniques in the lab.*

*A discussion is made at the end on the desirable change from traditional students and teachers' procedures towards attitudes rooted on a rationalist epistemology.*

**Palabras clave:** Trabajos prácticos, formación de profesores, epistemología racionalista, resolución de problemas.

**Key Words:** Practical work, teacher training, epistemology rationalist, problem-solving.

La filosofía de la ciencia experimental es excesivamente más viva que aquél peso muerto que es la filosofía de la teoría pura.

*Ian Hacking, 1992*

### JUSTIFICACION

Si es verdad, como los resultados de la investigación parecen señalar, que la curiosidad de los jóvenes por la Ciencia disminuye a medida que la escolaridad avanza, tenemos una buena justificación para que profundicemos y nos interroguemos sobre la enseñanza de las ciencias, y en particular, sobre la enseñanza de la Geología. Además, en este contexto, el trabajo de laboratorio en Geología tiene que ser incentivado a lo largo de la escolaridad. Esta idea del desinterés de los jóvenes no es ajena a una forma inadecuada de enseñar ciencias, que po-

ne el énfasis en la memorización de hechos y que olvida sistemáticamente, que es necesario, sobre todo desarrollar el gusto por el aprendizaje. Se trata de ayudar a crear nuevas actitudes que ayuden a los alumnos a poder comprender y a valorar, adecuadamente, el conocimiento científico geológico para poder integrarlo en el cotidiano, a fin de comprender cada vez mejor el mundo que los rodea. En fin para enjuiciar con fundamento las noticias transmitidas por los medios de comunicación. Lo que está en juego es también una mejor formación del ciudadano, que gane en actitudes y valores, y que sepa administrar la información, para transformarla en

(\*) Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Oporto, Portugal

(\*\*) Departamento de Didáctica y Tecnología Educativa de la Universidad de Aveiro Portugal

(1) Para el desarrollo del trabajo hemos contado con el apoyo del Proyecto PI/15/94 do I.I.E..

conocimiento, en vez de acumular simplemente las informaciones que le llegan. Por otra parte, si pensamos que la Geología posee dificultades internas resultantes de su naturaleza epistemológica, a las que se añaden dificultades conceptuales de los alumnos y la escasa utilización del trabajo experimental entre las estrategias de enseñanza, nos encontramos frente a una situación grave que urge alterar, concienciando y movilizándolo a los responsables para modificar esta situación de gran déficit curricular-educacional. Viene a propósito la cita de Vic Mayer (1996) "the Earth is unique, a planet of a rare beauty, and great value". En esta dirección de pensamiento, pensamos que un fuerte impulso puede (debe) darse por medio del TL, generando una actitud más motivadora para aprender y conceptualmente más enriquecedora, ayudando a invertir un ambiente de aprendizaje que clasificamos de árido y pobre y que en nada contribuye a dar una idea de lo que es la Geología, de sus problemas, preocupaciones y de sus contribuciones a la comprensión de un planeta vivo y dinámico: la Tierra.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de laboratorio es hoy por excelencia un polo de debate y reflexión en la educación científica, haciendo brotar intervenciones, no siempre coincidentes de profesores, especialistas, decisores del currículo y de políticas educativas nacionales y regionales.

Los resultados recientes de la reflexión y de la investigación, tienen como referencia el marco de la "nueva" filosofía de la ciencia y permitieron crear las condiciones de una reconceptualización del trabajo experimental, poniendo atención en la pertinencia didáctica y la epistemología que le es subyacente.

Aunque haya sido periódicamente desacreditado y en ciertas ocasiones calificado como «pérdida de tiempo», la importancia del trabajo de laboratorio<sup>2</sup> en la educación en ciencias ha permanecido incontestada (Hodson, 1994).

¿Qué orientación debe darse al uso de actividades de trabajo de laboratorio? Es interesante constatar que el trabajo de laboratorio recibe el apoyo casi universal del colectivo de los profesores de ciencias. Por otro lado, se verifica la poca investigación realizada para obtener evidencias convincentes en el sentido de corroborar la eficacia del trabajo experimental (Hodson, 1994).

La imagen de ciencia obtenida por los alumnos, depende en buena medida de lo que los profesores de ciencias les proporcionen (Praia & Cachapuz, 1994). Se comprende así el creciente interés de la

investigación educativa por la enseñanza de la ciencia (y en este caso en particular por el trabajo de laboratorio) desde un punto de vista epistemológico (Praia & Cachapuz 1994).

Se reconoce sin dificultad, que los conceptos que los profesores poseen sobre la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica, podrán influir en su práctica profesional, incluyendo la planificación de las actividades de aprendizaje.

Se debería también tener en cuenta, como ejemplo posible para la concepción y ejecución de actividades de trabajo de laboratorio, una articulación entre los diferentes componentes de la enseñanza de las ciencias en el marco de una didáctica constructivista, en particular entre la componente de la especialidad, la componente pedagógica y la componente epistemológica (Cachapuz, 1995). Los aspectos epistemológicos son los que tal vez condicionen de una forma más acentuada la enseñanza de la ciencia, si tenemos en cuenta que siempre subyacen tres aspectos esenciales según Hodson (1992 y 1994): el aprendizaje de la ciencia, el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica de la ciencia<sup>3</sup>.

Una nueva orientación del trabajo de laboratorio requiere también el desarrollo de materiales curriculares alternativos, teniendo en cuenta que los utilizados habitualmente resultan inadecuados para aproximar al alumno a la actividad científica (Bastida et al., 1990, Gil & Payá, 1988; Tamir & García Rovira, 1992) y por otra parte, es necesaria una formación docente específica (Furió & Gil, 1989; Lledó & Cañal, 1993; Olson 1990; Tamir, 1989, citados por García Barros et al., 1995). De esta forma Matthews (1994) refiere también que una formación de profesores adecuada (inicial y en ejercicio profesional) está condicionada por la inclusión de temas emergentes de la historia y de la filosofía de la ciencia<sup>4</sup>, así como por una amplia difusión de los programas de ciencias.

## CUESTIONANDO EL TRABAJO DE LABORATORIO

Los profesores cuando se proponen realizar actividades de trabajo de laboratorio, la mayoría de las veces, tienen en mente varios objetivos (por ejemplo, motivar a los alumnos, enseñar técnicas de laboratorio, desarrollar capacidades científicas,...). Se puede constatar los motivos más desconcertantes a partir de preguntas realizadas a los profesores sobre las razones personales para promover actividades de TL. De esta manera, analizando los diferentes motivos por los cuales los profesores promueven actividades de TL en la sala de aula, Woolnough & Allsop (1985), Lynch (1987) y

(2) Según Hodson (1993 y 1994) los términos "trabajo de laboratorio" (expresión usada en América del Norte), "trabajo práctico" más usado en Europa, Australia y Asia) y "experiencias" son utilizados prácticamente como sinónimos. En el presente trabajo se utiliza casi siempre la designación de trabajo de laboratorio.

(3) Aspectos principales de la enseñanza de las ciencias que tendrán un desarrollo a lo largo del trabajo.

(4) "Algún conocimiento de historia y de filosofía de la ciencia debería formar parte del bagaje intelectual de todos los profesores de ciencias de la enseñanza secundaria" Thomson (1918), citado por Matthews (1994).

Tamir et al., (1991) (citados por Hodson, 1992<sup>a</sup>, 1993 y 1994) los reúnen en diferentes categorías, pareciendo existir sin embargo, un cierto paralelismo entre las diversas categorías identificadas por estos investigadores, pudiéndose además constatar que, en la última década, los objetivos de los profesores sobre la concepción y realización de TL no sufrieron casi alteraciones significativas. Mientras tanto, a partir de la identificación de estas categorías de objetivos, Woolnough & Allsop y Hodson plantearon varios interrogantes críticos sobre el valor de TL. De esta manera, Woolnough & Allsop (1985) preguntan: *Does it work? (=¿Cumple sus objetivos el trabajo de laboratorio?*. O bien como hizo Hodson (1994), cuestionando de forma crítica los cinco siguientes objetivos: 1. *¿Motiva el trabajo de laboratorio a los alumnos?* *¿Existen otras formas alternativas o más adecuadas para motivarles?* 2. *¿Adquieren los alumnos las técnicas de laboratorio a partir del trabajo que realizan en la escuela?* *¿Es positiva la adquisición de estas técnicas desde el punto de vista educativo?* 3. *¿Ayuda el trabajo de laboratorio a los alumnos a comprender mejor los conceptos científicos?* *¿Existen otros métodos mas eficaces para conseguirlo?* 4. *¿Qué imagen adquieren los alumnos sobre la ciencia y la actividad científica cuando están en el laboratorio?* 5. *¿Hasta qué punto el trabajo de laboratorio que los alumnos efectúan puede favorecer las denominadas «actitudes científicas»?* *¿Serán éstas necesarias para practicar el correcto ejercicio de la ciencia?*

Intentando responder a los cinco grupos de preguntas, resulta posible reflexionar también sobre las concepciones de la enseñanza inherentes a las prácticas de los profesores. Dentro de este contexto, es importante decir que los profesores no siempre tienen en cuenta que existe una relación inversa entre el entusiasmo de los alumnos por TL y su edad (Lynch & Ndyetabura, 1984 citados por Hodson, 1994). A medida que se avanza en los años de enseñanza, los ejercicios prácticos van siendo cada vez mas estructurados y con menor grado de investigación. Pensemos como ejemplo en lo que puede acontecer con la actividad que sea propuesta a alumnos de diferentes edades de 12-13 años para analizar los resultados de las condiciones de enfriamiento, rápido o lento, de una substancia en fusión como es el caso del azufre, para a partir de ahí poder deducir las condiciones de formación de una roca con *feno* o *microcristales* igualmente que con una estructura vítrea. No dejemos de considerar, por otro lado, la propuesta de actividad que puede hacerse a alumnos en edades comprendidas entre los 15 y 16 años, relativa a la forma en que varía o no, la distancia entre dos porciones consecutivas de rift cuando se realiza la expansión de los fondos oceánicos. Se observa que el mayor grado de estructuración de la segunda pregunta contrasta con la sencillez de la primera. O sea, un tipo de actitud que no privilegia el tratamiento diferenciado de situaciones problemáticas contraria a las orientaciones constructivistas sobre el abordaje de estrategias desafiantes y motivadoras (Gil, 1982; Gil & Marti-

nez-Torregosa, 1983 y 1987; Driver & Oldham, 1986; Burbules & Linn, 1991; Gil et al., 1991; Wheatley, 1991, citados por Gil Pérez, 1993).

La enseñanza basada en destrezas defiende que las capacidades manipulativas, además de tener, gran valor *per se*, se pueden transferir para contextos diferentes. Sin embargo, las habilidades manipulativas tienen reducido valor (ver e.g. Hodson, 1990) y son varios los ejemplos que evidencian, no ser transferibles para la vida diaria habilidades aprendidas de una forma descontextualizada. Véase, como ejemplo, qué consecuencias se derivan de una eventual buena disposición de los alumnos en relación a la identificación de elementos de simetría en cristales o modelos cristalográficos pertenecientes a diversos sistemas de cristalización. Considérese el resultado de la variación del flujo de la corriente necesaria para el estudio de los diversos tipos de transporte, como suspensión, saltación y rodadura. Por otro lado, los que defienden el segundo argumento, asumen una visión idealista, al acreditar en un “modelo de enseñanza” dónde todos los alumnos procurarán ser investigadores y técnicos, como si la sociedad pudiese garantizar empleos para todos ellos. En respuesta a la tercera pregunta, los datos de la investigación refieren que el método empleado en TL puede ser tan válido como cualquier otro, o hasta ser perjudicial si fuera incorrectamente utilizado (Hofstein & Lunetta, 1982; Kirschner & Meester, 1988; Gunstone & Champagne, 1990; Tobin, 1990, citados por Hodson, 1994). Por otra parte, no debemos pensar que el alumno, por estar mucho tiempo en situación de prácticas de laboratorio, puede llegar a construir por sí mismo los conocimientos que ha exigido los mayores esfuerzos de los equipos de investigación (Gil Pérez 1993). El TL individual también se revela contraproducente y puede dar lugar a una comprensión incoherente y distorsionada de la metodología científica (Millar, 1989; Selley, 1989; ; Klopfer, 1990, citados por Hodson, 1994) y de la propia comunidad de investigadores. En las décadas de los 60 y los 70, determinados cursos de ciencias (BSCS, ESCS, Nuffield...) consiguieron unir los puntos de vista progresistas de la enseñanza, centrada en el alumno, dando énfasis a la investigación y al descubrimiento con ideas inductivistas sobre la naturaleza de la investigación científica. De esta forma surgieron las actividades de trabajo de laboratorio introducidas en el Aprendizaje Por Descubrimiento (APD) - con “la pretensión de que el alumno descubre, sistemáticamente, por su propia cuenta, ideas a partir de hechos y hasta la convicción de que todos los contenidos son productos incidentales y colaterales de un proceso más o menos intuitivo” (Santos & Praia, 1992). Pensemos en una situación específica, cuando se propone al alumno una actividad de identificación de minerales como cuarzo, feldespatos y micas, con la intención de seguidamente proceder a la clasificación de rocas como el granito, olvidando o pudiendo olvidarse que esta generalización no es científicamente correcta (piénsese por ejemplo, en la constitución de la granodiorita o en la misma diorita) se puede estar contribu-

yendo a una visión restrictiva de la composición mineralógica de los distintos tipos de rocas.

Hodson (1994) apunta críticamente cuatro factores asociados entre sí que permitieron justificar lo injustificable, o sea, hacer perdurar el modelo de aprendizaje basado en el descubrimiento de orientación inductivista hasta nuestros días:

1. El modelo APD parece más “sencillo” que otros modelos de ciencias y los alumnos pueden utilizarlo con “más facilidad”.

2. El prestigio de que gozan los métodos centrados en el alumno, los cuales debido a características lingüísticas comunes (indagación, investigación, observación, descubrimiento, etc) operan a favor de un modelo científico inductivista (Harris & Taylor, 1983, citados por Hodson, 1994).

3. Las representaciones que los profesores tienen en relación con la naturaleza de la ciencia derivan de sus propias experiencias de aprendizaje (en los cursos de ciencia a que asistieron en la escuela y en la universidad), y que son reforzados (por tendencias empiristas e inductivistas) en los libros de texto y en los materiales de ciencias.

4. La creencia en un método científico como un algoritmo capaz de dirigir las investigaciones científicas.

En respuesta a las dos últimas preguntas, existe la idea subyacente en el pensamiento de los profesores, de que los alumnos apreciarán mejor la actividad de los científicos si se adopta una postura de objetividad libre de valores y teóricamente exenta a priori de juicios, imparcial y con predisposición para considerar otras ideas o sugerencias, evitando formular juicios apresurados (Hodson, 1994).

Sin embargo los científicos son excesivamente especulativos y elaboran hipótesis y teorías mucho antes de poseer resultados prácticos, por eso resulta ingenuo, concebir la ciencia como un sencillo descubrimiento iniciado por la observación neutral o por la confirmación experimental positiva. A semejanza de la posición tomada por el científico en la investigación, también resulta necesario que “los profesores comprendan e interioricen la importancia del elemento cognitivo y adquieran la conciencia del papel del individuo en la construcción del conocimiento” (Praia, 1995).

Finalmente, es importante explicitar lo que ha estado subyacente: que las representaciones que los profesores tienen sobre lo que es la Ciencia, sobre lo que es hacer Ciencia, sobre lo que es “el método científico”, interfieren no solamente en lo que enseñan, sino sobretodo, en el “cómo enseñan” lo prescrito en el curriculum y también en el significado que parecen atribuir a esa enseñanza, en este caso, al TL.

Con la cooperación de pensadores de gran importancia y prestigio tales como Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, entre otros, la epistemología racionalista contemporánea, crea de hecho una ruptura entre el modelo clásico positivista, generando concepciones más recientes que se ven traduci-

das y transpuestas, todavía con cuidado, para el marco didáctico, en prácticas cognitivo-constructivistas.

De esta manera, es importante que en un marco didáctico coherente con las tesis defendidas por estos epistemólogos, las actividades de TL, por ejemplo, la interpretación de estructuras como la estratificación graduada, no deberían tener un carácter mecánico confirmatorio y efectuado de acuerdo con un protocolo por fases y tipo recetario, sino que deberían surgir como una averiguación de respuesta a una pregunta formulada - ¿por qué razón aparecen niveles de granulometría diversa? - permitiendo la identificación de un conjunto de conceptos relevantes tales como la energía cinética del medio, la masa de las partículas sedimentarias, la forma de los sedimentos, la gradación positiva o negativa, el paso brusco o gradual y su significado.

En esta línea, Cachapuz (1992) ha destacado como aspecto determinante en la evolución de la Didáctica de las Ciencias en los años 80, la percepción de la necesidad de reconstruir la articulación entre la enseñanza de las Ciencias y la Filosofía de la Ciencia en el marco de la Nueva Filosofía de la Ciencia. Cleminson (1990) evidencia los principios orientadores de la Nueva Filosofía de la Ciencia con relevancia educativa y naturalmente con impacto en las actividades de trabajo experimental. De esta manera, para este investigador en educación científica:

1. El conocimiento científico es provisional y nunca debe de ser asumido como la verdad. Tiene solamente un estatuto temporal. Por ej., el resultado de la interpretación de estructuras sedimentarias en la reconstrucción paleoecológica es susceptible de variación con el tiempo.

2. La observación aislada no puede dar origen al conocimiento científico de una forma inductiva. Nosotros observamos el mundo a través de lentes teóricas construidas a partir del conocimiento previo. No puede haber distinción nítida entre la observación y la inferencia. Por ej., observando una determinada serie de estructuras sedimentarias, éstas solamente serán útiles si se usan en reconstrucciones de ambientes antiguos a partir del momento en que son “leídas” a la luz de un marco de factores que deberían darse juntos para que su registro fuese efectuado.

3. El conocimiento nuevo en la ciencia es producido por actos creativos de la imaginación asociada a los métodos de investigación científica. De esta manera, la ciencia es una actividad personal e intensamente humana. Por ej., el ciudadano-geólogo hace la interpretación del pasado geológico a partir de la articulación entre las interpretaciones hechas por sedimentólogos, paleontólogos, especialistas en tectónica, geocronólogos.

4. La adquisición de conocimientos científicos nuevos es problemática y nunca fácil. Por ejemplo, no es fácil sustituir modelos interpretativos de las cuencas Jurásicas y Cretácicas portuguesas por otros nuevos, dada su peculiaridad.

5. Los científicos estudian el mundo del cual for-

man parte. Por ello el cuestionamiento y la formulación de problemas deberán partir de la realidad geológica natural que envuelve al alumno en vez de presentarse a partir de un conjunto de ítems curriculares.

Matthews (1994), refiere que la enseñanza de las ciencias debe contribuir a presentar una imagen más rica y más diversificada de la ciencia, en vez de la que nos presentan en los textos escolares y en las aulas. Ese éxito depende por un lado de la introducción apropiada de cursos de historia y filosofía de la ciencia dirigido para profesores en formación (inicial) y para los docentes en ejercicio profesional y por otro lado, del tratamiento de los contenidos curriculares a partir de cuestiones problemáticas que tienen significado para los alumnos y se sitúen cerca de su nivel de desarrollo.

## NUEVO MARCO PARA EL TRABAJO DE LABORATORIO

Los profesores utilizan a menudo, frente a la problemática del trabajo de laboratorio, una metodología entre dos límites. La primera se refiere a la “sobre dosis” del TL como una panacea, con el fin de alcanzar todos los objetivos del aprendizaje. La segunda reduce drásticamente la utilización del TL.

Lopes (1994) sintetiza, de una forma clarividente, lo que Hodson (1992b) defiende al presentar ocho puntos merecedores de atención, en relación a lo que se hace (o hacía) en las clases en términos de TE/TL/TP en el ámbito de un curso de ciencias. Para él:

1. Los ejercicios prácticos se hacen sin ninguna base teórica;
2. Se pretende que lo concreto se vuelva abstracto;
3. El trabajo manipulativo de laboratorio es muy extenso (ocupa mucho tiempo de la clase) lo que conduce a un tiempo de contacto pasajero con el contenido en cuestión;
4. Muchas veces el contenido es proporcionado por el profesor, dejando poco espacio para que el alumno pueda construir su significado personal;
5. El trabajo de laboratorio se contempla como un medio de obtención de información o de datos únicamente circunstanciales;
6. Los alumnos no están incluidos ni en el proyecto ni en la planificación de las investigaciones experimentales (es el profesor quien lo hace), lo cual se traduce en un trabajo con poca utilidad desde el punto de vista pedagógico;
7. Los alumnos no solamente no poseen la teoría necesaria y apropiada para la comprensión de lo que ejecutan sino que pueden poseer otra teoría diferente. Lo que lleva a observaciones e interpretaciones incorrectas;

8. Existen experiencias que únicamente sirven para distraer a los alumnos de los conceptos teóricos importantes en los cuales están inmersos, así como para inhibir su pensamiento creativo.

En la misma línea, Cachapuz (1992) refiere los principios orientadores de las prácticas de los docentes:

1. Para que el TE/TL sea un medio adecuado en la enseñanza de las {Ciencias}<sup>5</sup> la condición necesaria es que quede bien claro para los profesores (y alumnos) lo que se espera de él, así como que comprendan que no siempre es el método de enseñanza más eficaz;
2. La exploración de objetivos de enseñanza encuadrados en la Nueva Filosofía de la Ciencia no puede ser dejada al “azar” de las situaciones de enseñanza en el aula; por el contrario, debe ser intencionalmente llevada a cabo;
3. El aula de clase no es un laboratorio de investigación (ni los alumnos son científicos) por lo cual las estrategias que se adopten tienen que tener o legitimidad filosófica (en particular la dimensión epistemológica) o pedagógica. Por tanto hay que armonizar estas dos dimensiones y el paradigma constructivista parece que sea una solución posible.

De esta manera, en la línea de lo que acabamos de referir, es importante señalar la necesidad de que una actividad de aprendizaje como TL tiene que ser asumida por los elaboradores de currículos y profesores como facilitadora del desarrollo conceptual de los alumnos, proporcionando la comprensión de aspectos particulares de la metodología científica, evidenciando el papel de la observación y de la teoría, el “estatuto epistemológico de la hipótesis” el impacto científico, tecnológico y social de una idea, el realce de la historia de la ciencia, etc. Subráyese que la posibilidad de establecer una articulación adecuada entre estas diferentes vertientes no aparece con el mismo grado de facilidad en todos los contenidos. Por ejemplo, actividades de laboratorio relacionadas con el estudio de la problemática de los fondos oceánicos (desde la alternancia de las capas con magnetismo normal e invertido, hasta al comportamiento de las fallas transformantes).

También se debe tener en cuenta el estímulo, la creatividad, de la misma manera que el contacto con diferentes formas de abordar los problemas científicos, tecnológicos y sociales a partir, siempre que sea posible, de TL de “investigación” entendido en el ámbito de la resolución de problemas, para los cuales los alumnos ni poseen la respuesta, ni la obtienen a partir de un abordaje metodológico único u orientadamente dirigido, o hasta impuesto.

1. En la secuencia de esta orientación el TL debe de ser redefinido teniendo en cuenta los objetivos de la enseñanza de las ciencias. En este sentido,

---

(5) Aquí surge la substitución de la Química por la propia Ciencia, con el objetivo de dar mayor coherencia en este contexto específico.

Hodson (1992b, 1994) describió como objetivos centrales: *Aprendizaje de las ciencias*: como la adquisición y el desarrollo de conocimientos teóricos (contenido de las ciencias). Conceptos tan diferentes como los de corrientes de convección, modelo de la estructura de la Tierra, registro sedimentario, pueden llegar a ser adquiridos a partir de algunas actividades de laboratorio.

2. *Aprendizaje sobre la naturaleza de las ciencias*: El desarrollo de la naturaleza y de los métodos de la ciencia, tomando conciencia de las interacciones complejas entre ciencia y sociedad. Por ej., como ejercicio didáctico, discutir la metodología a seguir para averiguar la viabilidad de la instalación de una presa en una determinada región geológica.

3. *La práctica de la ciencia*: desarrollo de los conocimientos técnicos, éticos, entre otros, sobre la investigación científica y la resolución de problemas. Como ejemplo, se sugiere que de entre un conjunto de rocas como la pizarra, caliza, mármol, granito, sienita, por medio de una definición de un proceso considerado adecuado, se identifiquen actividades de laboratorio susceptibles de indicar cuál es el tipo más apropiado para usar en los muebles de cocina.

Existe una interrelación entre los tres tipos de aprendizaje, sobresaliendo como más relevante para la metodología del TL - la práctica de la ciencia<sup>6</sup>. O sea, el aprendizaje de la ciencia debe proporcionar a los alumnos un proceso activo en el cual ellos puedan construir y reconstruir su propio conocimiento frente a las experiencias, adquiriendo el TL el papel de una estrategia de enseñanza de orientación constructivista. En el modelo clásico del TL es el profesor el que identifica el problema, formula hipótesis, elabora el plano experimental con los métodos de manipulación y condiciona el registro de datos a partir de la observación.

Otras alternativas se pueden añadir al modelo clásico de enseñanza. De esta manera, para Hodson (1994), el nuevo modelo deberá incluir cuatro aspectos:

1. Identificar las ideas y los puntos de vista de los alumnos.
2. Delinear experiencias para explorar tales ideas o puntos de vista.
3. Ofrecer estímulos para que los alumnos desarrollen y posiblemente modifiquen sus puntos de vista.
4. Apoyar las iniciativas de los alumnos en la reconstrucción de su propio pensamiento, ideas y puntos de vista.

En el modelo clásico o convencional, el profesor asume que la mayor parte de los alumnos no po-

see conocimiento científico antes de ser enseñado cualquier tema, o si existiese, es inadecuado y de fácil sustitución por el del profesor (con conocimiento superior). Esta visión inadecuada fundamentada en una epistemología empirista y en un modelo behaviorista encuentra su lógica en una pedagogía por objetivos<sup>7</sup>.

Por otro lado, las estrategias de enseñanza para un aprendizaje por cambio conceptual tiene en cuenta el papel de la epistemología en la ruptura entre los modelos clásicos y las concepciones más recientes traducidas por las prácticas en el ámbito del trabajo experimental.

No obstante el TL convencional puede, según Cachapuz (1992) y Hodson (1994), condicionar el comportamiento de los alumnos a ser ficticiamente activos, esto quiere decir, a hacerse la ilusión de que están empeñados en una tarea. piénsese a título de ejemplo, en qué consistían las actividades referentes a la determinación de la densidad de series de minerales a través de las sucesivas lecturas que era necesario hacer cuando se usaba el método de la balanza de Jolly. Al aparecer descontextualizada y de una forma no problematizante, esta actividad podría ser fuertemente reductora. De hecho, los alumnos siguen muchas veces el protocolo tipo receta o ejecutan funciones accesorias (leen valores de temperatura, esperan el intervalo de tiempo previsto en el guión para realizar una valoración, etc.). Muchas veces el tiempo consumido en las actividades de TE/TL sería mejor rentabilizado si los alumnos pudiesen previamente reflexionar sobre lo que debería suceder. Siempre que fuese posible los estudiantes deberían describir esas previsiones por escrito, así como las condiciones en que podrían ocurrir determinadas situaciones (Hodson, 1994), veamos, por ejemplo, un conjunto de condiciones de naturaleza geológica que deberían darse conjuntamente en un lugar determinado y que hiciesen viable la instalación de una incineradora. El TL podrá incentivar y proporcionar, a través de la explicitación del pensamiento y del desarrollo del lenguaje oral y escrito (e. g. discusión verbal e informes), el desarrollo personal y social.

Dentro de la misma línea, Goodman & Bean (1983) en el ámbito de un proyecto<sup>8</sup> para desarrollar las capacidades del pensamiento y de la escritura de los alumnos de la enseñanza no superior, afirman la ventaja del uso de informes que relaten la evolución de las actividades de laboratorio. Estos informes retratan, de forma reflejada y por escrito, los procedimientos asociados a la investigación, las hipótesis elaboradas y comprobadas, las dificultades encontradas con la posibilidad de poder ser posteriormente publicados en el periódico científico de la escuela. La discusión de los resultados obtenidos

(6) Para Hodson, (1994) es la propia idiosincrasia y personalización de la investigación científica (la práctica de la ciencia) la que proporciona al estudiante el estímulo para reconocer y comprender su interrelación.

(7) Resulta posible, según Cachapuz (1992) formular este cuadro de referencias teóricas por la ecuación (empirismo # behaviorismo = pedagogía por objetivos).

(8) A chemistry Laboratory Project to Develop Thinking and Writing Skills.

en el transcurso de las actividades de TL favorecen el diálogo del alumno consigo mismo, diálogo necesario para el proceso de estructuración de la información organizada/pensada y, por eso mismo racionalizada.

Sin que queramos sustituir el trabajo de laboratorio por otros métodos de aprendizaje alternativos, hay que tener en cuenta que muchas experiencias son complejas, consumen mucho tiempo, son costosas y a veces altamente peligrosas. El alumno deja de tener, en el espacio aula, el tiempo necesario para el análisis crítico y la discusión del trabajo desarrollado. La utilización del ordenador y de los vídeos interactivos permiten eliminar las interferencias de las experiencias concretas, favoreciendo la especulación y la previsión por parte de los alumnos, este ejercicio mental estimula la manipulación de las ideas como medio de construir conocimiento (Hodson, 1994). El "software" y otros programas interactivos pueden ser usados como medio alternativo o para sustituir determinadas fases del trabajo experimental como tal, Hodson define tres objetivos de aprendizaje los cuáles puestos en práctica desmitificarán la ciencia, haciéndola accesible a todos:

1. Los estudiantes aprenden mucho más sobre los fenómenos investigados y los conceptos que pueden ser escogidos para explicar las situaciones (tienen más tiempo y pueden manipular esos conceptos). Considérese la problemática relacionada con la alteración de las rocas existentes en muchos monumentos portugueses contruidos predominantemente por caliza o granito.

2. Adquieren algunas de las técnicas que los científicos utilizan para idealizar y planificar estrategias. Por ej., qué metodologías podrían seguirse para neutralizar acciones de los agentes de meteorización.

3. Aprenden que el "funcionamiento" de la ciencia está basado en el pensar, prever y experimentar, unas veces con éxito y otras sin él. En la secuencia del ejemplo referido podría darse a conocer la forma en que la utilización de películas protectoras en las rocas fue siendo sustituida por la infiltración profusa de productos que en cierta manera impermeabilizan la roca.

Conviene, sin embargo, destacar que las experiencias manuales dan bases sólidas para una experiencia personal, como sugieren Woolnough & Allsop (1985) - "getting a feel for phenomena". Si el conocimiento conceptual puede adquirirse a través de actividades de aprendizaje diversificadas (e.g. investigación bibliográfica, visitas de estudio, aulas de campo, etc.), el conocimiento procesual que le dio origen y del cuál no puede ser disociado, muchas veces, únicamente podrá adquirirse con la actividad de laboratorio. De esta manera, con el conocimiento procesual, los alumnos recurren a los procesos y métodos de la ciencia para investigar fe-

nómenos y confrontar problemas, estimulando y desarrollando sus capacidades intelectuales, favoreciendo la adquisición de una visión holística de la actividad científica.

Se hace necesario implantar actividades con diferentes grados de apertura<sup>9</sup>, con la negociación de la iniciativa del planeamiento realizada entre el profesor y el alumno, aunque se proponga centralizar en este último (Cachapuz, 1989). En las tareas abiertas el profesor deberá encontrar la oportunidad para negociar las diferentes soluciones con los alumnos. En el fondo resulta intencional procurar, de una forma asumida, la aproximación de la realización del TL a las situaciones problema encontradas en la investigación científica. "Al mismo tiempo los alumnos podrán comprender mejor que no todas las preguntas y problemas tendrán una única solución o una respuesta correcta, y que muchas "soluciones" son provisionales y necesitan mejorarse con investigación posterior" (Hodson, 1994).

El alumno "igualmente" que el científico, también evaluará toda la situación, adaptando su pensamiento a la evolución del trabajo, asociando el conocimiento conceptual y procesual de una manera idiosincrática.

Con los cuidados que una apropiación y transferencia didáctica exigen, es oportuno recordar a Michael Polanyi citado por Hodson (1992b) cuando se refiere a este conocimiento sobre el proceder (tácito) de los científicos (igualmente común al de los jugadores de ajedrez, músicos, etc.) habiendo sido adquirido únicamente a través de la experiencia, que no es explicable (basado en la intuición) haciéndose relevante en la conducción de las investigaciones. Este conocimiento resulta esencial en la resolución de problemas (tan interesantes y merecedores de investigación!?) viabilizando la elaboración de hipótesis, la planificación de experiencias basadas en teorías.

## OBJETIVOS DEL TRABAJO DE LABORATORIO

Es importante identificar a título de ejemplo y para reflexión, algunos objetivos que pueden ser perseguidos durante la enseñanza/aprendizaje y en una gestión del currículo que se pretende en una línea de continuidad, e introducidos, sin lagunas y en estrecha articulación con los contenidos programáticos. De esta manera, en un contexto educativo-didáctico coherente con un marco constructivista, es importante que los alumnos sean capaces de:

1. Integrar los TL en el currículo y articularlos con los conceptos a aprender;

2. Explorar el TL para una adecuada comprensión de los fenómenos geológicos, tanto de dinámica interna como de dinámica externa del Planeta, no

(9) Según Camaño, Carrascosa & Oñorbe (1994) el grado de apertura y la dificultad de los trabajos prácticos están condicionados por la forma de enunciar el problema, la selección del método y el número de soluciones posibles.

dejando de realzar el papel formativo de la Geología, procurando articulaciones con aspectos de naturaleza ambiental;

3. Desarrollar el TL para conceptualizar efectos de los fenómenos de dinámica interna en los procesos de evolución de la morfología del Planeta;

4. Insertar los distintos TL realizados de forma articulada y coherente y no fraccionándolos, de forma que los fenómenos y los procesos geológicos sean comprendidos y conceptualizados como un todo estructurado;

5. Reflexionar que el modelo en ciencia es una interpretación dinámica, ideal y construida creativamente por los investigadores, como respuesta (provisional) a problemas;

6. Movilizar procesos científicos, por medio del TL, en el aprendizaje de conceptos procurando que el diálogo entre productos y procesos sea incentivado, ya que unos no existen sin los otros;

7. Desarrollar actitudes de curiosidad, duda, cuestionamiento, compromiso, responsabilidad, respeto por el otro y de reflexión en común;

8. Desarrollar capacidades de recoger información, de problematizar, de formular hipótesis plausibles, observar/interpretar, argumentar, evaluar y validar ideas;

9. Concienciar de los obstáculos al “transportar” lo real (construido) al laboratorio, teniendo en cuenta, principalmente, los componentes espacio-temporales.

10. Promover situaciones facilitadoras de conflicto cognitivo

## REFERENCIAS EPISTEMOLÓGICAS PARA UNA FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICA

En la práctica científica moderna se da por supuesto que los fenómenos naturales están regidos por leyes, pero que en el mundo natural estos fenómenos se yuxtaponen de manera compleja. Ahora bien, esto es incompatible con la elucidación de las leyes como regularidades empíricas y también indica por qué las descripciones de los datos observables son, en general, bastante inapropiadas para construir conocimientos básicos, a partir de los cuales se elabora el conocimiento científico. En ese caso, la ciencia requiere la obtención de datos significativos, siendo la intervención experimental necesaria como medio capaz de hacer resaltar la información epistemológica relevante y necesaria (Chalmers, 1989). Los empiristas y los inductivistas, de una manera general, para quien todo el conocimiento procede de la experiencia, intentan reducir la experimentación a una manipulación de variables. El investigador hace, ante todo, un inventario empírico de parámetros susceptibles de tener influencia en el fenómeno estudiado para, seguidamente, hacerlos variar y, eventualmente, después de los resultados obtenidos, establecer una ley que les de sentido y coherencia. Sin embargo, si el investigador supone, para algunos parámetros, una impor-

tancia particular, es porque posee una hipótesis articulada con el fenómeno en estudio. El investigador nunca experimenta por casualidad, sino siempre guiado por una hipótesis “lógica”, por tanto creativa, que somete a experimentación. “La experimentación, como prueba física, tiene tendencia a conducirse hacia el mundo real o hacia “mundos posibles”, cualquiera que sea la perspectiva, empirista o racionalista....Bachelard acentúa, irónicamente, que, mientras que el empirismo deduce leyes de experiencias, el racionalismo deduce experiencias de leyes” (Santos & Praia, 1992). Por otro lado para Popper, la experimentación científica no debe funcionar en el sentido de la confirmación positiva de las hipótesis, sino mas bien en el sentido de la rectificación de los errores contenidos en esas hipótesis. Tiene sentido subrayar aquí que las sucesivas experiencias que se fueron realizando en el momento en que apareció la hipótesis de la expansión de los fondos oceánicos (test de Wilson, a través de la datación de las diversas islas distribuidas por el Atlántico, determinación de las edades de las rocas de los fondos a partir de la zona de rift, cálculo del flujo térmico, determinación del paleomagnetismo normal e invertido de los basaltos oceánicos) pueden ser contemplados desde la perspectiva popperiana. El abordaje de este tópico a través de actividades adecuadas de laboratorio, se deja aquí a la creatividad de los profesores. En cualquier caso, en esta perspectiva, la experimentación exige una gran y cuidada preparación teórica y técnica, precedida e integrada en un proyecto que la oriente. De la reflexión de los resultados a que ella conduce puede a su vez derivarse otra forma de problematizar.

“Ya está superada la idea de la experiencia como sirva de la teoría, siendo su propósito verificar hipótesis...La experiencia no es una actividad monolítica, sino una actividad que envuelve muchas ideas, muchos tipos de comprensión, así como muchas capacidades que tienen vida propia” (Haching, 1992). Es de esa clase de actividad investigadora de la que nos habla Soussa (1992) y para la que establece las características del trabajo científico, en particular de la experiencia científica, la cual se sitúa en “una esfera muy alargada y dinámica, mantenida en movimiento por la interacción continua entre conjetura y refutación”.

Como hemos venido acentuando, uno de los aspectos de la enseñanza de las Ciencias que vale la pena reconceptualizar en el marco de la Nueva Filosofía de la Ciencia es el TE/TL no solamente por la relevancia que se le reconoce (ver Cachapuz et al.1989), sino también porque como reconoce Hodson (1990) “... practical work in school science - as presently organized - is largely unproductive and patently unable to justify the often extravagant claims made for it”. Conviene resaltar que entre las exigencias que la retórica educacional frecuentemente le asocia se incluyen por ejemplo objetivos del tipo, desarrollar la capacidad de utilización del (?) método experimental y también, desarrollar la capacidad de observación objetiva (?) de los fenómenos.

Pasamos a referir, aunque en pocas líneas, el sentido que adquiere el TE cuando es leído a través



de un marco empirista o bien en un marco racionalista/constructivista

De esta manera, *en una perspectiva empirista*, la experiencia científica nos aparece casi siempre, como sencilla manipulación de variables, deduciendo leyes (teorías) a partir de ella misma o de su reproducción sistemática. La experiencia es determinante en la obtención de un conjunto de datos, que después de interpretados conducen a la generalización (inducción). También la evidencia factual, producida por la experiencia, es el primer medio de establecer la credibilidad de una teoría. La experiencia científica fundamenta pues, todo el conocimiento y solamente en el final de la(s) experiencia(s) se interrogan, se toman en cuenta la(s) teoría(s). Como si la experiencia estuviera separada de la propia teoría, para paradójicamente confirmarla. La experiencia científica da valor, por sí sola a la confirmación positiva de lo ya previsto y obtenido a partir de los datos observacionales, datos éstos dotados de exterioridad. Los resultados de la experiencia surgen como si fuesen esperados y hasta obvios.

La experiencia científica leída, ahora desde el punto de vista didáctico, es una etapa característica de un proceso secuencial y bien organizado, hasta casi mecánico. Son las experiencias rigurosas las que descubren la "verdad", no estando éstas influenciadas por la teoría -valorización del lado derecho de la V de Gowin, aspectos metodológicos en detrimento de los aspectos conceptuales. Es la experiencia la que pone a prueba la teoría y no lo contrario. Muchas veces la constatación de los resultados experimentales conducen a ignorar la hipótesis que funciona como suposición transitoria de valor epistemológico dudoso. Digamos que la experiencia se tiene como algo separado de la hipótesis y no influencia los resultados de ésta.

Lo que mas importa en una perspectiva empirista, mirada por el lado didáctico, son los resultados finales independientemente de los procesos de su obtención, o sea, la experiencia o el TL no revelan los aspectos mas complejos y difíciles de la investigación, ni las condiciones teóricas y técnicas de su producción. También muchas veces, no se analiza y refleja el significado de la experiencia ni lo que es previsible que acontezca. La experiencia surge casi siempre como un acontecimiento episódico, exageradamente vinculada a un científico personalizado, olvidándose de los contextos sociales, políticos, tecnológicos y culturales de su producción. El TE/TL toma pues, el sentido de hacerlo sin saber bien por qué y para qué, lo cual lleva al alumno, una vez más a ocupar un papel más pasivo que activo, en calidad de sujeto inquiridor y constructor de su conocimiento. A título de ejemplo, pueden referirse algunas tareas prácticas desarrolladas en el ámbito de la Mineralogía en relación a la proyección estereográfica de modelos cristalográficos. ¿Estas actividades están organizadas de manera que los alumnos vean su significado y su relevancia? ¿Van más allá de las situaciones puramente episódicas?

*Dentro de una perspectiva racionalista/constructivista*, como programa de investigación progresivo, la experiencia científica debe de ser conducida por una hipótesis, que procure funcionar, sobre todo, como tentativa de su rectificación y cuestionamiento - ella interroga, problematiza, conduciendo muchas veces a otras hipótesis. Se trata de un diálogo entre hipótesis/teorías y la propia experimentación, diálogo no siempre sencillo, ya que también aquí, la confrontación entre lo teórico (o idealizado) y la práctica (o realizado) se unen entre sí. Pensamos que reside aquí, una de las riquezas heurísticas de la experimentación. Si la hipótesis interviene activamente en las explicaciones que los resultados de la experiencia sugieren, la teoría tiene un papel primordial en la evaluación de los resultados obtenidos.

La experiencia científica es orientada y hasta valorizada por el encuadramiento teórico del individuo que en diálogo con ella la cuestiona, la somete a un interrogatorio de respuestas no definitivas.

La experiencia se encuadra en un método poco estructurado que conlleva una diversidad de caminos, ajustándose al contexto y a la propia situación investigadora. Sus resultados son leídos como elementos (posibles) de construcción de modelos interpretativos del mundo y no copias (y mucho menos fieles) de lo real.

De tal manera que podríamos afirmar que la experimentación científica encierra factores múltiples no solamente tecnológicos, sino culturales, políticos,... que condicionan y (re)orientan, hasta la propia actividad de investigación, como construcción y producción social de conocimiento científico, como empresa humana que toma opciones y adopta posiciones no neutrales, sino cargadas de valores, incluyendo los ético-morales. La comunidad científica tiene, también un papel primordial que es importante no olvidar. La experiencia se encuadra en un proceso no de saber hacer, sino de reflexión sistemática, de creatividad y hasta de invención.

La transposición didáctica, realizada con cuidados para que no caigamos en simplismos fáciles, se debe de traducir en sugerencias de propuestas de actividades de enseñanza-aprendizaje, que valoren el papel del alumno en el sentido, primero de confrontarlo con sus situaciones de error para posteriormente llegar a rectificarlas. Desde el punto de vista didáctico, al someter la experiencia científica a una tentativa de cuestionamiento tipo popperiano, estamos invitando a los alumnos a desenvolverse cognitivamente, en un confrontamiento de ideas con sus pares, en el cual el resultado no solamente se ha conseguido de antemano, sino que tiene que observarse siempre a la luz de sus cuadros interpretativos - perspectiva constructivista. En este sentido la clase debe verse como una comunidad en la cual el debate de opiniones fundamentadas sea incentivado y en que los alumnos procuren poner a prueba sus ideas. En muchas ocasiones de enseñanza el estudio de casos históricos, en particular el relativo a "experiencias cruciales" puede ser muy interesante. La experimentación, en este sentido, de tendencia ra-

cionalista crítica de raíz popperiana, puede ser usada para una posible elección de teorías en competición. El desarrollo intragrupal e intergrupalo puede, en el marco de una cautelosa analogía, con finalidad únicamente didáctica, con la comunidad científica, ayudar a simular algunos aspectos sociológicos, particularmente interesantes. La crítica, la argumentación y el consenso constituyen elementos de racionalidad científica que conviene practicar con los alumnos.

Otra idea que el profesor tiene que desarrollar consiste en que una o dos experiencias no dan la respuesta definitiva a los problemas ni tampoco pueden alterar la opinión sobre una teoría que está discutiéndose. El confrontamiento no es solamente más vasto sino cualitativamente diferente y tiene incidencias no únicamente a nivel lógico sino también a nivel psicológico. Lo que está en entredicho es principalmente la hipótesis que la experiencia pone a prueba: la rectificación, la confirmación positiva o negativa de la misma. En síntesis: la relación entre la experimentación y la teoría es mucho más compleja de lo que muchos profesores podrían pensar y es ciertamente también, por ello, por lo que muy pocas veces es considerada en el contexto de la clase.

Para finalizar, queremos insistir en la idea de que la clase no es un laboratorio de investigación (ni los alumnos son científicos) por lo cual las estrategias a adoptar tienen que tener en cuenta no solamente las apropiaciones epistemológicas, sino también hay que tener en cuenta las dimensiones pedagógicas y didácticas. Hay pues que armonizar estas dos dimensiones y el paradigma constructivista parece aportar hoy, a esa realidad una contribución muy satisfactoria (solución?)

## CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo han sido evidenciadas algunas relaciones entre concepciones de los profesores de ciencias y las respectivas implicaciones en la realización de TE/TL. Como refiere Almeida (1995), la epistemología empirista y el cuadro de la psicología behaviorista condicionan las prácticas de los profesores, y repercuten en el modelo de TE/TL, concebido sobre todo como actividad centrada en la ilustración, verificación o descubrimiento de conceptos a partir de los hechos transmitidos por la experiencia o fenómenos observados. El modelo clásico de TL estructurado de esta forma, transmite una imagen fácil e incorrecta del acceso al conocimiento de los hechos científicos, refuerza la visión de la ciencia como un conjunto coherente y organizado de conocimientos que interpretan el mundo en que vivimos. La evolución entre el modelo tradicional de TL y las concepciones más recientes tienen en

cuenta presupuestos que consideran el proceso de construcción del conocimiento a la vez personal y social, subyacentes a la epistemología racionalista y a la psicología cognitiva. De la misma manera que la ciencia es impulsada por la exploración e investigación para resolver problemas, a partir de contextos, también esta orientación deberá estar subyacente en los nuevos modelos de TL. El desarrollo de una “investigación” a partir de situaciones problemáticas (o problemas) y la necesidad de elaborar un plano experimental, podría conducirnos a modelos de TE con la apropiación de conocimiento conceptual y procesual de las ciencias. El aprendizaje de la práctica de las ciencias podrá, de una forma natural y humanizada (y por qué no tan imperfecta y falible...) demostrar que no todas las preguntas y problemas tienen una única solución (y mucho menos correcta) y que éstas son “descansos intermedios” para el desarrollo de investigaciones posteriores.

Conforme refieren Gil Pérez (1993) y Lillo (1994), resulta necesario planificar el aprendizaje a partir del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, susceptibles de interesar a los alumnos para desarrollar un plano experimental coherente, el cual no sea indicado por el profesor, sino propuesto por un grupo de alumnos<sup>10</sup>. Esas actividades, como refiere Lillo (1994), pueden ser conducidas<sup>11</sup> por el docente, posibilitando a los alumnos la percepción de la variedad de procesos implicados en la actividad científica. De este modo se creará en los grupos el clima propicio para hacer surgir los problemas, las incoherencias, las deficiencias, la conciencia de sus limitaciones teóricas, etc., transmitiéndose la vivencia que permite al alumno reflexionar sobre las características del trabajo científico. Es importante subrayar que es necesario un cambio de actitud de los profesores, en el sentido de superar la aceptación de un empirismo clásico e ingenuo, concibiendo la ciencia como un sencillo descubrimiento, ya por su observación neutral, ya por su confirmación experimental positiva e incuestionable. Se trata en suma, de que los profesores comprendan e interioricen la importancia del elemento cognitivo-reflexivo, como desafiador, adquiriendo conciencia del papel decisivo del individuo en la construcción del conocimiento.

## PARA TERMINAR

Es importante señalar que la relación entre la experimentación y la teoría es mucho más compleja de lo que muchos profesores piensan, razón que conlleva a que raramente sea enfocada en el aula esta conexión. Por otro lado, las generalizaciones rápidas, fáciles y hasta simplistas de los fenómenos deben de ser abolidas, enunciando propósitos epistemológicos regresivos frente a las corrientes y tesis hipotético-deductivas. También, y en el plano di-

(10) De acuerdo con el modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación, Gil Pérez (1993) sugiere “estrategias” que permiten al alumno (re)construir sus conocimientos.

(11) Según Gil Pérez (1993) el profesor asume las funciones de “director de investigación” en una investigación dirigida.

dático, no pueden ser tomados en cuenta los TL realizados por los alumnos a partir de observaciones aisladas, de fácil visualización de los fenómenos, ya que éstos no permiten el aprendizaje de inmediato, de toda la complejidad y unidad, en un todo coherente con las teorías que los fundamentan, unen y soportan.

Se trata de que los profesores superen un realismo ingenuo, concibiendo la ciencia como un sencillo descubrimiento de lo que al final existe en la naturaleza, ya por su observación naturalista y neutral, como por la confirmación experimental de índole positivista. Resulta relevante que en Geología el TL adquiere características específicas que ocurren al encarar su epistemología regional. Son ejemplos de ello, en particular, los sistemas de escalas espacial y temporal en que se producen los fenómenos geológicos, haciendo indisociables las interacciones proceso/tiempo, la interdependencia y la globalidad inherentes a los fenómenos geológicos, su irrepetitividad, es decir únicos e irreversibles, dinamismo imperceptible, la problemática (filosófica) del principio de las causas actuales, la interdisciplinariedad en la explicación de los fenómenos, la complejidad que reviste lo que es inalcanzable y lo que es reconstruido por la explicación de una historia hecha de suposiciones fundamentadas...

Todo esto son dificultades y factores que determinarán una actuación cuidadosa del profesor, y que le exigirán una profunda formación científica que no consistirá únicamente en poseer unos cuantos conocimientos adquiridos en la formación inicial. La transposición didáctica, hecha de reflexión y unida a la propia acción didáctica, exige una formación continua cuyo fin es un desarrollo personal y profesional exigentes.

Una llamada de atención para dejar claro que el profesor tiene que poner especial cuidado en el proceso de aprendizaje y en particular, en las actividades que promueve. Éstas deben desarrollarse en la "zona de desarrollo próximo", digamos que estas tareas deben de ser difíciles, pero con un grado de dificultad susceptible de constituirse en incentivo y no en fuente de desánimo, desmotivación o fracaso en su resolución.

Refiramos aún que la sencillez con que los problemas y los fenómenos son presentados (considérense los niveles de edad) obligan al profesor a retomarlos más adelante y, siempre que sea posible, a unirlos a otros para articularlos de forma que el currículo en espiral sea posible. Se consigue mejor la conceptualización, a la que no es ajena ni el ritmo ni el tiempo de aprendizaje, y la comprensión de las ideas estructuradas se convierte en el hilo conductor de las propuestas de acción didáctica del profesor. Las experiencias de aprendizaje que el profesor promueve son medios que deben de ser considerados como instrumentos para mejorar la explicación que se da a los fenómenos y no pueden ser consideradas como finalidad en sí mismas. Sirven por los interrogantes que suscitan y por la búsqueda de explicaciones más correctas, fundamentadas por los argumentos.

Finalmente, llamar la atención sobre la tentación de una excesiva motivación para experimentar, lo que el profesor, a veces intencionadamente, introduce en el aula laboratorio. La espectacularidad de los fenómenos, unida a su presentación, principalmente, bien sea a través de registros vídeo, o de otro tipo, aunque sean factores positivos, pueden no ayudar a potenciar el aprendizaje deseado. Lo invierte y lo hace sociológicamente perverso. De esta manera, invierte razones epistemológicas y didácticas que deberían ser orientadoras y determinantes de la acción, en favor de razones de pedagogía general, particularmente motivacionales, que hacen perder el sentido de las primeras. El equilibrio debe ser la piedra de toque.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abimbola, I. O. (1983). The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 83 (3), 181-193.
- Almeida, A. M. F. G., (1995). Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores. (Tese de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Secção Autónoma de Ciências Sociais Aplicadas. Ciências de Educação.
- Bachelard, G., (1986). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: PUF (3ª ed.).
- Bouveresse, J. (1983). A teoria e a observação na filosofia das ciências do positivismo lógico. In: F. Chatelet (ED), *História da Filosofia*, 8 - O séc. XX (J. A. Furtado, trad.). Lisboa. Dom Quixote.
- Brickhouse, N. (1990). Teacher's beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 53-62.
- Caamaño, A., Carrascosa, J. & Oñorbe, A., (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Graó Educación de Serveis Pedagògics, pp. 4-5. Barcelona.
- Cachapuz, A. F., (1989). Por um Ensino relevante da Química: Que papel para o Trabalho Experimental? *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 36 (Série II): 25-27.
- Cachapuz, A. F., (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o papel do trabalho experimental. Comunicação ao Congresso "Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado". Santiago de Compostela. (Policopiado).
- Cachapuz, A. F., (1995). O Ensino das Ciências para a excelência da aprendizagem. In: *Novas Metodologias em Educação*. Ed. A. Dias de Carvalho (Org.). pp. 349-385. Porto Editora. Porto. (Col. Educação 8).
- Cachapuz, A. F. & Praia, J., (1992). An analysis of the conceptions about the nature of scientific knowledge of Portuguese Secondary Science Teachers. Paper apresentado a Annual Meeting "National Association for Research in Science Teaching" (NARST). Boston.
- Chalmers, A. F., (1989). Qué es esa cosa llamada ciencia? (E. P. Sedeño y P. L. Mañez, trads.). Madrid. Siglo Veintiuno de España.
- Cleminson, A., (1990). Establishing an epistemological base for Science teaching in the light of contemporary notions of nature of Science and of how children learn Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5): 429-445.
- Collison, J. Thompson; D., (1988). *Sedimentary Structures*. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Dumon, A., (1992). Formar a los estudiantes en el método experimental: Utopía o problema superado? *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 25-31.
- Finley, F. N., (1981). A philosophical approach to describing science content: an example from geological classification. *Science Education*, 65 (5), 513-519.

- Finley, F. N. (1983). Science processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 47-54.
- Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teacher's knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.
- García Barros, S., Martínez Losada, M. C. & Mondelo Alonso, M., (1995). El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2): 203-209.
- Gil Pérez, D., (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- Gil Pérez, D., (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación de la Escuela*, 3, 3-12.
- Gil Pérez, 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*, 11 (2): 197-212.
- Gil Pérez, D. & Valdés Castro, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- González E. M., (1992). Qué hay que renovar en los trabajos prácticos ? Enseñanza de las Ciencias, 10 (2), 206-211.
- Goodman, W. D. & Bean, J. C., (1983). A chemistry laboratory project to develop thinking and writing skills. *Journal of Chemical Education*, 60 (6), 483-485.
- Gott, R. & Murphy, P., (1987). *Assessing investigations at ages 13 and 15*, APU Science Report for Teachers, 9 (DES/Welsh Office).
- Grau, R., (1994). Qué es lo que hace difícil una investigación ?. *Alambique. Didácticas de las Ciencias Experimentales*, 2, 27-35.
- Hacking, I., (1992). Refazer o mundo. In: A Ciência como Cultura, 103-118. Imprensa Nacional Casa da Moeda. Lisboa.
- Hodson, D., (1990). A critical look at practical work in school Science. *School Science Review*, 70 (256): 33-40.
- Hodson, D., (1992a). Assessment of practical work. Some considerations in Philosophy Science. *Science & Education*, 1: 115-144.
- Hodson, D., (1992b). Redefining and reorienting practical work in School Science. *School Science Review*, 73 (264): 65-78.
- Hodson, D., (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22: 85-142.
- Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299-313.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N., (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52 (2), 201-217.
- Johnstone, A. H. & Wham, A. J. B., (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 71-73.
- King, B. B., (1991). Beginning teacher's knowledge of and attitudes toward History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75 (1), 135-141.
- Kirschner, P. A., (1992). Epistemology, practical work and academic skills in Science Education. *Science & Education*, 1 (3), 273-300.
- Leite A., Futuro, A. S., Marques, L., Praia, J., Trindade, V., (1994). Tectónica global e trabalho práctico: contribuição para um sentido inovador no ensino. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2 (2/3), 354-360.
- Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 2, 47-56.
- Lopes, J. M. G., 1994. Supervisão do Trabalho Experimental no 3º Ciclo do Ensino Básico: um modelo inovador. (Tese de Mestrado). Departamento de Didáctica e Tecnologia Universidade de Aveiro.
- Lucas, A. M. & Garcia-Rodeja, G., (1989). Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en la aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), 11-16.
- Marques L., Leite, A., Praia, J., Silva, A. F., (1996). Trabajo experimental: contributos para la comprensión de la dinámica fluvial. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3 (3), 176-184.
- Matthews, M. R., (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2): 255-277.
- Mayer, V., (1996). The future of geosciences in the pre-college curriculum. Geoscience Education and Training. In schools and universities, for industry and public awareness, 183-196. D.A.V.Stow and G.J.H.McCall (Editors). A.A.Balkema / Rotterdam/Brookfield.
- Miguéns, M., (1991). Actividades prácticas na Educação em ciência: que modalidades ? *Aprender*, 14, 39-44. ESE de Portalegre.
- Miguéns, M. & Garrett, R. M., (1991). Prácticas en la enseñanza de las Ciencias. problemas y Possibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 229-236.
- Nieda J., (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Graó Educación de Serveis Pedagògics, pp. 15-20. Barcelona.
- Norris, S. P., (1985). The philosophical basis of observation in science and science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 817-833.
- Nussbaum, J., (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, vol. 11, Special issue, 530-540.
- Pedrajas, A. P., 1989. La renovación didáctica en la enseñanza experimental. *Cuadernos de Pedagogía*, 176, 4547.
- Popper, K. R., (1983). Conjecturas y Refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico. Paidós. Barcelona.
- Praia, J. F. & Cachapuz, A. F., (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 350-354.
- Praia J., Marques, L., Leite, A., Futuro, A., Trindade, V., (1995). Trabalho experimental e Ensino da Geologia: contributos para a formação de professores. *Actas do V Encontro Nacional de Docentes em Ciências da Natureza*, 227-238. ESE de Portalegre.
- Santos, M. E. & Praia, J. F., (1992). Percurso de mudança na Didáctica das Ciências. Sua fundamentação epistemológica. In: *Ensino das Ciências e Formação de Professores*. 7-34. Projecto MUTARE / Universidade de Aveiro.
- Sousa, M., (1992). Procedimentos experimentais: sobre cozinheiros-chefes e cientistas. In: F. Gil (Org.). A Ciência como cultura. 91-102. Imprensa Nacional - Casa da Moeda. Lisboa. (estudos Gerais, Série Universitária).
- Tamir, P., (1977). How are the laboratories used ? *Journal of Research in science teaching*, 14 (4), 311-316.
- Woolnough, B. & Allsop, T., 1985. *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University. ■