

*Trabajo experimental en la enseñanza
de las ciencias experimentales en niveles
no universitarios*

MANUELA MARTÍN SÁNCHEZ
Facultad de Educación.
Universidad Complutense de Madrid

M.^a TERESA MARTÍN SÁNCHEZ
IES Fernando de Rojas

RESUMEN

Se hace una defensa del trabajo experimental en la enseñanza de la Química, sobre todo para que sea significativo para los alumnos lo que estudian en las clases teóricas. Ante las corrientes actuales en contra de este tipo de trabajo, se demuestra que es necesario e imprescindible, aunque no sea la panacea. Por otra parte, se hacen propuestas sobre cuándo y cómo se puede hacer.

ABSTRACT

The basic idea of this presentation is the importance of experimental work in chemistry teaching for understanding of chemistry principles by students. Experimental work is necessary although it is not the panacea. We propose how and when experimental work should be used.

La importancia que se ha dado a este tipo de trabajo ha pasado de la «sacralización» al extremo opuesto; evidentemente, ninguna de las dos posturas es lógica: las dos son igual de absurdas.

¿Por qué es importante el trabajo de tipo experimental?

Consideramos que con alumnos de niveles básicos el trabajo de tipo experimental o práctico es importante para que **sea significativo** lo que les estamos contando. No ignoramos que habrá muchos «investigadores» que, ante esta afirmación, se rasgarán las vestiduras, ya que no es tan difícil encontrar en la bibliografía afirmaciones en ese sentido. Se trata de materias con estructuras y con un lenguaje completamente diferentes y si queremos que sean significativos para los alumnos muchos de los conocimientos que intentamos transmitirles será imprescindible hacer experimentos. H. Bent, profesor de Química Física de la Universidad de Carolina del Norte y premio al mejor enseñante de Química de Estados Unidos, decía que los «*Alumnos sin experimentos aprenderían Química lo mismo que un ciego de nacimiento puede aprender los colores*». Podríamos poner muchos ejemplos pero ¿cómo puede entender un alumno qué es un indicador ácido— base, una reacción de precipitación, etc. sin haberlo visto?

Una serie de frases de pensadores celebres, a lo largo de la historia, se refieren a la importancia de poder observar para poder entender, como muestra anotamos las siguientes:

El alma nunca piensa sin imágenes» «nada hay en la inteligencia que no haya estado primero en los sentidos.

(ARISTÓTELES)

Todo conocimiento empieza con una observación.

(BACON)

Las observaciones preceden a los análisis, lo ejemplos preceden a las reglas.

(COMENIUS)

Ramón y Cajal en el discurso de ingreso en la Academia de Ciencias hace una descripción de la emoción que sintió cuando tuvo la oportunidad de observar, a través del microscopio, como se deformaban los glóbulos para atravesar los capilares. A continuación aplicándolo a la investigación incluye el siguiente párrafo, en el que se podría sustituir la palabra «hipótesis» por «aprendizaje».

La observación suministra, a más de los datos empíricos con los cuales hemos de formar el juicio, ciertos factores sentimentales insus-

tituibles: la sorpresa, el entusiasmo, la emoción agradable, que son fuerzas propulsoras de la imaginación constructiva. La emoción enciende la máquina cerebral, que adquiere para ella el calor necesario para la forja de intuiciones favorables y de hipótesis (conocimientos) pausibles...

Cuenta Ira Remsey, codescubridor de la sacarina, en sus memorias, que cuando estudiaba secundaria estaba intrigadísimo por saber qué significaba que los ácidos atacan los metales. Un día que el profesor lo envió al laboratorio, a buscar unos cuadernos, vio sobre la mesa un frasco de nítrico y no se lo pensó dos veces, sacó una moneda, la colocó en un vaso y le echó nítrico. Cuando comprobó que la moneda desaparecía metió los dedos para sacarla y como se quemó se limpio rápidamente en los pantalones, nunca más se le olvidó que el ácido nítrico atacaba los metales, los dedos y los pantalones.

El trabajo de tipo experimental ayuda a que los alumnos **recuerden mejor** lo que están estudiando. No creemos que sea cierta la frase de que «*lo que se hace no se olvida*» que suele oírse con frecuencia en determinados ambientes pedagógicos. No se olvida lo que se hace repetidas veces, con interés y entusiasmo. Puede que de forma esporádica se aprenda algo que se ha hecho una sola vez por el impacto que ha supuesto, pero lo que si es cierto es que siempre se recuerda mejor sobre lo que se ha trabajado experimentalmente.

El trabajo de tipo experimental además de hacer significativos los conocimientos teóricos a los alumnos **puede potenciar otro tipo de destrezas como la capacidad de observación**, destreza que será interesante para cualquier futuro ciudadano, sea cual sea la profesión, desde portero de una casa hasta ingeniero de una importante empresa.

También servirá para que los alumnos **aprendan a expresarse, oralmente y por escrito**, contando lo que han hecho, lo qué sucedió e intentando explicar por qué sucedió aquello. Para que los trabajos experimentales no terminen siendo un simple «show» es muy importante que los alumnos hagan informes orales o escritos, según las circunstancias, donde quede patente que están intentando enterarse de lo que ha sucedido. Como decía Heraclito: «*Malos consejeros son nuestros ojos y nuestros oídos si no tiene un alma que los entienda*».

Otra serie de hábitos se podrán fomentar en los alumnos con este tipo de trabajo, que además son interesantes también para cualquier futuro ciudadano, como **son actitudes de precisión, rigor exactitud, hábitos de orden, limpieza, respeto hacia el material usado** que es de todos, colaboración en la recogida y distribución del material y un largo, etc. Es decir, fomenta una serie de acti-

tudes de disciplina. Debe ser una tarea importante del profesor exigir respeto desde el primer día de clase, si se deja perder esa ocasión luego le será difícil encauzarla. Si lo consigue, para lo cual deberá insistir mucho al principio, todo funcionará bien y todos trabajarán contentos a lo largo del curso. Se convencerán que debe ser así, el respeto hacía todos y hacía todo es la base de una verdadera democracia. Los primeros días cuesta, es necesario acostumbrarlos a que no dejen los productos fuera de sitio, el material del laboratorio sucio o descolocado, pero antes de un mes de trabajar así los alumnos se han dado cuenta de lo cómodo que resulta. Es curioso comprobar como ellos mismos exigen a sus compañeros despistados que se comporten de forma adecuada.

Inconvenientes del trabajo experimental

Este tipo de trabajo tiene inconvenientes importantes como ser caro en tiempo y dinero, puede ser peligroso... y un largo etcétera.

En cuanto a **caro en el tiempo**, sin duda, siempre costará más tiempo tener a punto el trabajo experimental que cualquier otro trabajo, pero se puede reducir si se organiza bien y a lo largo de los años se va haciendo una especie de almacén de materiales que se pueden ir utilizando de un año para otro, o de un grupo para otro. También es formativo implicar a los alumnos para que colaboren en esas tareas. Se debe organizar de forma que dos alumnos ayuden cada semana o cada mes y que vayan rotando. De esta forma los alumnos se responsabilizan, se dan cuenta de que en ningún campo se da la generación espontánea y que para poder exigir unos derechos, también tenemos que cumplir unas obligaciones.

Con relación al **coste económico** es cuestión, sobre todo en niveles elementales, de buscar experimentos sencillos y con material barato. Muchas veces a nuestro alrededor podemos encontrar productos químicos válidos y no es necesario buscar otros más sofisticados.

El problema de ser **peligroso** se debe evitar, siempre se puede y debe buscar los experimentos que no encierren ningún peligro, aunque a los alumnos le encantan los que producen explosiones.

En niveles elementales se debe procurar que el material sea lo más sencillo posible, para que los alumnos puedan entender y seguir bien lo que estamos haciendo. Se debe procurar huir de todo lo que para ellos sean «cajas negras» y de hecho, en la práctica, «cajas negras» son los dispositivos más simples, como ejemplo es curioso comprobar como los alumnos nunca se han planteado que una bombilla es un «trozo de hilo conductor» encerrado en una ampolla de vidrio.

No creemos que se puedan sustituir por simulaciones de ordenador que son interesantes y otro medio importante en enseñanza de estas materias pero no como sustituto del trabajo experimental.

¿Qué ha sucedido con el trabajo de tipo experimental a lo largo de los últimos cincuenta años?

Lo mismo que ha sucedido en otros campos de la enseñanza ha pasado por todos los vaivenes posibles desde considerarlo como la panacea hasta el extremo opuesto de detestarlo y decir todos los improperios posibles en contra.

En los años sesenta, cuando aparecieron los proyectos PSSC, Chem, CBA, Nuffield, se potenció el trabajo experimental y hasta se llegó a afirmar que el método científico era la solución para todos los problemas de la enseñanza de las Ciencias. La experiencia terminó dando la razón a los muchos que dijimos que era absurdo pretender que un alumno llegara a descubrir lo que la humanidad había tardado dos mil años y se había llegado, gracias a unas cabezas privilegiadas que habían visto lo que muchos habían visto, pero habían sido capaces de pensar lo que otros no habían pensado.

En este momento hay una tendencia bastante acusada a decir que el trabajo experimental es una pérdida de tiempo, dinero, etc. como muestra transcribimos un párrafo de Woolnough (1995) que lo deja bastante mal parado, no creemos que se puedan decir más cosas en contra:

Gran parte del trabajo práctico es inefectivo, acientífico y un freno para los estudiantes continúen con la ciencia.. Es ineficaz para ayudar a los estudiantes a entender los conceptos y teorías de la ciencia. Es acientífico por ser una actividad bastante irreal. Es aburrido y pérdida de tiempo para muchos estudiantes que lo encuentran innecesario e inestimulante.

Conocimos a Woolnough en una reunión organizada en 1975 por el Comité de Enseñanza de la Física de la IUPAP en la Universidad de Edimburgo, en aquellos tiempos era un gran luchador y de los que mantenía que no estaba justificado hacer un experimento para que los alumnos puedan observar o comprobar algo. Buscaba siempre unos experimentos que fueran mucho más formativos y productivos para los alumnos, pero debe de ser que no los ha encontrado y se ha convencido después de mucho buscar que todos son malos. No se trata de una opinión momentánea porque en un trabajo publicado en 1997 sigue manteniendo la misma postura.

Hodson (1994) después de hacer un estudio bibliográfico sobre el trabajo de tipo experimental, en el que resalta distintas opiniones, llega a la conclusión de que el trabajo «práctico» no sirve para aumentar la motivación, ni para que los alumnos adquieran destrezas de trabajo, ni conocimientos científicos, ni aprendan como trabajan los científicos. Los siguientes párrafos nos indican cuales son sus ideas:

Parece que se está haciendo poco más que seguir unas recetas. En el mejor de los casos, estas actividades son una pérdida de tiempo. Y lo más probable es que causen confusión y resulten contraproducentes.

[...]

Es frecuente que el trabajo práctico individual se revele contraproducente y de lugar a una comprensión incoherente y distorsionada de la metodología científica»....»baste decir que existe una fuerte corriente de opinión cuyo mensaje es que el aprendizaje basado en el descubrimiento es epistemológicamente equivocado, psicológicamente erróneo y pedagógicamente impracticable.

Más adelante indica que todos estos problemas se deben a la mala utilización que los diseñadores de los planes de estudio y los profesores hacen de este tipo de trabajo y trata de como se puede «reconceptualizar el trabajo práctico». Aunque lo pone muy difícil de alcanzar porque dice:

El primer paso necesario para planificar un currículo más válido desde el punto de vista filosófico (que describa fielmente la práctica científica verdadera) y más eficaz pedagógicamente (que asegure que todos los estudiantes consiguen aprender adecuadamente) es tener claro el propósito de una lección concreta. El segundo paso es escoger una actividad de aprendizaje que se adapte a estos objetivos.

Y añade que se deben:

1) Procurar oportunidades enfocadas a que los estudiantes exploren la capacidad que tienen en un momento concreto de comprender y evaluar la firmeza de sus modelos y teorías para alcanzar los objetivos de la ciencia; y 2) Ofrecer estímulos adecuados para el desarrollo y el cambio.

De entrada, consideramos que Hodson busca una situación ideal y por tanto inexistente y cambiaríamos en la frase en negrilla la palabra «todos» por la

mayoría. El trabajo de tipo práctico puede ser una gran ayuda, siempre que se sepa incluir dentro de un contexto. Lo bueno está en la búsqueda de un equilibrio entre todas las posibilidades y sin pretender que todo tenga una eficiencia del cien por cien, ni que quede patente en unos conocimientos y unas destrezas cuyo aprendizaje se pueden determinar a corto plazo. Muchas veces determinadas actuaciones en el aula, en el laboratorio, etc. han influido en una formación, en la adquisición de unos conocimientos, unas actitudes y aptitudes pero no de forma inmediata, y menos en algo cuyos resultados puedan apreciar en una investigación basándose en un tests o en una entrevista que se realiza nada más plantearse el trabajo.

Un experimento será siempre más instructivo que una descripción del mismo. ¿Cómo puede un alumno entender qué significa que el ácido nítrico ataca el metal por muy bien que el profesor se lo describa? La descripción de un suceso químico no puede, en modo alguno, sustituir al suceso mismo. Es indiscutible que tampoco es suficiente con la observación del suceso, el profesor deberá de escribir, con la participación de los alumnos, las posibles reacciones del nítrico con el cobre, pero los alumnos deberán tener la oportunidad de poder observar qué sucede, cómo desaparece el cobre, cómo va cambiando el líquido de verde a azul y se produce una fuerte efervescencia con unos gases que pasan de incoloros rojizos. El experimento será insuficiente si el profesor no le ayuda al alumno a fijarse para comprobar lo que allí está sucediendo:

«Un experimento más que imitar a cómo trabajan los científicos debe ser un dialogo entre el observador y el mundo natural alrededor del observador» (De Vos, 1986). Es una actividad que, bien planteada, puede ser muy creativa, ayudar a pensar, aprender a plantearse problemas y preguntas e intentar resolverlos. Desarrolla la capacidad de los alumnos para comprender y llevar a cabo unas instrucciones. Mantiene el interés por la materia mejor que el trabajo teórico y hasta cierto punto puede servir de relax. Sirve para desarrollar una actitud crítica. La discusión de los resultados de un hecho experimental, en el que los alumnos expresan qué es lo que ha sucedido, si eso era lo que, en principio, se esperaba, o buscando qué es lo que verdaderamente ha sucedido, si no coincide con lo previsto, permite a los alumnos hacerse una idea correcta de cómo se trabaja en Ciencias Experimentales. De esta forma aprenden a plantearse problemas y cómo se buscan caminos para resolverlos. En todas estas situaciones es fundamental el profesor como guía que les plantea cuestiones y les enseña a ver y a buscar. Para un novato muchas de las posibles observaciones pasan desapercibidas si no se le ayuda.

Cómo, cuándo y dónde consideramos que se deben de hacer los experimentos

Se pueden hacer en **el aula** y en **el laboratorio**.

Se harán en el aula siempre que el material sea sencillo y fácil de transportar porque tienen la ventaja de que se hacen en el momento adecuado y actuando el profesor como guía de las observaciones.

Hacemos dos tipos de experimentos en el **aula**:

- 1. Experimentos de cátedra.**
- 2. Trabajos en pequeños grupos.**

Los primeros serían los que Johnstone y Whan (1980) conocen como «**demonstraciones**» distinguiéndolas de trabajo práctico. De las demostraciones dicen:

Es una pena que se estén perdiendo hoy día, tienen una enorme fuerza en la ilustración de la teoría, y no se necesita que haya una demora entre la teoría y la demostración. El que hace la demostración nunca le contará a los alumnos lo que sucede, les hará buscar con sus preguntas qué es lo que realmente está sucediendo y entre el profesor y los alumnos deberán llegar a las deducciones. Servirá para ayudar a los alumnos a aprender a resolver problemas.

Este tipo de trabajo se abandonó durante muchos años porque se suponía que carecía de sentido, por la dificultad de que todos los alumnos estuvieran en condiciones de poder observar con claridad lo que sucedía, sin embargo en estos últimos años se está volviendo a utilizar por las enormes ventajas que tienen como queda claro en la cita anterior.

Para que cumpla sus funciones es muy importante asegurarse de que todos los alumnos pueden observar con nitidez lo que se está haciendo y esto se puede conseguir, a veces utilizando el retroproyector o una cámara de vídeo.

Mientras se realiza el experimento los alumnos deben ir tomando notas de lo que ven y al mismo tiempo deben de procurar buscar las explicaciones de a qué se debe. Cuando trabajamos de esta forma, con frecuencia, a algunos de los alumnos del aula les damos un acetato para que escriban en él y a continuación se comienza la discusión proyectando en el retroproyector estos escritos. Se discute qué y por qué sucedió, en qué sentido sirve para explicar algo que estábamos estudiando. A veces es necesario repetir el experimento para que

tengan la oportunidad de fijarse en hechos que le han pasado completamente desapercibidos.

Es importante que los alumnos después de hecho e interpretado el experimento reflexionen sobre lo que se ha hecho, con esta finalidad les dejamos un período de tiempo para que redacten un informe por escrito, de esta forma se fijan más y se lo toman más en serio, sobre todo si los informes se consideran en las calificaciones. La lectura de estos informes, aunque es un trabajo adicional para el profesor, consideramos que es muy importante porque le permite conocer hasta que punto los alumnos se están enterando de lo que se hace y qué es lo que realmente han entendido. A los alumnos hacer estos informes le sirve para mejorar su capacidad de observación y de expresión.

El trabajo en pequeños grupos en el aula lo hacemos de la siguiente forma: dos alumnos que están sentados delante dan la vuelta a sus sillas y trabajan con los dos que están detrás, teniendo así un grupo de cuatro alumnos. Sobre el pupitre de los dos que ocupan la segunda fila que va a ser la mesa de trabajo, si es necesario se coloca un periódico viejo que sirve de mantel durante el experimento y al final se utiliza para recoger el material que se va a echar a la basura. Dos alumnos se encargan de distribuir el material a los distintos grupos, para lo cual disponen de unas bandejas. Esos mismos alumnos pasan al terminar el experimento, con las bandejas, para recoger el material que se debe de guardar. Todo lo que se va a desperdiciar se envuelve en el periódico y se deposita en una bolsa de la basura que se va pasando por los diferentes grupos.

Este tipo de experimentos dentro del aula, ya sea en gran grupo o en pequeños grupos tienen la ventaja de que se gasta menos tiempo en la preparación, salen más baratos y para trabajar con alumnos de niveles no universitarios resultan más adecuados porque es más fácil mantener la disciplina y no tienen ningún peligro.

En los trabajos que hacemos de este tipo, con material sencillo y participación de todos los alumnos, muy pocas veces se quedan los alumnos descolgados, sin participar, aunque a algunos les cueste más intervenir. Aprender a preguntar y a observar es bueno y tener el reflejo de tomarse, en determinados momentos, las cosas a risa cuando se ha dicho un disparate monumental también es una buena terapia. Entraría esta postura dentro de la «educación en valores» que tanto se está abandonando y que se debe hacer desde todas las materias.

Trabajo en el laboratorio

Los alumnos paralelamente deben tener la posibilidad de trabajar en el laboratorio de una manera menos dirigida empezando por una cierta autonomía hasta irse soltando, por otra parte hay experimentos que no se pueden hacer en aula por el tipo de material necesario.

Para trabajar en el laboratorio los grupos deberían ser de dos alumnos o como máximo de tres. El material y los productos, que están a disposición de los alumnos debe estar perfectamente catalogados en armarios numerados. Los frascos de los productos en la etiqueta además del nombre llevan el armario y la tabla donde están colocados. Por diferentes lugares del laboratorio existirán listas alfabéticas que indican la colocación del material y de los productos.

Directamente a disposición de los alumnos que puedan acceder a ellos sin ningún control sólo existirán materiales cuya utilización no implica riesgo.

Para trabajar de esta forma y con objeto de que lo puedan hacer a su propio ritmo, creemos que lo mejor es que sigan una ficha con instrucciones y preguntas adecuadas que les ayuden a fijarse en lo que sucede. Todas las explicaciones de lo que hacen, los datos que toman, la contestación a las preguntas deben figurar en un cuaderno individual de laboratorio.

El trabajo sigue el ritmo de cada grupo, incluso según las características del grupo se le asignan unos experimentos de un tipo o de otro, constituyendo siempre un desarrollo secuenciado de un determinado tema o trabajo hasta que se compruebe que verdaderamente lo han entendido. Todos los experimentos están enmarcados en un contexto teórico dentro del programa general.

Disponen de bibliografía adecuada que pueden consultar o también pueden pedir ayuda al profesor. Uno de los múltiples problemas a resolver en enseñanza es conseguir que los alumnos lean textos de la materia entendiendo lo que leen, a mejorar esta destreza puede contribuir el trabajo de laboratorio siguiendo una serie de fichas de trabajo, donde además de darles unas instrucciones, que al principio no pueden ser tan mínimas, se les remite a una bibliografía en la que pueden encontrar ayuda para solucionar el problema que se le plantea y poder contestar las cuestiones.

Los libros que se recomiendan al principio deben de ser muy sencillos, de un nivel de divulgación, para que los puedan entender porque si no es así desistirán del empeño y buscarán soluciones más cómodas como puede ser pedir ayuda al profesor o copiar de otro grupo que ha hecho ya el experimento.

El objetivo fundamental de un profesor será lograr que los alumnos tengan iniciativas propias y una cierta independencia para buscar sin ayuda. No es tarea fácil se debe atacar desde muchos ángulos para conseguirlo.

Como ya hemos indicado el trabajo de los alumnos nunca es rellenar fichas, es un cuaderno personal de laboratorio, en el que además de anotar todo lo que van viendo, describir lo qué han hecho y ha sucedido, contestan las cuestiones que se le plantean.

Un inconveniente de este sistema de trabajo es que algún grupo que ya ha trabajado sobre ese tema esté dispuesto contarles lo que deben ver o cual es la contestación de las preguntas sin darles la oportunidad de buscarlo ellos mismos. Por eso a veces interesa cambiar las fichas de trabajo para que no puedan copiar de otro grupo que va más adelantado.

Sobre cómo hacer los grupos hemos ensayado todas las formas posibles de número y manera de agrupar. Consideramos como número ideal dos alumnos y nunca más de tres, porque sino siempre hay alguno que se pierde y no hace nada. A veces incluso siendo dos, sobre la marcha, ha habido algún grupo que lo hemos convertido en dos individuales, porque uno de los integrantes solía estar ausente. Otras veces hemos tenido que hacer cambios porque había algún grupo que se perdía completamente y les era imposible trabajar, lo hemos unido a otro grupo de alumnos responsables que les podían ayudar hasta que fueran dándose cuenta de cómo era el trabajo. Esta asociación tampoco le va mal a los alumnos buenos, porque al intentar ayudar a otros ellos aprenden mejor, si fijan más y si van a ser profesores se dan más cuenta de los problemas con que se pueden encontrar al enseñar a sus alumnos.

En cuanto a cómo agrupar los alumnos también hemos ensayado todos los procedimientos posibles: orden alfabético, que se agrupen ellos, los mejores con los no tan buenos...etc. Lo que mejor suele resultar es que se agrupen ellos según sus intereses.

A veces, para discutir determinados temas, unimos varios grupos y al final terminamos la discusión en gran grupo. Para este tipo de discusiones parten de una ficha que les proporcionamos con las ideas más importantes sobre las que deben plantear la discusión. Normalmente las discusiones son sobre trabajos experimentales que ya han realizado todos o, bien, para que diseñen un trabajo experimental, basándose en algo que ya han hecho y que puede valer para solucionar problemas que se han detectado que no quedaban claros.

Otra actividad que puede ser interesante es que redacten experimentos en grupos y que se pasen las redacciones de unos grupos a otros para discutir si realmente se entienden o no. Este tipo de actividad de forma individual o en grupo, es necesario hacerla constantemente no sólo en el tema de laboratorio, también con relación a otro tipo de actividades. Cada vez tienen más problemas los alumnos para expresarse de forma oral y escrita por lo que se necesitan este tipo de actividades.

Referencias bibliográficas

- De Vos, W., y Verdonk, A. H. (1986). A New Road to Reactions. Part 3: Teaching the heat effect of reactions. *Journal of Chemical Education*, 63 (11): 972-974.
- Johnstone, A. H., y Wham, A. J. B. (1980). A case for variety in practical work. *School Science Review*, 61 (217): 762-765.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299-313.
- Ramón y Cajal, S. (1999). *Reglas y consejos sobre investigación científica. Los tónicos de la voluntad* (15.^a edición). Madrid: Espasa Calpe, Colección Austral.
- Martín Sánchez, M. y M.^a T. (1986). *Trabajos experimentales de Química en una clase de nivel elemental*. Salamanca, Universidad de Salamanca: Ed. ICE.
- Woolnough, B. E. (1995). *Switching the students onto Science*. Londres: British Council Science Education Newsletter.
- (1997). Motivating students or teaching pure science? *School Science Review*: 67-72.