

La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo

Un ejemplo de como puede plantearse una crítica fundamentada de la enseñanza habitual y del pensamiento docente espontáneo, y de como lograr la participación de los profesores en la construcción de propuestas alternativas

Daniel Gil, Joaquín Mtnz-Torregrosa y Lorenzo Ramírez

Departament de Didàctica de les Ciències. Universitat de València

Andrée Dumas-Carré y Monique Gofard

LIREST, Université de Paris VII

Anna M. Pessoa de Carvalho

Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo

Describimos en este artículo el proceso seguido en seminarios sobre resolución de problemas, planteados como sesiones de trabajo para un número de profesores similar al de alumnos en una aula de enseñanza media. Intentaremos mostrar así que dicho trabajo - que profundiza ensayos precedentes (Gil 1987; Gil, Mtnz-Torregrosa y Senent 1988; Garrett, Satterly, Gil y Mtnz-Torregrosa 1990; Dumas-Carré, Gil y Goffard 1990; Gil, Dumas-Carré, Caillot y Mtnz-Torregrosa 1990)- hace posible la puesta en cuestión de la didáctica habitual de resolución de problemas y la elaboración fundamentada de propuestas más efectivas.

Como podrá constatarse, la estrategia seguida en estas actividades de formación del profesorado posee la misma orientación que las propuestas constructivistas recomiendan para el aprendizaje de los alumnos. Y ello tan-

to por razones de coherencia como de eficacia. De hecho, para producir un efectivo **cambio didáctico**, cada aspecto fundamental del proceso de enseñanza/ aprendizaje debe ser abordado en profundidad, siguiendo orientaciones constructivistas como las que aquí se exponen a título de ejemplo (Gil y Pessoa 1992)

1. Provocando el cuestionamiento

Cuando se pregunta al profesorado en activo cuáles pueden ser las causas del fracaso generalizado en la resolución de problemas de Física, raramente aducen razones que inculpen a la propia didáctica empleada. Conviene, pues, que una de las primeras actividades a realizar conduzca, precisamente, a poner en cuestión dicha didáctica, a hacer sentir "en carne pro-

pia” las deficiencias de la enseñanza habitual de la resolución de problemas. Proponemos para ello el siguiente pequeño ejercicio, cuya realización favorece una fecunda discusión posterior.

Un objeto se mueve a lo largo de su trayectoria según la ecuación:

$$e = 25 + 40t - 5t^2$$

(e en metros si t en segundos).

¿Qué distancia habrá recorrido a los 5 segundos?

Cuando se propone esta actividad en un curso para profesores de Física y Química en activo, la casi totalidad de los asistentes “resuelve” muy rápidamente el ejercicio, dando como respuesta, en general, 100m. ó 75m. Sin entrar en la discusión de esta discrepancia, proponemos que calculen la distancia recorrida por el mismo móvil en 6 segundos. Los resultados obtenidos ahora (85m quienes antes obtuvieron 100m y 60m quienes obtuvieron 75) muestran claramente que “algo va mal” (¡el móvil no puede haber recorrido en más tiempo menos distancia!). Estos son los resultados obtenidos habitualmente por los alumnos y también, repetimos, por muchos profesores. La resolución de este aparente enigma es, por supuesto, sencilla: tras una pequeña reflexión, los asistentes (y también los alumnos en sus clases) comprenden que la ecuación $e = 25 + 40t - 5t^2$, corresponde

al movimiento de un objeto que avanza con velocidad decreciente hasta pararse y comenzar a retroceder. Obtienen así los resultados correctos, que son 85m. a los 5s. (80m. hacia delante y 5 hacia atrás) y 100m. a los 6s. (80m. hacia delante y 20 hacia atrás).

Pero lo que nos interesa aquí es reflexionar sobre el hecho de que un problema tan sencillo conduzca a resultados erróneos de forma muy generalizada. Conviene, pues, proceder a una reflexión/discusión en torno a ello:

*¿A qué cabe atribuir unos resultados erróneos tan generalizados en un problema como el anterior?
¿De qué pueden ser índice?
¿Qué sugieren?*

Los resultados del ejercicio que acabamos de comentar actúa de “toma de conciencia” y conducen a un debate detenido, que pone en cuestión la actividad del propio profesorado. Se hace referencia así, entre otras, a las siguientes características de la orientación dada habitualmente a la resolución de problemas:

—La falta de reflexión cualitativa previa, o, dicho de otro modo, el operativismo mecánico con que se abordan habitualmente los problemas, incluso por los mismos profesores. Conviene recordar a este respecto las palabras de Einstein: “Ningún científico piensa con fórmulas. Antes que el físico comience a calcular debe tener en su

cerebro el curso de los razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden ser expuestos con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente". Sin embargo, insistimos, la didáctica habitual de resolución de problemas suele impulsar a un operativismo abstracto, carente de significado, que poco puede contribuir a un aprendizaje significativo.

—Un tratamiento superficial que no se detiene en la clarificación de los conceptos. Así, en el problema considerado, se producen evidentes confusiones entre distancia al origen, desplazamiento y distancia recorrida. Y no se trata de una cuestión puramente terminológica de escasa importancia, sino índice, repetimos, de un tratamiento superficial que en poco puede favorecer una auténtica comprensión de los conceptos. Más aún: se manejan casi exclusivamente situaciones que favorecen las confusiones. En el caso que nos ocupa, por ejemplo, la mayor parte de los problemas sobre móviles, toman como sistema de referencia (explícita, o, mas a menudo, implícitamente) el punto e instante en que el movimiento se inicia y sentido positivo el del movimiento, con lo cual el espacio "e" (distancia al origen) coincide con el desplazamiento; si además no hay retrocesos, el valor de la distancia recorrida coincide también. La repetición de ejemplos en que esto ocurre lleva, no sólo a confundir los conceptos, sino incluso a hacer "innecesaria" la atención al sistema de referencia. El carácter relativo de todo movimiento es así escamoteado, nega-

do en la práctica, por mucho que se haya insistido en él teóricamente. Y es necesario tener presente que esta costumbre a absolutizar el movimiento, tomando siempre como referencia implícita el punto e instante de donde parte el móvil, corresponde a tendencias profundamente arraigadas en el niño a centrar todo estudio en sí mismo, en su propia experiencia, generalizándola acríticamente (Piaget 1970).

De este modo, los problemas, en vez de contribuir a un aprendizaje significativo, ayudando a romper con visiones confusas, favorecen su afianzamiento. Y ello ocurre incluso —o, mejor, sobre todo— cuando se llega a resultados correctos. Pensemos en los numerosos ejercicios sobre caída de graves que se realizan y que los alumnos llegan a hacer casi con los ojos cerrados: ello no impide que sigan pensando que "un cuerpo de doble masa caerá en la mitad de tiempo". Es decir, los problemas "correctamente" resueltos no han permitido poner en cuestión la idea ingenua de la influencia de la masa.

En resumen: los problemas, en vez de ser ocasión privilegiada para construir y profundizar los conocimientos, se convierten en refuerzo de errores conceptuales y metodológicos. Podría pensarse que hay mucha exageración en estas conclusiones; pero basta referirse a los abundantes análisis realizados sobre los problemas resueltos en los textos o por los profesores, para constatar que el operativismo, el tratamiento superficial —sin ni siquiera análisis de resultados— es realmente muy general entre el mismo

profesorado (Bullejos 1983; Gil y Mtnez Torregrosa 1984). La discusión anterior motiva, pues, que los profesores “tomen conciencia” de las deficiencias de la didáctica habitual de la resolución de problemas y comprendan la necesidad de un replanteamiento en profundidad de la misma.

2. Necesidad de un replanteamiento en profundidad

Las mayores dificultades que a menudo ha encontrado el desarrollo de una ciencia han derivado de supuestos implícitos, aceptados sin cuestionamiento alguno, escapando así a la crítica. En tales casos se impone —como la historia de las ciencias ha mostrado reiteradamente— un replanteamiento en profundidad que analice críticamente hasta lo más obvio. Por lo que se refiere a la didáctica de la resolución de problemas, ello supone descender hasta la clarificación misma de la idea de problema. Esta es, pues, la actividad que proponemos ahora a los grupos de trabajo:

¿Qué hemos de entender por problema?

Se ha señalado con frecuencia (Kruklik y Rudnik 1980; Prendergast 1986) que los investigadores en la resolución de problemas de lápiz y papel no suelen plantearse qué es un problema —lo que, a nuestro entender, constitu-

ye una de las limitaciones de sus investigaciones—, pero existe un acuerdo general, entre quienes sí han abordado la cuestión, en caracterizar como problemas aquellas situaciones que plantean dificultades para las que no se poseen soluciones hechas. La definición de Kruklik y Rudnik (1980) resume bien este consenso: “Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla”. Esta misma idea aparece indirectamente cuando se habla de resolución de problemas. Así Polya (1980) señala que “resolver un problema consiste en encontrar un camino allí donde previamente no se conocía tal, encontrar una salida para una situación difícil, para vencer un obstáculo, para alcanzar un objetivo deseado que no puede ser inmediatamente alcanzado por medios adecuados”. Algunos autores insisten justamente en el hecho de que la existencia de dificultades no es una característica intrínseca de una situación y que depende también de los conocimientos, experiencia, etc, del resolvente (Garrett 1987). En este sentido Elshout (1985) desarrolla la idea de “umbral de problematicidad” diferente para cada persona y por encima del cual se puede considerar que una situación constituye un verdadero problema para las personas implicadas.

Hay en estas ideas de problema y umbral de problematicidad una primera fuente para la comprensión de los resultados tan negativos alcanzados en la enseñanza habitual. Nos

plantearemos para ello la relación entre dichas ideas sobre lo que son los problemas y lo que se hace en clase:

¿En qué medida las explicaciones de los problemas hechas por los profesores o expuestas en los libros de texto están de acuerdo con su naturaleza de tarea desconocida, para la que de entrada no se posee solución?

La discusión propiciada por esta actividad pone totalmente en cuestión la práctica docente habitual; se señala, en efecto, que los “problemas” son explicados como algo que se sabe hacer, como algo cuya solución se conoce y que no genera dudas ni exige tentativas: el profesor conoce la situación -para él no es un problema- y la explica linealmente, “con toda claridad”; consecuentemente, los alumnos pueden aprender dicha solución y repetirla ante situaciones idénticas, pero no aprenden a abordar un verdadero problema y cualquier pequeño cambio les supone dificultades insuperables provocando el abandono. En definitiva, esta discusión en torno a qué entender por problema permite realizar una crítica más profunda de la didáctica habitual. Puede ahora darse un paso más y plantear:

Si un problema es una situación para la que no se tiene respuesta elaborada, ¿cómo habrá que enfocar su resolución?

Si se acepta la idea de que todo problema es una situación ante la cual se está inicialmente perdido, una posible orientación consistiría en preguntarse ¿qué hacen los científicos en este caso?. Con ello planteamos muy concretamente qué es lo que hacen los científicos delante de lo que para ellos constituye un verdadero problema y no ante un enunciado de lápiz y papel como los que se incluyen en los libros de texto. Se puede esperar, en efecto, que delante de problemas de lápiz y papel los científicos —que son a menudo profesores— adopten actitudes características de la enseñanza habitual y consideren los problemas como situaciones que se debe saber resolver y no como verdaderos problemas. En este sentido, los estudios hechos sobre la manera en que los “expertos” abordan los problemas de lápiz y papel estarían todavía muy lejos de lo que supone enfrentarse a un verdadero problema. Es pues más útil preguntarse qué es lo que los científicos hacen cuando tienen que habérselas con auténticos problemas para ellos. La respuesta en este caso es “simplemente” que... se comportan como investigadores. Y si bien es verdad que expresiones como investigación, metodología científica o método científico (con o sin mayúsculas) no tienen una clara significación unívoca, traducible en etapas precisas, resulta indudable que el tratamiento científico de un problema posee unas características generales que habría que tener en cuenta también en los problemas de lápiz y papel; cabe pues preguntarse cual es la razón de que ello no ocurra:

¿Qué es lo que en los enunciados habituales dificulta un tratamiento científico de los problemas y deja, en particular, sin sentido a la tarea fundamental de emisión de hipótesis?

El paso a dar ahora no es, ciertamente, fácil; pero el hilo conductor seguido hasta aquí permite concebir que la inclusión de los datos en el enunciado como punto de partida, respondiendo a concepciones inductivistas, orienta la resolución hacia el manejo de unas determinadas magnitudes sin que ello responda a una reflexión cualitativa ni a las subsiguientes hipótesis. De este modo, al resolver un problema, el alumno se ve abocado a buscar aquellas ecuaciones que pongan en relación los datos e incógnitas proporcionados en el enunciado, cayendo así en un puro operativismo. No basta, pues, denunciar dicho operativismo: se trata de hacerlo imposible atacando sus causas. La comprensión de que la presencia de los datos en el enunciado, así como la indicación de todas las condiciones existentes —todo ello como punto de partida— responde a concepciones inductivistas y orienta incorrectamente la resolución, constituye un paso esencial en el desbloqueo de la enseñanza habitual de problemas y sus limitaciones. Pero al mismo tiempo genera desconcierto, porque choca con la práctica reiterada, con lo que “siempre” se ha hecho. Un enun-

ciado sin datos, se señala, ¿no será algo excesivamente ambiguo frente a lo cual los alumnos acaben extraviándose?. Ahora bien, la ambigüedad, o, dicho con otras palabras, las situaciones abiertas, ¿no son acaso una característica esencial de las situaciones genuinamente problemáticas?. ¿Y no es también una de las tareas fundamentales del trabajo científico acotar los problemas abiertos, imponer condiciones simplificadoras?

Dos dificultades suelen apuntarse durante esta discusión: la primera se refiere a la posibilidad de eliminar los datos y precisiones de los enunciados habituales y construir enunciados más abiertos capaces de generar una resolución acorde con las características del trabajo científico. A este respecto, el trabajo realizado en numerosos talleres y cursos de perfeccionamiento del profesorado, ha permitido constatar que los enunciados habituales son “traducibles” sin dificultad. Así, por ejemplo, el enunciado:

“Sobre un móvil de 5000 Kg, que se desplaza con una velocidad de 20 m/s, actúa una fuerza de frenado de 10 000 N ¿qué velocidad llevará a los 75 m de donde comenzo a frenar?”

Puede ser traducido a una situación más abierta y que no señale cuales son las magnitudes relevantes, como la siguiente:

“Un coche comienza a frenar al ver la luz amarilla ¿qué velocidad llevará al llegar al semáforo?”

Por supuesto, son posibles distintos enunciados, distintas situaciones

problemáticas, más o menos abiertas; así, el problema anterior puede dar lugar, entre otros muchos, a este enunciado que, aunque aparentemente diferente plantea una situación muy similar:

“¿Chocará el tren contra la roca caída en la vía?”

De hecho, cuando se plantea a varios grupos la traducción de un mismo enunciado tradicional, se obtienen distintas propuestas de situaciones problemáticas, en general igualmente válidas. En cualquier caso interesa destacar que estas traducciones no plantean dificultades mayores y que cualquier enunciado habitual es transformable en situación problemática (Gil y Mtnez-Torregrosa 1987). Por otra parte subsiste la cuestión de cómo orientar a los alumnos para abordar dichas situaciones, puesto que no basta, obviamente, con enfrentarles a enunciados sin datos para lograr una actividad exitosa:

¿Qué orientaciones convendría proporcionar a los alumnos para facilitar el aborde de situaciones problemáticas abiertas?

3. La resolución de problemas como investigación

La cuestión de qué orientaciones proporcionar a los alumnos para abordar la resolución de problemas sin datos (en los que ya no es posible el

simple juego de datos, fórmulas e incógnitas) conduce ahora a los grupos de profesores participantes en un seminario como el que estamos describiendo, a elaborar propuestas básicamente coincidentes con las que se enuncian a continuación y que, en conjunto, suponen un modelo de resolución de problemas como investigación (Gil y Mtnez-Torregrosa 1983):

I. Considerar cual puede ser el interés de la situación problemática abordada

Si se desea romper con planteamientos excesivamente escolares, alejados de la orientación investigativa que aquí se propone, es absolutamente necesario evitar que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.

Esta discusión previa del interés de la situación problemática, además de proporcionar una concepción preliminar y de favorecer una actitud más positiva hacia la tarea, permite una aproximación funcional a las relaciones C/T/S, que continúan siendo, pese a reconocerse su importancia, uno de los aspectos más generalmente olvidados.

II. Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitan-

do las condiciones que se consideran reinantes, etc.

Cabe señalar que esto es lo que realizan habitualmente los expertos ante un verdadero problema y lo que en ocasiones se recomienda, sin demasiado éxito. Pero los alumnos, ahora, se ven obligados a realizar dicho análisis cualitativo: no pueden evitarlo lanzándose a operar con datos e incógnitas, porque no disponen de ellos. Han de imaginar necesariamente la situación física, tomar decisiones para acotar dicha situación, explicitar qué es lo que se trata de determinar, etc.

III. Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación física.

Existe un consenso general entre los epistemólogos acerca del papel central de la hipótesis en el tratamiento de verdaderos problemas (Chalmers 1982). En cierta medida, se puede decir que el sentido de la orientación científica -dejando de lado toda idea de "método"- se encuentra en el cambio de un razonamiento basado en "evidencias", en seguridades, a un razonamiento en términos de hipótesis, a la vez más creativo (es necesario ir más allá de lo que parece evidente e imaginar nuevas posibili-

dades) y más riguroso (es necesario fundamentar y después someter a prueba cuidadosamente las hipótesis, dudar del resultado, buscar la coherencia global). Así, son las hipótesis las que focalizan y orientan la resolución, las que indican los parámetros a tener en cuenta (los datos a buscar). Y son las hipótesis —y la totalidad del corpus de conocimientos en que se basan— las que permitirán analizar los resultados y todo el proceso. En definitiva, sin hipótesis una investigación no puede ser sino ensayo y error, deja de ser una investigación científica.

Podría pensarse que es inútil insistir aquí en estas ideas tan conocidas, pero, desgraciadamente, es preciso reconocer que si el papel de las hipótesis apenas se toma en consideración en las prácticas de laboratorio, en lo que se refiere a los problemas de lápiz y papel la cuestión ni siquiera se plantea. Sin embargo, los problemas sin datos en el enunciado como los que proponemos obligan a los alumnos a hipotetizar, a imaginar cuales deben ser los parámetros pertinentes y la forma en que intervienen. Así, por ejemplo, en un problema como "*Un automóvil comienza a frenar al ver la luz amarilla ¿con qué velocidad llegará al paso de peatones?*", no se trata sólo de señalar la influencia de la fuerza de frenado, masa del automóvil, distancia a la que se encontraba inicialmente del paso de peatones y velocidad que llevaba, sino de predecir la forma de estas relaciones y, repetimos, considerar posibles casos límites. Los alumnos siguen así profundizando en

la situación física, llegando a plantearse por ejemplo, que “si la fuerza de frenado fuese nula, la velocidad que llevaría seguiría siendo la inicial”, etc, etc.

Es cierto también que en ocasiones, incluso muy a menudo, los alumnos introducen ideas “erróneas” cuando formulan hipótesis. Por ejemplo, cuando se pide cuál será la altura máxima a la que llegará una piedra lanzada hacia arriba, muchos alumnos piensan en la masa del objeto como una variable pertinente. Pero esto, lejos de ser negativo, constituye quizás la mejor manera de sacar a la luz y tratar dichas ideas (que serán falsadas por los resultados obtenidos): cada vez que los alumnos abordan una situación problemática en la que interviene una caída de graves, sus ideas acerca de la influencia de la masa pueden reaparecer como hipótesis y ser tratadas; por el contrario, la resolución de decenas de ejercicios habituales sobre este mismo tema no impide que un importante porcentaje de alumnos de Educación Secundaria e incluso de estudiantes universitarios continúe considerando como “evidente” que un cuerpo de masa doble que otro caerá en la mitad del tiempo empleado por el primero.

IV. Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la

coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

Si el corpus de conocimientos de que dispone el alumno juega, como hemos visto, un papel esencial en los procesos de resolución, desde la representación inicial del problema y la manera de modelizar la situación, hasta en las hipótesis que se avanzan, es sin duda en la búsqueda de caminos de resolución donde su papel resulta más evidente. En efecto, los problemas de lápiz y papel son situaciones que se abordan disponiendo ya de un corpus de conocimientos suficientemente elaborado para permitir la resolución: su estatus en los libros de texto es el de problemas “de aplicación”. Son, situaciones que se pueden resolver con los conocimientos ya elaborados, sin que haya necesidad de nuevas verificaciones experimentales. Es por tanto lógico y correcto que en la literatura sobre resolución de problemas de lápiz y papel, se de mucha importancia a un buen conocimiento teórico. Ya no resulta tan correcto que se interprete el fracaso en la resolución como evidencia de la falta de esos conocimientos teóricos: se olvida así que las estrategias de resolución no derivan automáticamente de los principios teóricos sino que son también construcciones tentativas, que parten del planteamiento cualitativo realizado, de las hipótesis formuladas y de los conocimientos que se poseen en el dominio particular, pero que exigen imaginación y ensayos. Las estrategias de resolución son, en cierta medida, el equivalente a los diseños experimen-

tales en las investigaciones que incluyen una contrastación experimental y hay que encararlas como una tarea abierta, tentativa. Es por ello que resulta conveniente buscar varios caminos de resolución, lo que además de facilitar la contrastación de los resultados puede contribuir a mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos.

V. Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.

La petición de una planificación previa de las estrategias de resolución está dirigida a evitar una actividad próxima al simple “ensayo y error”, pero no pretende imponer un proceso rígido: los alumnos (y los científicos) conciben en ocasiones las estrategias de resolución a medida que avanzan, no estando exentos de tener que volver atrás a buscar otro camino. En todo caso, es necesario que la resolución esté fundamentada y claramente explicada —previamente o a medida que se avanza— lo que exige verbalización y se aleja de los tratamientos puramente operativos, sin ninguna explicación, que se encuentran tan a menudo en los libros de texto. Ello exige también una resolución literal hasta el final, lo que permite que el tratamiento se mantenga próximo a los principios manejados y facilitará, además, el análisis de los resultados.

Como indican Jansweijer et al. (1987) “Cuando la tarea es un verdadero problema, las dificultades y las revisiones son inevitables” y ello se ve facilitado, sin duda, por una resolución literal en la que los factores considerados como pertinentes aparecen explícitamente y se pueden reconocer los principios aplicados, lo que no ocurre, obviamente, en el caso de una resolución numérica.

VI. Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.

El análisis de los resultados constituye un aspecto esencial en el abordaje de un verdadero problema y supone, sobre todo, su contrastación con relación a las hipótesis emitidas y al corpus de conocimientos. Desde este punto de vista adquieren pleno sentido propuestas como la que Reif (1983) denomina “verificación de la consistencia interna”:

- “¿Es razonable el valor de la respuesta?”
- “¿Depende la respuesta, de una forma cualitativa, de los parámetros del problema en el sentido que cabría esperar?”
- “¿Se ajusta la respuesta a lo que se podría esperar en situaciones sencillas y especiales (por ejemplo las correspondientes a valores extremos de las variables)?”
- “¿Se obtiene la misma respuesta por otro medio diferente de resolución?”.

Es importante constatar hasta que punto el proceso de análisis de los resultados preconizado por Reif en el texto precedente se ajusta a una verificación de hipótesis avanzadas al principio de la resolución para orientarla y dirigir la búsqueda de los datos necesarios —las variables pertinentes— en lugar de pedir que “se reconozcan” en el enunciado como punto de partida. Cabe preguntarse, una vez más, por qué ese paso lógico y aparentemente tan sencillo no ha sido dado ni por Reif ni por otros autores. En nuestra opinión, la razón de ello estribaría en el hecho de aceptar, sin cuestionarlo, el tipo habitual de enunciado y la orientación didáctica asociada al mismo, consistente en “desproblematizar” los problemas.

Añadamos que, al igual que ocurre en una verdadera investigación, **los resultados pueden ser origen de nuevos problemas**. Sería conveniente que los alumnos (y los profesores) llegasen a considerar este aspecto como una de las derivaciones más interesantes de la resolución de problemas, poniendo en juego de nuevo su creatividad. Se trataría, pues, de incluir una séptima actividad en el tratamiento de los problemas:

VII. Considerar las perspectivas abiertas por la investigación realizada contemplando, por ejemplo, el interés de abordar la situación a un nivel de mayor complejidad o considerando sus implicaciones teóricas (profun-

dización en la comprensión de algún concepto) o prácticas (posibilidad de aplicaciones técnicas). Concebir, muy en particular, nuevas situaciones a investigar, sugeridas por el estudio realizado.

Es conveniente solicitar, por último, la **elaboración de una memoria** del tratamiento del problema, es decir, de la investigación realizada, que contribuya a dar a la comunicación y al aspecto acumulativo toda la importancia que poseen en el proceso de construcción de conocimientos. Ello puede ser la ocasión para una **recapitulación de los aspectos más destacados del tratamiento del problema, tanto desde el punto de vista metodológico como desde cualquier otro**. Dicha memoria se convierte así en un **producto** de interés para la comunidad, superando la idea de ejercicio escolar (destinado exclusivamente al profesor), lo que suele jugar un indudable papel motivador. Podemos así incluir esta última propuesta:

VIII. Elaborar una memoria que explique el proceso de resolución y que destaque los aspectos de mayor interés en el tratamiento de la situación considerada.

Incluir, en particular, una reflexión global sobre lo que el trabajo realizado puede haber aportado, desde el punto de vista metodológico u otro, para incremen-

tar la competencia de los resolventes.

Es conveniente remarcar que las orientaciones precedentes **no** constituyen un algoritmo que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos. Muy al contrario, se trata de indicaciones genéricas destinadas a llamar la atención contra ciertos “vicios metodológicos” connaturales: la tendencia a caer en operativismos ciegos o a pensar en términos de certeza, lo que se traduce en no pensar en posibles caminos alternativos de resolución o en no poner en duda y analizar los resultados, etc. Nos remitimos para mayor información a otros trabajos que incluyen la “traducción” y resolución de numerosos problemas de Física y Química, así como los resultados obtenidos con alumnos de Educación Secundaria (Mtnez-Torregrosa 1987. Gil y Mtnez-Torregrosa 1987; Ramírez 1990; Reyes y Furió 1990).

Digamos, para terminar, que hemos ensayado reiteradamente este esquema de cuestionamiento de las preconcepciones docentes y de la enseñanza habitual, en éste y en otros dominios como el de las prácticas de laboratorio, etc, con buenos resultados. Se obtiene así —a través de un proceso de investigación dirigida como el que hemos descrito— la (re)construcción por los profesores de propuestas más acordes con el cuerpo de conocimientos hoy disponible en Didáctica de las Ciencias.

Referencias bibliográficas

- Bullejos, J. 1983: Análisis de actividades en textos de Física y Química de 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), 147-157.
- Chalmers, A.F, 1982: What is this thing called science? (Open University: Milton Keynes). Existe traducción al castellano en Siglo XXI.
- Dumas-Carré, A, Gil, D y Goffard, M, 1990: Les élèves peuvent-ils résoudre des problèmes?, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 728, 1289-1299
- Elshout, J.J. (1985): Problem solving and education, state of the art paper. Earli conference Lewen. Junio de 1985.
- Garrett, R.M. 1987: Issues in Science Education: problem-solving, creativity and originality. *International Journal of Science Education*, 9 (2), 125-137.
- Garrett, R.M, Satterly, D., Gil, D. y Martínez-Torregrosa, 1990: Turning exercises into problems. An experimental study with teachers in training, *International Journal of Science Education*, 12(1) 1-12
- Gil, D. 1987: Aportaciones del problem-solving al aprendizaje significativo de las ciencias. *Actas do I encontro sobre Educação em Ciências*. Braga (Portugal), pp 23-34
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. 1991: *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. (Horsori: Barcelona)

- Gil, D.; Dumas-Carre, A. y Martínez-Torregrosa, J. 1990: Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, 18, 137-151.
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. 1983: A model for problem-solving in accordance with scientific methodology, *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. 1984: Problem-Solving in Physics: a critical analysis. en *Research on Physics Education*. (Editions du CNRS: París).
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. 1987: *La resolución de problemas de Física_b*. (Ediciones del M.E.C.: Madrid).
- Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. y Senent, F. 1988: El fracaso en la resolución de problemas: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 131-146.
- Gil, D. y Pessoa, A.M. 1992: *Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de ciencias*. (Organización de Estados Iberoamericanos: Madrid). Pendiente de publicación.
- Janweijer, W. Elshout, J. y Weilinger, B. 1987: Modeling the genuine beginner: on the multiplicity of learning to solve problems. Early Conference. Tubingen.
- Krulik, S. y Rudnick, K. 1980: Problem solving in school mathematics. National council of teachers of mathematics; *Year Book*. (Reston: Virginia).
- Piaget, J. 1970: *La epistemología genética*. (Redondo: Barcelona).
- Ramírez, L. 1990: La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Reif, F. 1983: Teaching problem-solving. A scientific approach, *The Physics Teacher*, número de mayo, 477-478
- Reyes, V. y Furió, C. 1988: Opinión de los profesores sobre las causas de fracaso escolar en la resolución de problemas de Química. III Jornadas para la Renovación Metodológica de los EE.MM y C.S (ICE Universidad del País Vasco: Bilbao)