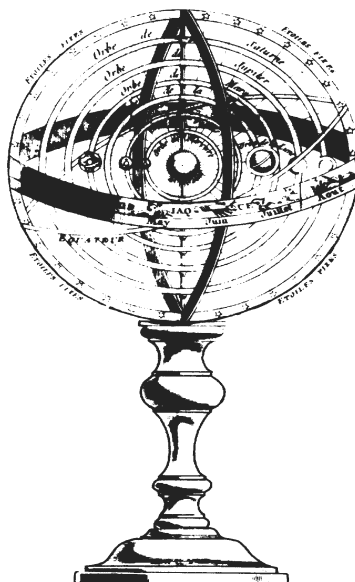


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



LA CONSTRUCCIÓN DE PROBLEMAS EN EL LABORATORIO DURANTE LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA

CORTÉS GRACIA, ANGEL LUIS y DE LA GÁNDARA GÓMEZ, MILAGROS

Grupo Beagle. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza
acortes@unizar.es
mgandara@unizar.es

Resumen. En este trabajo presentamos los resultados de una experiencia didáctica que integra la construcción y resolución de problemas durante la formación del profesorado de educación primaria en el área de didáctica de las ciencias experimentales. Partiendo de un contexto inicial de total autonomía, que permite al alumno tomar la iniciativa y reflexionar sobre sus limitaciones, el profesor conduce a los estudiantes dentro de un modelo de indagación dirigida hacia un contexto donde se puedan construir y resolver problemas relacionados con fenómenos de la vida cotidiana. La aplicación de este modelo en el laboratorio de ciencias a lo largo de seis cursos académicos muestra las posibilidades didácticas del mismo, pero también pone de manifiesto las dificultades conceptuales, procedimentales y actitudinales de los estudiantes cuando se enfrentan a un modelo de enseñanza y aprendizaje «no tradicional».

Palabras clave. Construcción de problemas, laboratorio, ciencia escolar, formación de profesores, indagación dirigida.

Building problems in the laboratory during teacher training: a didactic experience

Summary. In this paper, we show the results of a didactic experience that integrates building and solving problems within the experimental sciences contents included in the teachers training curriculum. From an initial context based on the full autonomy of students, which allows them to take the initiative and to think about their limitations, the teacher leads the students towards an inquiry classroom context, where problems can be built and solved. Based on our experience over six academic years, didactic applications of our model are shown. Nevertheless, this experience also shows the difficulties about concepts, procedures and attitudes that appear when students meet a «non-traditional» teaching and learning model.

Keywords. Problems-building, laboratory, school science, teachers training, inquiry classroom.

INTRODUCCIÓN

Uno de los vehículos más asequibles para llevar a los alumnos a «aprender a aprender» es la solución de problemas que pueden resolverse con lápiz y papel o mediante pequeñas investigaciones prácticas en el laboratorio y en el campo (Pozo et al., 1994; Caballer y Oñorbe, 1999; Perales, 2000). Frente a una enseñanza basada en la transmisión de conocimientos, la solución de problemas puede constituir no sólo un contenido educativo, sino un modo de concebir las actividades educativas (Pozo et al., 1994). Ahora bien, como indican Pérez Echevarría y Pozo (1994, p. 14), «todos los profesores hemos acabado por aprender que los problemas que planteamos a nuestros alumnos en clase pueden diferir considerablemente de los que ellos mismos se plantean fuera del aula».

En nuestro sistema educativo, al igual que en otros países, se ha reconocido la necesidad e importancia de la solución de problemas como contenido del currículo. En las propuestas curriculares de educación primaria y secundaria se defiende la identificación, planteamiento y resolución de problemas como un objetivo básico de las mismas. Así, «un objetivo fundamental de la formación científica dentro de la educación obligatoria supondrá el que los alumnos sean capaces de enfrentarse a situaciones cotidianas, analizándolas e interpretándolas a través de los marcos conceptuales y también de los procedimientos propios de la ciencia» (Pozo y Gómez Crespo, 1994, p. 87). Dentro de estos procedimientos, las pequeñas investigaciones, en general, y dentro de este enfoque de indagación, las prácticas de laboratorio, en particular, constituyen una estrategia didáctica de primer orden para el planteamiento y la resolución de problemas en el marco de las ciencias de la naturaleza.

Si nos centramos en la etapa de educación primaria, algunos autores, como Reid y Hodson (1993), destacan desde hace tiempo el deprimente punto de vista de los científicos y los profesores sobre la actividad científica realizada en las escuelas. En un reciente trabajo, Escobar y Vílchez (2006) muestran la escasa utilización del laboratorio en los centros de educación primaria y destacan la dicotomía que perciben los maestros en formación entre sus referentes teóricos y la aplicación real en los centros. La responsabilidad de esta situación debe buscarse fundamentalmente en: 1) la reducción progresiva de las ciencias experimentales en los planes de estudio, 2) la poca tradición y escasos medios de muchos centros educativos y 3) la formación inicial y continua del profesorado. En el caso concreto de los trabajos prácticos, a pesar del valor formativo de los mismos, algunos constituyen actividades costosas, exigen tiempo para su preparación y requieren cierto conocimiento y experiencia por parte del profesorado para su realización (Caamaño, 2003). De hecho, «son muchos los profesores que se quejan de una falta de preparación para imprimir un nuevo enfoque a la enseñanza de las ciencias o de no tener recursos para sustentarlo, por ejemplo, laboratorios para los trabajos prácticos y materiales didácticos de soporte para las nuevas propuestas» (Caamaño y Martins, 2005, p. 51). Todo lo anterior puede hacer que este enfoque didáctico

no sea utilizado en la medida que cabría esperar por la importancia que señalan los planes de estudio.

Entre muchos estudiantes y, desafortunadamente, entre algunos profesores está extendida la imagen de que las prácticas de laboratorio son momentos para la mera manipulación, al margen de los contenidos conceptuales, o que son simples ejercicios de aplicación de alguna teoría o principio, al margen de los procedimientos (Hodson, 1985; Gil et al., 1991, 1999). Muchas veces, tras los trabajos de laboratorio se oculta una simple ilustración o demostración de un principio o ley científica, o la reproducción simplificada de un experimento conocido (Pozo y Gómez Crespo, 1994). Frente a estas concepciones sobre el trabajo práctico, la investigación en didáctica de las ciencias ha producido numerosos datos que muestran la conveniencia de unas prácticas que sirvan, a través de la interacción continua entre el profesorado y el alumnado, para construir conocimiento mediante la interacción entre el pensamiento teórico, las aptitudes procedimentales y la discusión en equipo, a la hora de resolver situaciones problemáticas (Corominas y Lozano, 1994; Gil et al., 1999; Caballer y Oñorbe, 1999). Ahora bien, la experimentación y la observación servirán para aprender sólo si provocan que el alumnado se haga preguntas, es decir, si conduce a representarse posibles interpretaciones de lo que se observa, para poderlas discutir (Sanmartí, 2002).

Basándonos en una experiencia llevada a cabo en nuestra universidad a lo largo de seis cursos académicos con estudiantes de magisterio, en este trabajo trataremos de:

- identificar el modelo de problema y de actividad experimental que tienen los estudiantes (profesores en formación) con los que hemos trabajado,
- poner a prueba el grado de autonomía que poseen los estudiantes a la hora de seleccionar, construir problemas y resolverlos en el laboratorio,
- desarrollar la capacidad de reflexión de los estudiantes sobre las actividades prácticas,
- desarrollar destrezas metacognitivas que permitan evaluar sus propios aprendizajes, tanto desde el punto de vista de las estrategias para la experimentación como del uso de estrategias para la comunicación,
- identificar y analizar las principales dificultades que encuentran los estudiantes durante la construcción y desarrollo de las actividades propuestas por ellos mismos.

Al mismo tiempo, mostraremos los resultados de esta experiencia que presentamos aquí a modo de ejemplo. Diseñada inicialmente como una propuesta didáctica para trabajar en el laboratorio, nos permitió crear un contexto de interacción entre contenidos conceptuales y procedimentales, así como un espacio de reflexión sobre la ciencia, en general, y sobre la actividad experimental, en particular.

MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

Una de las preocupaciones de la investigación en didáctica de las ciencias es la de desarrollar habilidades cognitivas en los estudiantes. Pujol (2003), en su revisión de la educación científica en la educación primaria, indica que nos debemos plantear una ciencia que enseñe a: pensar, hacer, hablar, regular los propios aprendizajes y trabajar en interacción. Las prácticas de laboratorio se muestran como un medio eficaz para que el estudiante manifieste y ponga en juego su propia epistemología (Séré, 2002). Estas deberían permitir al profesorado crear contextos donde los estudiantes puedan producir conocimiento acerca de conceptos, procedimientos y comportamientos específicos. Pero no sólo eso, se pretende también que los estudiantes sean capaces de crear pautas de actuación y de autorregulación de su propio aprendizaje (Sardá y Sanmartí, 2000).

El modelo docente de indagación dirigida

Hoy en día *inquiry* (indagación) es una palabra de moda en didáctica de las ciencias (National Research Council, 2000). En el trabajo citado se indica (p. 35) que existe una serie de componentes comunes compartidos por los distintos modelos de instrucción basados en la indagación, en los que los estudiantes:

- se involucran en una cuestión científica, evento o fenómeno, que conecta con lo que ellos ya conocen, crea conflicto con sus propias ideas y/o motiva a los mismos a aprender más;
- exploran ideas a través de experiencias manipulativas, formulan y comprueban hipótesis, resuelven problemas y generan explicaciones para lo que observan;
- analizan e interpretan datos, sintetizan sus ideas, construyen modelos y aclaran conceptos y explicaciones con profesores y otras fuentes de conocimiento científico;
- amplían sus nuevos conocimientos y habilidades y aplican a nuevas situaciones lo que han aprendido;
- revisan y evalúan, junto con los profesores, lo que han aprendido y cómo lo han aprendido.

Ahora bien, como indica Anderson (2002), ¿es posible que cualquier maestro utilice un modelo de enseñanza por indagación dirigida o esto sólo es posible en las manos y mente de un maestro excepcional?, y a su vez nos deberíamos preguntar ¿cómo podemos preparar al maestro para utilizar este tipo de educación?

La formación inicial del profesorado

Enseñar la ciencia como un proceso de indagación dirigida requiere una determinada concepción de la ciencia y de su enseñanza que no suele estar muy extendida entre los profesores (Gil et al., 1991; Anderson, 2002). La formación previa de los estudiantes de magisterio en

materia de ciencias es diversa y en la mayor parte de los casos muy limitada, a lo que debemos añadir que, en algunos casos, la carrera de maestro es enfocada en muchos aspectos como un «rebachillerato» (Torres, 1994). Durante la etapa de formación en el área de didáctica de las ciencias experimentales de los estudiantes de magisterio destacaríamos las siguientes limitaciones (tomando como ejemplo los planes de estudio de la especialidad de educación primaria en nuestra universidad): 1) la ausencia de asignaturas con contenido conceptual en ciencias, 2) el tiempo dedicado a las ciencias experimentales es muy limitado (tan sólo 13 créditos obligatorios a lo largo de toda la carrera), 3) los grupos de prácticas son a veces muy numerosos y 4) la organización horaria es inadecuada (en muchos casos módulos horarios aislados de 50 minutos). En muchas ocasiones, los hábitos de trabajo durante la formación previa de estos estudiantes (primaria y secundaria) son similares a los comentados en la introducción (mera manipulación, aplicación de teorías o principios, etc.). Los estudiantes acceden a los estudios de la diplomatura de maestro con un conocimiento fragmentado, superficial y poco sólido (Cañal, 2000). A esto debemos añadir el variado bagaje intelectual de los mismos, lo que hace que abordar contenidos científicos junto a asuntos propios de la didáctica específica suponga una tarea tal vez excesivamente ambiciosa (Barberà, 2002). Numerosos investigadores se plantean este tipo de cuestiones que se pueden resumir en el problema que proponen Newman et al. (2004, p. 274): «¿Cómo enseñamos la pedagogía si los estudiantes no entienden la ciencia, y cómo enseñamos la ciencia si los estudiantes no entienden la pedagogía?».

Numerosas publicaciones aparecidas en la última década dan cuenta de la necesidad de concentrar esfuerzos en una formación inicial y permanente del profesorado acorde con los cambios socioculturales que vivimos. La didáctica de las ciencias experimentales debiera integrar una visión del currículo para la ciencia escolar que permita la participación activa de los estudiantes, y se propugna una ciencia para todos que facilite la formación de ciudadanos científicamente cultos (Jiménez Aleixandre, 1998, 2003; Paixao y Cachapuz, 1999; Cañal, 2000). Un currículo para la alfabetización científica se debería basar en la creación de situaciones lo suficientemente variadas como para que aparezcan problemas, para que se susciten hipótesis y se, demanden estrategias de estudio, criterios para el análisis, reglas para la interpretación de los datos, etc. Es decir, para poner a prueba los propios conocimientos, las creencias y así valorar la información. Se trataría de crear contextos del tipo de los propuestos en los últimos años por diferentes autores como De Cudmani (1997), Jiménez Aleixandre y Sanmartí (1997), Duschl (1998), Gil et al. (1999), Izquierdo et al. (1999), Jiménez Aleixandre (2003).

Durante la formación inicial del profesorado es especialmente importante que los estudiantes dispongan de oportunidades para gestionar el medio, de manera que lleguen a diseñar secuencias de acciones con unas metas establecidas por ellos mismos. Así, pretendemos que los estudiantes tengan la oportunidad de trabajar en la construcción y resolución de problemas, familiarizarse

con el trabajo científico y aprender, en el curso de estas investigaciones, las destrezas y procedimientos propios de la indagación (Caamaño, 2003). Sin embargo, en nuestro modelo proponemos un paso previo, ya que lo frecuente es que los estudiantes se enfrenten a un problema presentado por el profesor. En los guiones de las investigaciones (Caamaño, 2003 y referencias incluidas) hay que presentar el problema que se debe resolver y recordar las fases a través de las cuales debe procederse. En nuestra propuesta entendemos que el problema puede ser presentado por los estudiantes (en este caso, profesores en formación) y, por qué no, construido previamente por ellos (ya que, de otra manera, el profesorado estará permanentemente utilizando problemas planteados por otras fuentes externas a la escuela). En la confianza de que los maestros deberían de ser capaces de identificar y construir problemas dirigidos a sus alumnos a partir de hechos y fenómenos de la vida cotidiana, proponemos una situación totalmente abierta en la que los futuros profesores puedan trabajar sobre un tema que les interese, y en su caso que tenga una aplicación directa (o indirecta) en educación primaria, siempre que sus propuestas estén debidamente razonadas.

La UVE de Gowin como herramienta para la reflexión

En este trabajo se asumen los principios de diseño aportados por Del Carmen y Jiménez Aleixandre (1997), que deben estar presentes a la hora de decidir sobre los contenidos y las actividades, como son:

- Identificar problemas que tengan conexión con la vida real para ser investigados («auténticos problemas» de Duschl y Guitomer, 1997).
- Mantener los objetivos conceptuales en número limitado para facilitar tanto su comprensión como su utilización en contextos de investigación. En otras palabras, no introducir conceptos que no vayan a ser utilizados.
- Emplear destrezas de investigación y experimentación para comprobar ideas.
- Reflexionar de forma crítica sobre la manera en que se recogen los datos y las pruebas y sobre cómo se usan para comprobar las ideas.

Como elemento para la reflexión y metacognición del alumnado así como para la evaluación (y autoevaluación) de las actividades prácticas, la UVE de Gowin (Novak y Gowin, 1988) se muestra como una herramienta muy interesante. Esta técnica tiene especial interés en el trabajo en el laboratorio (Izquierdo, 1994, 1995; Lama et al., 1995; García Sastre et al., 2003; etc.), ya que pretende que los estudiantes relacionen lo que hacen en las prácticas (componente de la acción o metodológica) con lo que saben (componente del pensamiento o conceptual), planteando la actividad como una tarea de búsqueda de respuestas a las «preguntas centrales» planteadas.

Aplicada al marco de la resolución de problemas, la UVE de Gowin permite comprender la interacción con-

tinua entre 1) el componente del pensamiento, entendido como el marco teórico que orienta la identificación de un problema a resolver, la emisión de una hipótesis, las decisiones sobre estrategias de resolución o concreción en un diseño experimental, la interpretación de los resultados empíricos, así como su contrastación con el marco teórico de referencia, para su modificación, y 2) la componente de la acción, que engloba el planteamiento del problema, la elección de una hipótesis, la aplicación del diseño experimental y el registro y tratamiento de datos. Utilizada durante el proceso experimental, la UVE permite al estudiante reflexionar sobre lo que sabe y lo que necesita saber para avanzar en el desarrollo práctico. Ahora bien, como ocurre con cualquier herramienta didáctica, la mera utilización de la UVE no implica una correcta construcción de significados y es necesaria una reflexión profunda acerca de lo que se sabe y lo que se hace, contrastando las ideas con otras personas (otros estudiantes, profesor, etc.). Como elemento de evaluación o autoevaluación al final de la experiencia, la UVE puede ayudar a detectar posibles problemas durante el proceso de aprendizaje, difíciles de detectar mediante el simple análisis de los resultados experimentales o de las conclusiones presentadas.

Algunas reflexiones sobre lo anterior

En nuestro modelo, compartimos la visión que sobre la ciencia y la construcción de problemas presentan Orange et al. (1999, p. 108): «construir problemas es más importante que resolverlos». Estos autores parten de las ideas de Fabre (1993) que indicaba que la entrada en los saberes científicos tiene que ver más con la construcción de problemas que con su resolución, que no es más que un episodio terminal y, en cierta manera, accesorio.

Con todo lo expuesto anteriormente, se trataría de crear un contexto que sirva finalmente a nuestros estudiantes para interpretar y explicar los fenómenos y hechos de la vida cotidiana e intervenir sobre ellos. Buscamos poner en marcha actividades donde los estudiantes se implican en la «resolución de problemas comunes en su contexto vivencial» (Cañal, 2000, p. 50), y que son susceptibles de abordarse en las condiciones (afectivas, intelectuales y materiales) del laboratorio de magisterio.

UNA EXPERIENCIA DOCENTE A MODO DE EJEMPLO

La experiencia presentada en este trabajo, a la que denominamos «pequeña investigación» (en el sentido de Pozo y Gómez Crespo, 1994, p. 106), fue aplicada durante seis cursos en la asignatura obligatoria Laboratorio Científico Escolar, de la especialidad de Maestro de Educación Primaria, con un total de unos 600 estudiantes. Esta asignatura consta de 40 horas teórico-prácticas impartidas a lo largo de un cuatrimestre en grupos de clase de unos 20-25 estudiantes. Dentro de las 40 horas lectivas, dedicamos aproximadamente la mitad del tiempo a una serie de prácticas dirigidas por el profesor

(ejercicios prácticos, en el sentido de Caballer y Oñorbe, 1999) destinadas al conocimiento y utilización del material y técnicas de uso frecuente en el laboratorio. De esta manera, intentamos evitar que el verdadero problema se traslade a las dificultades de manejo de las herramientas necesarias para la investigación. El resto de la asignatura está enfocada como pequeñas investigaciones (una o varias) en las que el alumnado debe obtener respuestas a un problema (en este caso planteado por los estudiantes en clase, con la ayuda del profesor) por medio de actividades prácticas de laboratorio. Este enfoque didáctico de planteamiento y resolución de problemas consta de dos partes diseñadas inicialmente con propósitos diferentes.

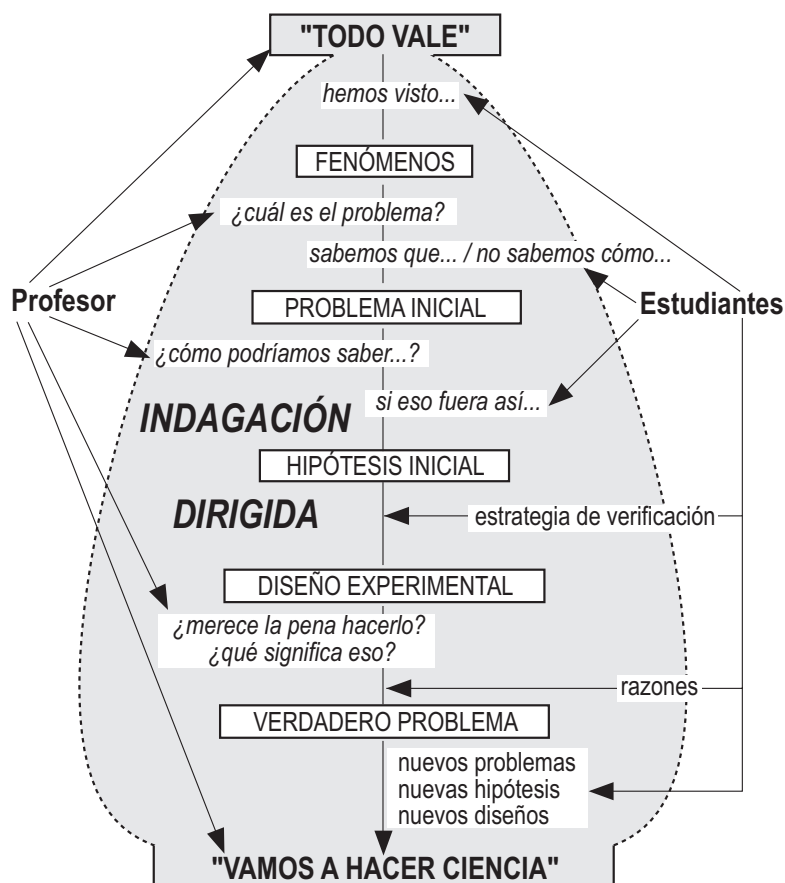
La primera parte de nuestro modelo se plantea como una actividad aparentemente autónoma, con el objetivo de que se identifiquen problemas a partir de fenómenos de la vida cotidiana y que emerjan concepciones e ideas diversas sobre algún hecho o fenómeno (principios que aplican, hipótesis, creencias, líneas de argumentación, etc.).

La segunda parte se diseña como un contexto donde se reflexione y actúe dentro de un modelo de indagación dirigida, con el objetivo de aprender un modelo de ciencia que se caracteriza por la interacción explícita entre los enunciados teóricos que conocen y las habilidades procedimentales que ponen en juego a la hora de emitir juicios sobre los fenómenos estudiados.

En muchos casos, no se identifica un salto claro entre estas dos partes. Las discusiones y problemas planteados durante la primera fase dan lugar a un tránsito de una a otra apenas perceptible para los estudiantes en ese momento, como veremos en los ejemplos presentados posteriormente.

A pesar de que ambos enfoques se conciben desde la investigación en didáctica de las ciencias como característicos de paradigmas muy diferentes, nuestra propuesta pretende mostrar que es posible establecer un continuo entre ambos (Figura 1). A continuación iremos presentando las distintas fases de nuestra experiencia, así como algunos resultados obtenidos a partir de su aplicación real a lo largo de los últimos años.

Figura 1
Esquema general del paso del contexto «todo vale» al de «indagación dirigida» donde se señalan las principales intervenciones del profesor y los estudiantes.



Procedimientos para la recogida y análisis de la información por parte del profesorado

A lo largo del curso, el profesorado puede evaluar cualitativamente tanto la experiencia como el aprendizaje efectivo de los estudiantes a través de una serie de herramientas que indicamos a continuación:

- Todos los grupos van elaborando una «carpeta del grupo» (a modo de portafolio) en la que deben incluir todo lo que dicen y hacen (apuntes de clase, información adicional de cualquier tipo, esquemas de diseño y trabajo, resultados parciales y definitivos...). En esta carpeta se recogerá todo el trabajo realizado tanto dentro como fuera del laboratorio (en casa, en la biblioteca, en Internet), pero la carpeta deberá estar siempre en el laboratorio a disposición tanto del profesor como de los demás miembros del grupo (o del resto de la clase, si así lo manifiestan los interesados).

- El profesor va elaborando un «diario del profesor» en el que anota tanto registros de carácter anecdótico que van surgiendo en clase, como datos de entrevistas con los grupos de trabajo, sugerencias, percepciones personales sobre la dinámica de trabajo, etc.

- Los diferentes grupos deben elaborar y entregar al profesor informes (siguiendo unas bases de orientación proporcionadas por el profesor) sobre las actividades realizadas en los que deben aparecer explícitamente referencias a la información contenida en la «carpeta del grupo».

- Los grupos van realizando un diagrama UVE que es analizado por el profesor y comparado con la información que dicen haber manejado y los resultados que dicen haber obtenido.

Para empezar, «todo vale»

Negociación de los objetivos con el alumnado

La asignatura Laboratorio Científico Escolar se contempla como una parte del currículo de la formación de maestros independiente del nivel de conocimientos de los estudiantes en materia de ciencias. Por tanto, no tiene sentido planificar el uso del laboratorio como aplicación de ningún aspecto teórico concreto. De ahí la necesidad ineludible de crear un contexto epistémico (Duschl, 1998) que permita la elaboración de un mínimo de conocimiento compartido, tanto para aspectos conceptuales como procedimentales, y desarrollar actitudes que promuevan la creatividad, la colaboración y la crítica fundamentada.

Nuestra opción consiste en partir del «todo vale» (Cortés y De la Gándara, 2001) como una vía para la motivación y para una aproximación al conocimiento sobre la autonomía potencial del alumnado («seguro que hay cosas que sabes que ocurren pero no puedes explicar por qué ocurren»). Con este tipo de actividad, el profesor intenta introducir reglas de actuación, como son la necesidad de justificar todo tipo de acciones y decisiones, usar el lenguaje con

precisión, aplicar algoritmos que faciliten la comunicación y la búsqueda de consenso, etc. (Figura 1). Los estudiantes deben justificar las acciones y someterse a sugerencias y juicios por parte de los demás (profesor y alumnos).

El grado inicial de apertura de este modelo es total en todos los sentidos (Watson, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1994; Caamaño, 2003), incluso desde el momento de la definición del problema, ya que ni siquiera se especifica el área de investigación. En este sentido, cualquier problema procedente de la vida cotidiana o de un fenómeno cualquiera que conozca el estudiante es bienvenido, siempre que sea susceptible de ser construido y resuelto dentro del marco del laboratorio escolar y que todo ello esté debidamente argumentado. Así se dan cuenta de que no todo se puede resolver en el laboratorio (National Research Council, 2000). A diferencia de lo que podría interpretarse como un modelo puro e ingenuo de descubrimiento autónomo, los estudiantes conocen ya en esta fase que sólo existe una limitación impuesta por el profesor: «todas tus respuestas, tus opiniones y tus propuestas de acción deben estar debidamente razonadas y deben ser discutidas con el resto de la clase».

La actividad comienza estableciendo los equipos de trabajo (3-4 alumnos) para pasar a formular y discutir los objetivos (dentro del grupo y con el resto de la clase). Tras la fase inicial de organización, se plantea la siguiente situación: el profesor pide a los estudiantes que hablen sobre un fenómeno natural acerca del cual les gustaría trabajar para conocerlo más a fondo. Se les advierte que es imprescindible que lo describan y convenzan a la clase de que eso que han visto o conocen realmente existe y se puede trabajar en el laboratorio. También se elaboran normas de comportamiento, intentando emular a las que se dice que practican los científicos, poniendo énfasis en las siguientes:

- Todas las ideas son respetables, criticables y evaluables.

- Todos los miembros del equipo deben colaborar en todo el proceso.

- Cualquier estudiante puede plantear problemas sobre conceptos o sobre procedimientos a sus compañeros del grupo, al profesor o a cualquier otro equipo.

- Las decisiones y los resultados obtenidos deben ser comunicados al resto de la clase y sometidos a discusión para la búsqueda de consenso.

- Cada grupo deberá realizar un diario de trabajo (carpeta del grupo) donde se recojan los puntos sobre los que se discuten, las informaciones que obtienen (del profesor o de otros equipos) y los acuerdos.

Ejemplos de fenómenos presentados por los estudiantes en el contexto «todo vale»

En esta primera toma de contacto, las propuestas del alumnado son muy diversas y se describen los fenómenos (o lo que ellos consideran como fenómenos) casi siempre en términos vagos como los siguientes (citados textualmente):

– «Colocaremos varias macetas con semillas de legumbres en distintas condiciones de luz y de agua, para ver que sin luz ni agua se mueren y las que están en buenas condiciones crecen.»

– «He visto en una película (*Ana y el Rey*, de Andy Tennant, 1998) que si se coloca un huevo sobre la boca de una botella con un papel encendido dentro, cuando se apaga la llama, el huevo entra en la botella...»

– «Podemos construir un manantial / ... un pozo artesiano / ... un filtro para agua / ... una potabilizadora / ...una depuradora... cogiendo una botella de agua bocabajo que se rellena con grava, arena, carbón vegetal...»

– «Analizar muestras de agua para encontrar organismos. Creemos que distintos tipos de agua contendrán distintos organismos.»

– «Poner rebanadas de pan y frutas en condiciones diferentes para que se pudran.»

– «Cuando se echa tinta al agua de riego, las flores se tiñen del color de la tinta.»

Muchas de estas propuestas no surgen de un interés del alumno por conocer mejor aquello de lo que habla, sino que son el resultado de sus recuerdos sobre experiencias previas o de una discutible búsqueda bibliográfica. A este propósito, cabe llamar la atención sobre el hecho de que las fuentes de información acerca de experimentos o de fenómenos son muy variadas, pero frecuentemente son libros de texto que han usado y, en no pocas ocasiones, incluso literatura de entretenimiento (por ejemplo, la extraordinaria botella tragahuevos, en Groening, 1992). Posiblemente, algunos estudiantes tratan simplemente de salir del paso ante la demanda del profesorado.

Valoración de las propuestas iniciales de los estudiantes

A la vista de este listado de propuestas, inmediatamente el profesor puede apreciar varios hechos interesantes sobre el modelo que tienen muchos estudiantes acerca de lo que es un fenómeno y cómo describirlo:

– Califican de fenómeno a cualquier actividad: «colocar semillas en macetas» o «poner rebanadas de pan en agua» en lugar de decir, por ejemplo, que han observado que las plantas no crecen igual en todas las condiciones o que en el pan y la fruta aparece moho (o unas manchas negras o verdosas) y/o se pudren en determinadas condiciones.

– Confunden fenómenos naturales con experiencias realizadas en el laboratorio o propuestas en la literatura. Es evidente, especialmente en el caso de «la botella tragahuevos» o la tinción de las flores. En algunos de estos casos utilizan una misma estrategia experimental para hablar de diferentes fenómenos (el mismo montaje y los mismos datos son utilizados para describir el funcionamiento de un manantial, un pozo artesiano, una potabilizadora, una depuradora, etc.).

– Ante la demanda de plantear preguntas acerca de algún fenómeno, es frecuente que opten por dos estrategias: o bien sustituyen el problema por una pregunta para la que saben cuál es la respuesta (problema conocido, según Caballer y Oñorbe, 1999), o bien pasan directamente a proponer experimentos sobre supuestos implícitos (Figura 2). Se necesita la intervención del profesor para que digan para qué quieren hacer eso o por qué piensan que eso va a ocurrir. En estos casos, es frecuente que el alumno acabe mostrando que lo que quiere es repetir una experiencia que conoce.

– De la misma manera, muestran dificultades a la hora de formular problemas auténticos. Pero basta un ejercicio de observación e interpretación de lo que han visto o dicho sobre los montajes propuestos, para que, con la ayuda del profesor, emerjan los verdaderos problemas.

Del conjunto de propuestas se infiere el gran peso que tienen sus experiencias previas en prácticas de laboratorio o de aula (en el caso de la educación infantil y primaria). Así, equiparan en muchos casos la noción de *experimento* a la de *fenómeno natural*, sin percatarse de que la interpretación de esos experimentos está mediada por sus conocimientos sobre lo que son leyes naturales. Para buena parte de los estudiantes, la finalidad del laboratorio es manipular objetos y observar cambios. Cuanto más asombrosos sean los resultados, más motivados se encuentran en principio, pero es poco frecuente que se hagan preguntas sobre las causas o razones que explican esos fenómenos. En un principio no se plantean problemas relacionados con los fenómenos observados y la manipulación se convierte en un fin en sí misma.

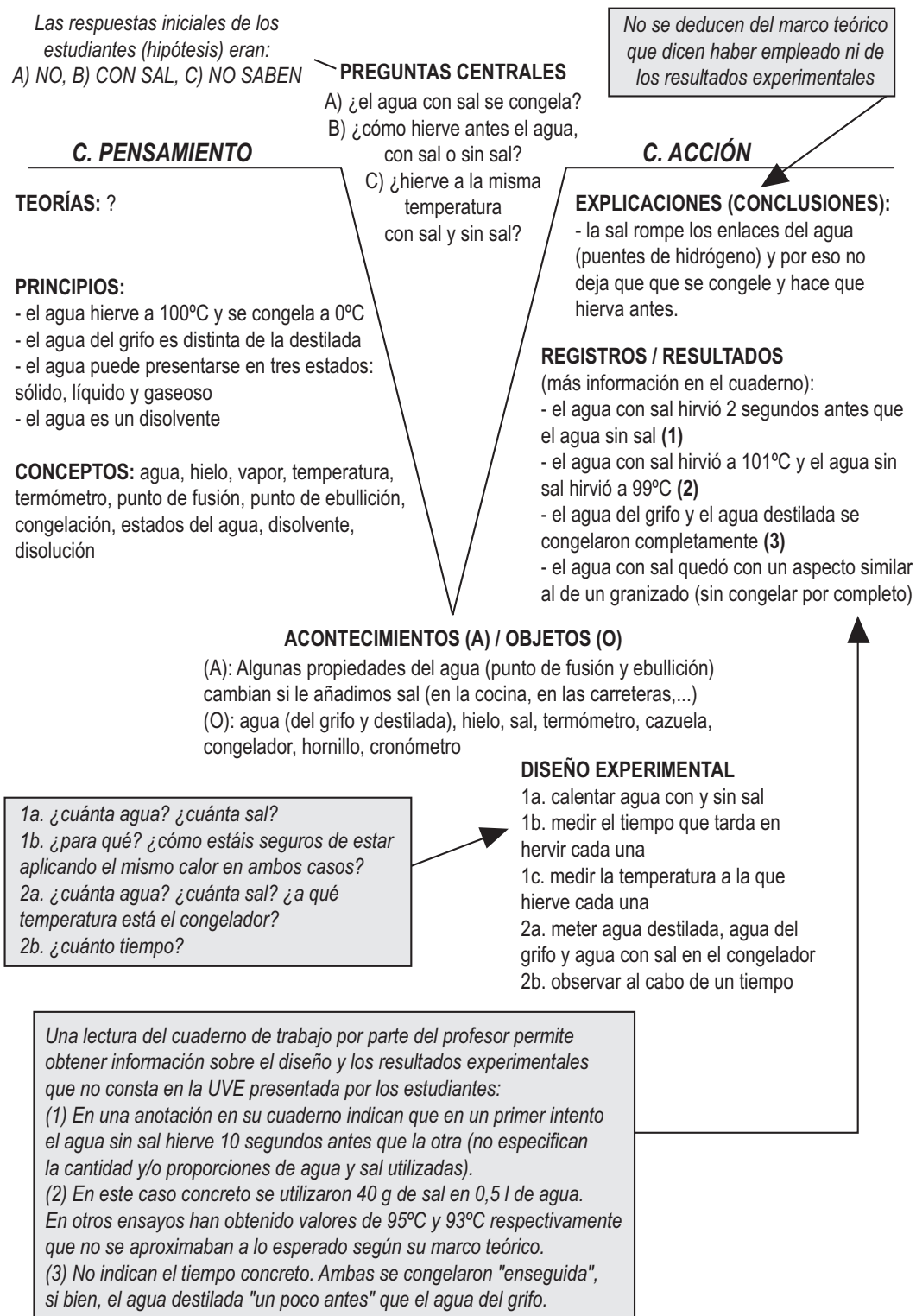
En este punto, se invita a los estudiantes a identificar el problema concreto, a diseñar una estrategia de verificación a partir de una hipótesis inicial y a poner en práctica sus propuestas. Entonces el profesor les pide razones: «¿qué significa eso que has dicho?, ¿por qué crees que ocurre esto?, ¿podríamos bebernos el agua que saldría de tu manantial?, ¿de dónde ha podido salir el moho?».

Como indica Jacob (1987), a veces las hipótesis existen en los estudiantes bajo la forma de presentimientos vagos y, a menudo, en la ciencia son necesarias investigaciones empíricas exploratorias simplemente para probar (Orange et al., 1999). El paso entre la aparición del problema y la formulación de la hipótesis no responde a una lógica concreta y, sin embargo, esto es algo que rara vez se comenta en la enseñanza de las ciencias. Entonces surgen los verdaderos problemas, cuando los estudiantes no encuentran una respuesta inmediata (Figura 1). Es en ese momento cuando se desencadenan las conjeturas y piden ayuda al profesor, es decir, se manifiesta explícitamente un modelo de indagación dirigida.

Así pues, la construcción del problema no está restringida únicamente a la fase inicial del trabajo, sino que es una parte esencial del mismo y se desarrolla a lo largo del tiempo en interacción permanente con el resto de la actividad. Estamos ante una situación de investigación en la que los estudiantes estarían construyendo problemas auténticos (Jiménez Aleixandre, 1998) a partir de una situación inicial que quizá no constituía un verdadero problema.

Figura 2

Transcripción de una UVE de Gowin presentada por un grupo de estudiantes como resumen de su actividad en el laboratorio. En los recuadros grises aparecen algunos de los comentarios realizados por el profesor durante la discusión en clase y tras la revisión del cuaderno de trabajo.



Hacia un modelo de indagación dirigida

Desde el momento en que han surgido los verdaderos problemas y han sido asumidos por la clase, se seleccionan éstos y el profesor hace explícito el modelo de indagación dirigida, basándose en la estrategia de la UVE de Gowin. En un primer momento, se centra en los elementos de la UVE, aunque no necesariamente en su representación gráfica, ayudándoles, a modo de bases de orientación, con algunas reglas para hablar de lo que hacen y de lo que piensan (Jorba et al., 2000). Éstas se plantean como acciones a realizar (Tabla 1) y van acompañadas en la práctica por las orientaciones del profesor que ayuda tanto en el lenguaje como en el planteamiento de problemas concretos conceptuales o procedimentales («¿serás capaz de interpretar los resultados obtenidos?, ¿es posible realizarlo con los materiales disponibles?»).

Los elementos de la UVE se presentan al alumnado como una guía para llamar la atención sobre la necesidad de coordinar, integrar y fundamentar teóricamente las observaciones y las conclusiones, que deben ser incluidas en un diario junto con los debates que se realizan dentro de su propio equipo y con los demás alumnos de clase. El profesor hace hincapié en que no se valorará su tarea por los conceptos que sepa o que haya construido, sino por la coherencia entre lo que dice saber y las conclusiones a las que llegue, gracias a su diseño y realización de la actividad experimental. Todo esto conlleva dos tipos de acciones:

1) Cada equipo debe representar en forma de UVE un resumen de su actividad (o utilizar un esquema distinto aprovechando los mismos campos temáticos). Esto les obliga a revisar y precisar su propia dinámica de trabajo. Con ello disponen de una oportunidad para introducir innovaciones en el modelo general de UVE, pues la deberán adaptar al tipo de actividad que están realizando. La figura 2 muestra un ejemplo a partir del trabajo de un grupo de estudiantes.

2) Cada grupo debe comunicar al resto de la clase cuáles han sido sus hallazgos, para someter su actividad al análisis y buscar el consenso en cuanto a sus conclusiones y modo de proceder. En este punto, el papel del profesor vuelve a ser clave, interviniendo en la conducción del debate y, cuando es preciso, haciendo notar qué dice la ciencia acerca de una cuestión o bien sugerir nuevas fuentes de información, para contrastarlas con la experiencia. Una conclusión contracentífica obligará al estudiante a revisar, en primer lugar, el diseño experimental y su coherencia con la hipótesis formulada, y posteriormente, la aplicación efectiva de este diseño. Si es preciso, tendrá que revisar sus conocimientos previos (su marco teórico de referencia).

Valoración de la segunda fase

Durante la fase de interpretación de los resultados experimentales, muchos estudiantes anteponen los prejuicios a los datos, inventándose en algunos casos las explicaciones. Por ejemplo, un equipo indica que han observado que el aceite flota sobre el agua, calculan por separado las densidades de ambos líquidos y, a pesar de los datos

numéricos obtenidos, concluyen: «aunque el aceite es más denso que el agua, éste se queda arriba». Cuando el profesor les quiere hacer ver la contradicción en la que incurrir, se comprueba que confunden densidad con viscosidad y que esta idea predomina sobre lo observado y sobre los registros realizados.

En algunas ocasiones se anteponen los datos al sentido común, aun siendo conscientes de que puede existir un error de diseño. Así, un equipo indica que si hacen pasar distintos líquidos a través de un mismo material de permeabilidad definida, el tiempo que tarde en pasar una determinada cantidad de líquido será proporcional a su viscosidad (más viscoso, más tiempo). De esta manera, se podría construir una escala de viscosidades relativas usando agua, alcohol, aceite, leche, etc. Durante la manipulación, el orificio del recipiente donde han vertido la leche se tapona y ésta tarda en pasar mucho más que los otros líquidos, por lo que concluyen: «aunque parezca increíble, el líquido más viscoso es la leche, incluso más que el aceite, y está demostrado experimentalmente».

Cuando interpretan los datos en busca de una explicación, algunos estudiantes suelen conformarse con las razones inmediatas sobre la base de una concatenación entre dos observaciones, sin entrar a buscar la verdadera explicación. Así, dicen que «el alimento se ha podrido porque ha salido moho» o, por el contrario, «que ha salido moho porque se ha podrido».

Otras veces, las conclusiones a las que llegan no se deducen directamente de los resultados experimentales y menos aún del marco teórico que supuestamente han manejado. En el ejemplo mostrado en la UVE de la figura 2, las conclusiones (o explicaciones) presentadas por los estudiantes no responden exactamente a las preguntas inicialmente planteadas. Al mismo tiempo, se observa un importante salto conceptual entre lo que ellos dicen que han obtenido experimentalmente, el marco teórico que dicen haber empleado y las explicaciones finales propuestas. Es decir, a partir del registro experimental (observaciones a simple vista, medidas de temperatura, etc.) y de los conceptos y principios manejados (punto de ebullición y fusión, estados del agua, etc.) no tiene sentido proponer explicaciones en torno a la rotura de los puentes de hidrógeno en las moléculas de agua sin que medie alguna justificación teórica intermedia (y en ese caso, quizá la experimentación no sería siquiera necesaria para llegar a esas conclusiones).

Un ejemplo concreto: descripción del proceso desde el «todo vale» hasta la interpretación de los resultados experimentales

Un grupo de estudiantes indicaba que conocía las técnicas para elaborar vino y que, por tanto, en el laboratorio podrían fermentar de forma natural cierta cantidad de zumo de uva machacada por ellos mismos (hablaban de «obtener vino»). Tras debatir sobre el proceso de producción del vino («avalado» por la procedencia de un área vinícola de uno de los miembros del grupo), éstos procedieron a diseñar un dispositivo experimental para verificar su hipótesis: «si dejamos varios frascos tapados con zumo de uva (mosto) en un lugar oscuro, fresco y seco, obtendremos vino».

Tabla 1
Cuadro resumen de la interacción entre profesorado y alumnado donde se señalan las distintas etapas del proceso con sus procedimientos (actividades del alumnado), los objetivos que se plantea el profesor y el tipo de orientaciones que transmite al alumnado en cada etapa.

ETAPAS	ACTIVIDADES DEL ALUMNADO	OBJETIVOS DEL PROFESOR	ORIENTACIONES DEL PROFESOR
1) Descripción del fenómeno	- Descripción de distintos hechos o fenómenos conocidos. - Aportación de ideas previas sobre los conceptos y/o procesos relacionados. - Análisis crítico del estado de conocimiento y planteamiento de dudas o problemas iniciales.	- Ayudar a describir el fenómeno. - Buscar la precisión en el lenguaje.	- Hemos visto que... - Podemos ver que cuando... - ¿qué sabemos? - ¿qué cosas no podemos comprender? - recomiende la utilización de la UVE de Gowin a partir de este momento
2) Análisis del fenómeno e identificación de problemas	- Opinión sobre los problemas planteados. - Planteamiento de nuevos problemas.	- Proponer una discusión sobre los problemas surgidos: ¿son problemas realmente? - Incitar a la identificación de variables. - Plantear situaciones análogas. - Ayudar a organizar las ideas.	- ¿cómo podríamos comprobar...? - ¿cómo podríamos saber? - si eso fuera así... - haciendo... podríamos ver que...
3) Planteamiento de un problema concreto	- Cada equipo formula su propia hipótesis.	- Exponer las posibilidades materiales y temporales para la realización del experimento.	- debe ser coherente con el problema que ha surgido y con la hipótesis propuesta - debe ser acorde con el tiempo, la distribución horaria y los recursos potencialmente disponibles
4) Formulación de hipótesis	- Cada equipo diseña la forma de poner a prueba su hipótesis.	- Plantear dudas conceptuales y técnicas. - Incitar a hacer explícita la propuesta experimental de forma razonada.	- ¿nos puede ayudar a resolver el problema? - ¿es posible realizarlo con los materiales disponibles? - ¿es posible realizarlo con el tiempo disponible? - ¿seremos capaces de interpretar los resultados? - ¿merece la pena llevarlo a cabo?
5) Diseño de un método experimental	- Cada equipo aplica (pone en práctica) su propio diseño. - Puesta en común, discusión. - Planteamiento de dudas sobre los resultados o sobre las interpretaciones.	- Señalar la importancia de cuidar el cumplimiento de lo propuesto. - Dirigir las sesiones de puesta en común y los debates sobre los resultados obtenidos.	- todos los datos, dudas y discusiones resultantes del experimento deben ser anotados - las interpretaciones deben ser coherentes con los resultados obtenidos
6) Discusión razonada de la pertinencia y viabilidad de la propuesta	- Puesta en común, discusión. - Aportación de nuevos datos. - Aparición de nuevas soluciones.	- Poner especial atención en que las afirmaciones no incurran en contradicciones con el marco teórico. - Aportar nueva información.	- las conclusiones pueden plantearse como generalizaciones - se debe revisar todo el proceso experimental - se debe revisar el marco teórico
7) Aplicación de la propuesta y registro de los datos	- Discusión. - Planteamiento de nuevos problemas.	- Plantear posibles situaciones problemáticas relacionadas con los experimentos y/o los resultados obtenidos.	- ¿esto mismo se cumpliría en otras condiciones? - con estas interpretaciones y conclusiones, ¿podríamos explicar otros problemas de la vida cotidiana?
8) Interpretación y comunicación de los resultados	- Análisis conjunto de toda la actividad y búsqueda de consenso.	- Ayudar al grupo a discriminar entre los aspectos teóricos y prácticos de la actividad.	- recomienda la revisión de la UVE de Gowin construida durante el desarrollo de la actividad
9) Elaboración de conclusiones			
10) Planteamiento de nuevos problemas			
11) Metacognición			

El dispositivo experimental consistía en preparar varios vasos de precipitados con mosto. Taparon los vasos con algodón sobre el que colocaron una lámina de parafina para sellarlo y lo guardaron en un armario cerrado. Según su hipótesis, al cabo de un tiempo deberían obtener vino. Cada cierto tiempo (dos veces por semana) observaban los recipientes y tomaban muestras con una pipeta para estudiar si se habían producido cambios (las observaciones eran visuales y olfativas). PROBLEMA 1 (profesor): ¿cómo saber si se ha producido el vino y cuándo?

En una de las manipulaciones uno de los recipientes quedó mal tapado (así lo hicieron constar), aunque siguieron observando el proceso. En la siguiente observación el contenido de ese vaso se había convertido en vinagre (era un olor evidente). PROBLEMA 2 (profesor): ¿por qué se ha convertido en vinagre y por qué sólo ese vaso?

En días posteriores se apreció la aparición de algunas moscas de la fruta (*Drosophilla*) dentro del armario y pequeñas larvas blancas en el recipiente conflictivo. PROBLEMA 3, los estudiantes responsables del experimento plantearon la siguiente pregunta al resto de la clase: si el armario estaba cerrado ¿de dónde han salido las moscas y los gusanos?

A partir de este problema, dentro del grupo de clase aparecieron hasta cinco tipos distintos de respuestas (entre paréntesis se indica el número de respuestas de cada tipo de un total de 30 escritas):

- 1) Los gusanos y las moscas proceden de huevos depositados en la fruta por otras moscas (12).
- 2) El proceso de descomposición de la materia orgánica genera microorganismos (9).
- 3) Las moscas han entrado en el armario y han puesto huevos (5).
- 4) Los microbios del ambiente se transforman en gusanos (3).
- 5) El azúcar puede producir larvas de moscas al igual que produce lombrices intestinales (1).

Ahora aparecen nuevos planteamientos. PROBLEMA 4 (profesor): ¿por qué sólo hay gusanos en el vaso que está abierto?, ¿cómo podríamos verificar las diferentes hipótesis planteadas?, ¿qué material y qué tipo de registros necesitaríamos para confirmar nuestra hipótesis?

Algunos estudiantes sospechan que es complicado verificar las hipótesis ya que desconocen todas las circunstancias que se dieron durante el experimento y parte del fracaso del mismo pudo ser casual (por ejemplo, indican que «tanto el armario como los frascos no estaban completamente cerrados, ya que se abrían para la toma de muestras»). Así, se propone por consenso repetir el experimento, asegurándose ahora de que los vasos quedan perfectamente sellados, a la vez que otros grupos plantean experimentos análogos con otros materiales (carne, mermelada) dejando frascos abiertos y cerrados

en distintas condiciones para valorar la influencia de las distintas variables (exposición al ambiente, luz, temperatura, etc.).

Este tipo de experimentos es clásico en biología (experimentos de Redi, siglo xvii) y en la enseñanza de las ciencias (Álvarez y Carlino, 2004) y permite al alumno razonar de forma científica sobre los cambios que se están produciendo (Novak y Gowin, 1988): descomposición, fermentación, aparición de gusanos, etc. La repetición del experimento, junto a la aportación de nueva información teórica (por parte de los estudiantes y del profesor) sobre el problema de la generación espontánea, parece convencer a los estudiantes de que la aparición de moscas y larvas pudo ser casual (es decir, no era el objetivo del experimento, ni un resultado previsible) y debida a la entrada de las mismas en el armario y en la preparación. También se pudo observar que las larvas, después de un tiempo aisladas y controladas, se transformaban en moscas similares a las encontradas en el armario.

Mientras tanto, el grupo que planteó la obtención del vino había encontrado la siguiente información bibliográfica sobre los procesos químicos que dan lugar a la fermentación alcohólica y acética:

– En la fermentación alcohólica, la sacarosa de la uva se transforma finalmente en alcohol etílico y dióxido de carbono, siendo los hongos *Saccharomyces ellipsoideus* los responsables de la fermentación del mosto en vino.

– En la fermentación acética (obtención del vinagre), el alcohol etílico en presencia de oxígeno se transforma en ácido acético, agua y energía, siendo responsables de la misma ciertas bacterias (que no especifican).

De esta manera, los estudiantes ya tenían una justificación teórica sobre la transformación en vinagre: «hemos obtenido vinagre porque durante la fermentación ha entrado oxígeno en el vaso destapado..., lo que no ha ocurrido en los vasos bien tapados». El profesor les indica que aún queda sin resolver la cuestión de si habían obtenido vino o no, aunque según éstos: «parece ser que sí, porque para tener vinagre era necesario que el líquido del vaso tuviera alcohol anteriormente, ya que desde el punto de vista teórico el azúcar no se fermenta directamente en vinagre».

A lo largo de todo este proceso, los estudiantes se tuvieron que enfrentar a varios problemas reales que no necesariamente respondían al planteamiento inicial formulado en el contexto «todo vale».

ACTITUDES DE LOS ESTUDIANTES ANTE EL MODELO DIDÁCTICO PROPUESTO

Tras la aplicación de la propuesta didáctica a lo largo de seis cursos académicos, se han detectado una serie de actitudes en los estudiantes ante la actividad experimental, en general, y ante tareas concretas como el registro de datos y su posterior interpretación. Algunas de estas

actitudes (tratadas aquí de forma cualitativa) se repiten en los distintos grupos y a lo largo de los años de la experiencia y se pueden resumir en los tipos que mostramos a continuación.

Actitudes de los estudiantes ante la actividad experimental

– Algunos asumen plenamente los objetivos iniciales, ven al profesor como guía de su actividad, plantean discusiones internas y externas, y tienen claro que han de buscar información adicional (profesor, bibliografía, Internet, etc.) que les ayude a diseñar su actividad y a interpretar los resultados de ésta. Desgraciadamente, estos grupos no son muy frecuentes.

– Los hay extremadamente entusiastas, que ven más allá de los datos, inventándose si es preciso un marco teórico. Muchas veces actúan (o pretenden actuar) de forma totalmente autónoma y al margen del profesor y del resto de la clase.

– Hay estudiantes que no asumen el objetivo inicial del modelo (piensan que, en última instancia, para eso están los libros de texto; no tienen ganas de complicarse la vida, etc.).

– Otros se ven desbordados por el verdadero problema y cambian de experimento, según ellos, «porque quieren hacer otro diferente».

Entre estos dos últimos grupos encontramos:

– Estudiantes que demandan ayuda del profesor cada vez que tienen que hacer algo (pensar y actuar). Éstos son los que más se suelen quejar del trabajo que se les da.

– Algunos piensan que el profesorado ha de ser como una enciclopedia (sólo demandan la respuesta a sus preguntas en términos de sí o no, un enunciado a modo de definición, etc.). Muchas veces no buscan una explicación sino más bien una respuesta rápida para incluir en el informe sin que medie una reflexión entre la pregunta planteada y la propia redacción del texto.

Actitudes frente al registro de datos y su posterior interpretación

– Encontramos grupos (no demasiados) que registran, analizan y utilizan los datos experimentales con meticulosidad y bastante objetividad.

– Existe una tendencia a generalizar a partir de unos pocos datos, hasta el punto de que los estudiantes pueden cuestionar lo que están viendo en función de los resultados de su experimento, antes que cuestionarse la adecuación del diseño o los presupuestos que aplican a los montajes experimentales.

– Podemos encontrar también otra tendencia hacia la mera manipulación, al margen de la teoría y del pro-

blema. Algunos estudiantes, cuando se involucran en un experimento, olvidan el problema de partida, de manera que la aparición de datos no esperados les crea cierto desasosiego y la primera intención es la de abandonar. Muchos terminan formulando un falso problema cuya solución conocían de antemano, como si el éxito de la tarea estuviera en la consecución de ciertos datos. Todo ello a pesar de la insistencia del profesorado en que lo que se valora realmente es la relación entre los aspectos teóricos y prácticos de la tarea y no el resultado en sí mismo.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

El ejemplo presentado anteriormente muestra la construcción y resolución de problemas en un contexto donde surgen problemas auténticos en los que finalmente se ve involucrada toda la clase. Teniendo en cuenta los propósitos iniciales, a partir de esta experiencia didáctica podemos presentar una serie de cuestiones a modo de conclusiones.

A los estudiantes les cuesta entrar en una dinámica de indagación, ya que no presentan un modelo claro de lo que significa la actividad científica y tienden a equiparar la experimentación con la mera observación y manipulación de objetos en el laboratorio, habitualmente acordes con un guión previamente establecido.

En relación con lo anterior, el concepto de *problema* no está claro para muchos estudiantes, manifestándose dificultades metacognitivas que les impiden discernir por sí mismos entre lo que saben y lo que no saben acerca de un fenómeno o acontecimiento determinado.

El tipo de actividad propuesta obliga a los estudiantes a poner en juego sus habilidades intelectuales y a hacer explícitos sus marcos teóricos de referencia, fomentando la reflexión antes, durante y después de la práctica.

Como en toda experiencia didáctica, se detectan aspectos positivos y dificultades a lo largo de todo el proceso que pasamos a resumir a continuación.

Aspectos positivos de la experiencia

El análisis de nuestra experiencia nos ha mostrado que es posible crear espacios de reflexión dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales donde aparezcan integrados (y se analicen críticamente) los problemas, junto con el marco teórico en el que se pueden formular y los procedimientos necesarios para la resolución de los mismos. No pretendemos con esto llegar a una formación científica de alto nivel del futuro profesorado de primaria, sino más bien, como señala Perrenoud (2004), guiar al maestro en formación hacia un contexto de relación con el saber (con las ciencias experimentales en este caso), la acción, la opinión, la libertad, el riesgo y la responsabilidad, es

decir, hacia una práctica reflexiva (Schön, 1987; Roth, 1989). Desde un punto de vista esperanzador aunque también subjetivo, tras la aplicación de nuestro modelo cabría destacar:

– La actitud positiva general durante el curso de la mayor parte de los estudiantes.

– La especial motivación de los mismos, al no sentirse sujetos a un programa teórico concreto.

– La confianza inicial en su capacidad para realizar la tarea y, cuando no, la satisfacción al ver que han sido capaces de abordar el problema.

– El reconocimiento final de la importancia de la interacción continua con los conocimientos teóricos en la realización de actividades prácticas (desde el planteamiento inicial hasta la resolución del problema).

– La iniciativa mostrada por muchos estudiantes en la búsqueda de información complementaria.

– La aparición de vías de diálogo y de colaboración tanto en los aspectos teóricos como en los metodológicos entre distintos grupos que partían de problemas, en principio, muy diferentes. En las diferentes sesiones se expresan desacuerdos y dudas, se proponen ideas, explicaciones alternativas, etc.

Principales dificultades que manifiestan los estudiantes

En muchos casos los resultados didácticos no son tan alentadores. Muchos alumnos se ven desbordados en cada paso de la actividad y demandan continuamente el asesoramiento del profesor. Según la experiencia mostrada, es necesario ayudar a los estudiantes a expresar sus ideas, desde la descripción del fenómeno hasta la formulación del problema, así como a diseñar sus experimentos y a interpretar sus propios datos. Entre las principales dificultades detectadas se pueden destacar las siguientes:

– Identificar problemas en el mundo natural. Muchos estudiantes piensan que sólo existe problema cuando no ocurre lo que estaban esperando. Para ellos, no poder (o no saber) explicar algo que ocurre no es su problema.

– Identificar qué es lo que saben y expresar sus propias ideas. La tendencia más común es la de lanzarse a hacer montajes, sin que hayan explicitado qué pretenden hallar y en qué fundamentan sus decisiones de actuación. Sólo cuando el profesor les pregunta «¿por qué pones algodón y no tierra?» o «¿por qué has decidido regar con esa cantidad de agua y no con otra?» es cuando afloran los principios que funcionan en sus modelos conceptuales. No obstante, es frecuente que den argumentos tautológicos, dando como razón el problema que habían formulado (por ejemplo, proponen humedecer pan para que salga moho, y luego explican que ha salido moho porque el pan estaba húmedo).

– Muchos estudiantes muestran dificultad para expresar su marco teórico. Cuando se les pide que muestren el aparato conceptual implicado en el análisis del fenómeno elegido libremente, se manifiesta el conocimiento fragmentado, la superficialidad, la ausencia de criterios claros y la presencia de numerosas ideas alternativas.

– Es frecuente que aparezcan dificultades a la hora de recabar y usar la información relevante, lo que repercute en el uso de fuentes de consulta a menudo poco adecuadas y en el registro de datos poco significativos.

– La componente del pensamiento no sólo presenta dificultades en el marco estrictamente teórico (conceptos, principios, leyes y teorías) sino también en los conceptos y fundamentos referentes a la experimentación (concepto de *fenómeno*, *variable*, *problema*, *hipótesis*, *conclusión*, etc.).

Algunas sugerencias

Todo lo anterior conlleva un mayor esfuerzo por parte del profesorado frente a una concepción más tradicional de los trabajos prácticos. Este esfuerzo adicional debe manifestarse 1) en la parte inicial (todo vale), donde el profesorado debe insistir a los estudiantes en los objetivos y en la necesidad de razonar sus propuestas y 2) en la segunda parte, donde el profesorado debe asumir el seguimiento de unas actividades no diseñadas por él/ella.

Por último, queremos destacar que el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en cualquier nivel requiere de una organización flexible del espacio y del tiempo, de manera que haga posible la integración entre teoría y práctica de una forma más natural (o entre teoría, prácticas y resolución de problemas, como indican Gil et al., 1999). Desde nuestro punto de vista, la alternancia clásica (en muchos casos impuesta administrativamente) que obliga a distinguir, y separar, un tiempo para pensar y un tiempo para actuar, como si fueran cosas separables, es contraproducente. En el caso de la formación inicial de maestros, esta separación tiene todavía menos sentido. Sería conveniente crear momentos para la reflexión crítica y conjunta sobre ambos aspectos (teóricos y prácticos) para que los profesores en formación sean los primeros en asumir esa dualidad inseparable (teoría-práctica, pensamiento-acción, conceptos-procedimientos).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a M.J. Gil Quílez y B. Martínez Peña sus ideas y sugerencias tanto a lo largo de la experiencia didáctica como en la elaboración del manuscrito. Agradecemos a O. Barberá las sugerencias en una versión previa del trabajo original, y a dos revisores anónimos las valiosas ideas y sugerencias para la versión definitiva. Por último, debemos agradecer la colaboración de todos los estudiantes con los que hemos trabajado, discutido y aprendido a lo largo de los seis cursos académicos a los que se refiere este trabajo y que han proporcionado nuestra principal fuente de inspiración e información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, T. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.
- ÁLVAREZ, S. y CARLINO, P.C. (2004). La distancia que separa las concepciones didácticas de lo que se hace en clase: el caso de los trabajos de laboratorio en Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 251-262.
- ANDERSON, R.D. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), pp. 1-12.
- BARBERÁ, O. (2002). El área de «Didáctica de las Ciencias Experimentales»: ¿apuesta de futuro o error del pasado? *Revista de Educación*, 328, pp. 97-109.
- CABALLER, M.J. y OÑORBE, A. (1999). Resolución de problemas y actividades de laboratorio, en del Carmen, L. (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, pp. 107-131. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori.
- CAAMAÑO, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias, en Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.): *Enseñar ciencias*, pp. 95-118. Barcelona: Graó.
- CAAMAÑO, A. y MARTINS, I.P. (2005). Repensar los modelos de innovación curricular, investigación didáctica y formación del profesorado para mejorar la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva CTS, en Membiela, P. y Padilla, Y. (ed.). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*, pp. 49-56. Ourense: Educación Editora. Consultado el 30-10-2006 en <<http://webs.uvigo.es/educacion.editora/Libro01.htm>>.
- CAÑAL, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en Primaria. *Alambique*, 24, pp. 46-56.
- COROMINAS, J. y LOZANO, M.T. (1994). Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos. *Alambique*, 1(2), pp. 21-26.
- CORTÉS, A.L. y DE LA GÁNDARA, M. (2001). Del «todo vale» a la «enseñanza por indagación». Un intento de «hacer ciencia» en la formación del profesorado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Volumen Extra VI Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 457-458.
- DE CUDMANI, L.C. (1997). Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 327-331.
- DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, pp. 7-14.
- DUSCHL, R.A. (1998). La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 3-20.
- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. (1997). Strategies and Challenges to Changing the Focus of Assessment and Instruction in Science Classrooms. *Educational Assessment*, 4(1), pp. 37-73.
- ESCOBAR, T. y VÍLCHEZ, J.E. (2006). Uso del laboratorio escolar en Educación Primaria: la visión de los estudiantes de Magisterio durante el Practicum, en Cortés, A.L. y Sánchez, M.D. (ed.). *Educación Científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sostenibilidad* (CD Rom). Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza.
- FABRE, M. (1993). De la résolution de problèmes à la problématisation. Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle. *Didactique*, 4, pp. 4-5.
- GARCÍA SASTRE, P., INSAUSTI, M.J. y MERINO, M. (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1). Consultado el 30-10-2006 en <<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero1/Art3.pdf>>.
- GIL, D., BELÉNDEZ, A., MARTÍN, A. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos «de sentido común». *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12, pp. 43-48.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y PESSOA, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.
- GROENING, M. (1992). *Los Simpson. Libro de juegos para los días de lluvia*. Barcelona: Círculo de Lectores-Ediciones B.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- IZQUIERDO, M. (1994). La V de Gowin, un instrumento para aprender a aprender (y a pensar). *Alambique*, 1, pp. 114-124.
- IZQUIERDO, M. (1995). ¿Cómo se escribe sobre los experimentos? Análisis de textos de químicos. *Alambique*, 8, pp. 21-25.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 46-61.
- JACOB, F. (1987). *La statue intérieure*. París: O. Jacob.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-216.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2003). El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas, en Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.). *Enseñar ciencias*, pp. 13-32. Barcelona: Graó.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y SANMARTÍ, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación secundaria, en del Carmen, L. (coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Edu-*

- cación Secundaria*, pp. 17-45. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona/Horsori.
- JORBA, J., GÓMEZ, I. y PRAT, A. (2000). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis.
- LAMA, M.D., CARRAQUER, J., CARNICER, J. y MARTÍNEZ, R. (1995). La selección y secuenciación de contenidos en ciencias de la naturaleza. La V de Gowin y la teoría de la elaboración: dos herramientas útiles para realizarla. *Alambique*, 5, pp. 83-99.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2002). *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NEWMAN, W.J.Jr., ABELL, S.K., HUBBARD, P.D., MCDONALD, J., OTAALA, J. y MARTINI, M. (2004). Dilemmas of Teaching Inquiry in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), pp. 257-279.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- ORANGE, C., BEORCHIA, F., DUCROCQ, P. y ORANGE, D. (1999). «Réel de terrain», «réel de laboratoire» et construction de problèmes en Sciences de la Vie et de la Terre. *Aster*, 28, pp. 107-129.
- PAIXAO, M.F. y CACHAPUZ, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular: de la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 69-78.
- PERALES, F.J. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis Educación.
- PÉREZ ECHEVERRÍA, M.P. y POZO, J.I. (1994). Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender, en Pozo, J.I. (coord.). *La solución de problemas*, pp. 13-52. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- PERRENOUD, P. (2004). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Barcelona: Graó.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1994). La solución de problemas en Ciencias de la Naturaleza, en Pozo, J.I. (coord.). *La solución de problemas*, pp. 85-131. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I., PÉREZ ECHEVERRÍA, M.P., DOMÍNGUEZ, J., GÓMEZ CRESPO, M.A. y POSTIGO, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- REID, D.J. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- ROTH, R. (1989). Preparing the reflexive practitioner: transforming the apprentice through the dialectic. *Journal of Teacher Education*, 40(2), pp. 31-35.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Barcelona: Síntesis educación.
- SARDÀ, A. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, pp. 405-422.
- SCHÖN, D. (1987). *Educating the reflexive practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass. [Publicación en castellano (1992): *La formación de profesionales reflexivos*. Madrid: Paidós-MEC].
- SÉRÉ, M.G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 357-368.
- SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, pp. 8-32.
- TORRES, J. (1994). *El currículum oculto*. Madrid: Morata.
- WATSON, R. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias. *Alambique*, 2, pp. 57-65.

[Artículo recibido en junio de 2005 y aceptado en mayo de 2007]

