

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA. ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPUESTAS ALTERNATIVAS

F. Javier Perales Palacios

Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad de Granada (España)

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas constituye una de las facetas educativas que cualquier alumno suele relacionar con la enseñanza de las Ciencias o de las Matemáticas. Ese reconocimiento suele también identificarse con relaciones interminables de problemas suministradas por el profesor o incluidas en monografías en las que el alumno es incapaz de hallar una mínima relación con los problemas que acontecen en su quehacer diario o en la Ciencia real. Las conductas que desencadena en el profesor y el alumno la resolución de problemas vienen a estar impregnadas de una serie de rutinas descontextualizadas, inalteradas década tras década y que promueven el aprendizaje memorístico más que la oportunidad de indagar en la comprensión del contenido científico. El resultado no puede ser más frustrante: altos índices de fracaso escolar, rechazo a estas materias durante la enseñanza obligatoria o descensos preocupantes en los porcentajes de inscripción de los estudiantes universitarios en carreras científicas. Resulta evidente, pues, la necesidad de renovar en profundidad este tópico educativo, tal y como reclaman insistentemente expertos e investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

El concepto genérico de problema, podríamos definirlo como "*una situación incierta que provoca en quien la padece una conducta (resolución del problema) tendente a hallar la solución (resultado esperado) y reducir de esta forma la tensión inherente a dicha incertidumbre*".

En el ámbito cotidiano existen referencias continuas a estos términos. Expresiones tales como: "*no me des problemas*", "*tengo un problema muy gordo y no sé cómo resolverlo*",... son habituales en el lenguaje de la calle. Los ámbitos en los que surgen son igualmente variados: afectivo, económico, policial, etc. Pero el hecho de que surja un problema no implica que posea una solución única u óptima, ni siquiera que la persona afectada disponga de la capacidad de dar con ella, aunque en cualquier caso suele requerirse una voluntad decidida de abordarlo y un conocimiento declarativo y procedimental mínimo. Por otra parte, el propio concepto de problema posee una dimensión altamente idiosincrática: lo que para una persona puede representar un problema (p. ej., conducir un coche para un novato) no tiene porqué serlo para otra (cambiar de marchas para un conductor experto).

En cuanto a los problemas académicos tradicionales, albergan serias diferencias con respecto a los cotidianos. En primer lugar, aquéllos no surgen espontáneamente, sino de un modo intencionado para servir los fines didácticos perseguidos. En segundo lugar, contrariamente a lo que sucede habitualmente, los problemas académicos poseen una solución conocida por anticipado. En tercer lugar, generalmente estos problemas incluyen unos datos inicialmente explícitos, algo que no suele ocurrirle a los problemas cotidianos, que deben ser buscados intencionadamente.

Existe un consenso prácticamente unánime entre los educadores a favor de la oportunidad de que los alumnos de Ciencias resuelvan problemas o hagan trabajos prácticos en el laboratorio, pero ¿para qué?. En las clases tradicionales esa pregunta aplicada a la resolución de problemas podría

tener un primer nivel de respuesta a partir de un análisis de la utilización habitual de la resolución de problemas:

- Las clases dedicadas a problemas persiguen que el alumno sepa aplicar las nociones teóricas previas y que aprenda a resolverlos, por cuanto se supone que representan un buen medio para la adquisición de determinadas habilidades consustanciales con el aprendizaje científico (p. ej., desde el cálculo matemático al diseño y aplicación de estrategias de resolución).
- La inclusión de problemas en los exámenes de las materias científicas supone su consideración como un instrumento evaluador especialmente indicado para estas disciplinas.

Si matizamos estos objetivos clásicos de acuerdo con las nuevas tendencias educativas, podríamos afirmar que la resolución de problemas podría permitir:

- Diagnosticar las ideas previas de los alumnos y ayudarles a construir sus nuevos conocimientos a partir de las mismas.
- Adquirir habilidades de distinto rango cognitivo.
- Promover actitudes positivas hacia la Ciencia y actitudes científicas.
- Acercar los ámbitos de conocimiento científico y cotidiano, capacitando al alumno para resolver situaciones problemáticas en este último.
- Evaluar el aprendizaje científico del alumno y el propio currículum.

UNA CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS

Aunque existen distintas clasificaciones de los problemas y un relativamente abundante vocabulario al respecto (problemas de lápiz y papel, cuestiones, ejercicios, etc.), hemos optado por establecer distintos criterios y, a partir de ellos, agrupar los problemas (véase la Tabla I).

Tabla I. Clasificación de los problemas.

CLASE DE PROBLEMAS	DENOMINACIÓN
<i>Según el campo de conocimiento</i>	Física, Química, etc.
<i>Según la solución</i>	Cerrados, Abiertos
<i>Según la tarea requerida</i>	Cualitativos, Cuantitativos, Experimentales
<i>Según el procedimiento seguido</i>	Ejercicios, Algorítmicos, Heurísticos, Creativos

MODELOS DIDÁCTICOS Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Atenderemos cronológicamente y de un modo sucinto al papel desempeñado por la resolución de problemas en cada uno de tales modelos.

Modelo por transmisión-recepción.-

- Los problemas poseen un carácter esencialmente aplicativo y evaluador.
- Se refuerza la consideración de los "problemas-tipo" como medio para resolver la mayoría de los problemas.
- La gran parte de los problemas utilizados son cerrados y cuantitativos.
- Se dedican a ellos sesiones docentes exclusivas.
- Se potencia la "matemática" del problema.
- Se concede mayor importancia a la obtención de un resultado correcto que al propio proceso de resolución.

Modelo por descubrimiento.-

- Los problemas suponen un medio para la adquisición de habilidades cognitivas

(especialmente, el razonamiento hipotético-deductivo).

- Lo que importa en la resolución es el método seguido, más que el contenido al que se refiere el problema.
- La organización docente del aula suele basarse en el trabajo individualizado o de pequeño grupo.
- Se acentúa el carácter "práctico" y creativo del problema.
- El resultado obtenido en el problema se interpreta normalmente en términos de descubrimiento (p. ej., la ley del péndulo).

Modelo constructivista. -

- Los problemas deben jugar un papel esencial en el aprendizaje conceptual.
- Su enunciado y resolución deben estar conectados con la experiencia previa del sujeto (p. ej., problemas del entorno próximo).
- El objetivo fundamental del problema será facilitar el cambio conceptual:
 - Articulando el propio alumno sus ideas previas (el problema como "diagnóstico").
 - Contrastando sus ideas previas con las explicaciones científicas (el problema como actividad para el "cambio conceptual").
 - Aplicando las nuevas ideas (el problema como "consolidación del cambio conceptual").
- En una extensión de la noción de cambio conceptual, también debería servir la resolución de problemas para un cambio de estrategias o metodológico), desde las espontáneas puestas de manifiesto habitualmente por los alumnos, a las heurísticas más propias del ámbito de resolución científica.

Abordaremos también la resolución de problemas en el Modelo por Investigación, que se puede considerar como una derivación del propio Modelo Constructivista.

¿CÓMO MEJORAR EL PROCESO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA?

No es fácil dar una respuesta unívoca a este interrogante, pero sí se pueden aportar algunas propuestas que salven los defectos clásicos comentados con anterioridad, lo que abordaremos en función de la variable sobre la cual se puede actuar:

Profesorado. -

Como último responsable de la puesta en marcha del proceso de cambio en la resolución de problemas habitual, en primer lugar el profesor debería de hacer una autocrítica seria con respecto a la práctica en su aula de esta actividad docente, planteándose las posibles alternativas que podrían ser asumidas de un modo gradual. Además, no nos olvidemos que la resolución de problemas constituye una expresión más del modelo didáctico subyacente al comportamiento de cada profesor, y que cualquier cambio debería extenderse al resto de sus acciones, tales como las propias explicaciones, los trabajos prácticos o la evaluación.

Esta toma de conciencia debería ir acompañada igualmente de otras iniciativas, tales como la recopilación de problemas en fuentes habituales –libros de texto- o de otras externas como noticias de prensa, fenómenos cotidianos, etc. Este archivo de problemas podrá servir como punto de partida sobre el que ir articulando las modificaciones previstas, algunas de las cuales se describen seguidamente.

Naturaleza del problema. -

Debe hacerse uso de la diversidad de problemas comentados con anterioridad (véase la Tabla I). Los ejercicios pueden intercalarse con las explicaciones del profesor con el objeto de verificar leyes, cálculos matemáticos, unidades de medida, etc. Los algorítmicos deben servir para que el

alumno automatice determinados procesos necesarios para la resolución de problemas más complejos (p. ej., la utilización de las reglas de Kirchhoff en los circuitos eléctricos). Asimismo, tanto los problemas cualitativos como cuantitativos deben poseer una complejidad variable que permita que los distintos solucionadores puedan acometerlos con mayor o menor grado de éxito, es decir, que los problemas se adapten a la diversidad de alumnos. Finalmente, los problemas creativos pudieran poseer un carácter voluntario.

Enunciado del problema.-

Este debería ser expresado con un lenguaje fácilmente comprensible para los alumnos e incluyendo las explicaciones adicionales verbales y gráficas adecuadas. Muchas de las dificultades que suelen encontrar los alumnos suelen proceder del propio enunciado, dadas las diferentes lecturas que de él hacen el profesor y los alumnos, por lo que no deben regatearse esfuerzos en la traducción del lenguaje científico al más próximo al nivel cognoscitivo del alumno. Por otra parte, deberían graduarse los datos o "pistas" precisas para el hallazgo de la solución de un modo decreciente. Esto es, al inicio del curso los problemas contendrían los datos precisos para su resolución, pero de un modo gradual podrían irse eliminando de modo que el alumno hubiera de buscarlos por su cuenta, preguntarlos al profesor o inventarlos. De esta manera los solucionadores irían tomando conciencia de la artificiosidad que implica elaborar enunciados académicos de problemas y compararlos con los que se generan cotidianamente, donde los datos iniciales o se desconocen o sólo se conocen parcialmente. En cualquier caso los problemas deberían estar referidos a fenómenos reales y con datos verosímiles. Para ello pueden servir algunas noticias de los medios de comunicación que planteen situaciones problemáticas, a partir de las cuales se puede elaborar un enunciado estándar.

Metodología de resolución del problema.-

Naturalmente el éxito de la resolución de problemas depende de distintas variables que afectan, tanto al problema en sí, como al solucionador, al instructor y al contexto de la resolución. Por consiguiente, resulta difícil y arriesgado prescribir recetas mágicas para el logro de dicho éxito, aunque sí podemos enunciar algunas recomendaciones de carácter genérico:

- La resolución de problemas debe ser afrontada preferentemente de un modo individual o de pequeño grupo, resultando bastante estériles las resoluciones pasivas y colectivas o su lectura simple a través de los libros de problemas por parte del solucionador. Seguidamente deberían acometerse su puesta en común, contrastando los distintos modos de resolución, dificultades halladas, origen de las mismas, etc.
- No debe olvidarse que la mejor garantía de éxito para resolver correctamente problemas es un profundo conocimiento teórico, lo que debe implicar una resolución íntimamente conectada con el contenido científico; es decir, un ir y venir continuos entre la resolución del problema y la indagación en dicho contenido.
- La resolución de problemas en los distintos apartados de Física y Química debería ser enmarcada en procedimientos de carácter lo más general posible (p. ej., dentro de la Dinámica a través de los Principios de Newton), evitando recurrir a resoluciones esencialmente específicas de cada problema, lo que puede producir entre los alumnos una reacción desalentadora al pensar que la Ciencia es incapaz de disponer de procedimientos de resolución generales.
- A pesar de la frecuente separación entre los currículos oficiales españoles de Ciencias y de Matemáticas y en la propia práctica educativa, muchas de las dificultades que los alumnos hallan en su intento de resolver los problemas tienen su origen en un insuficiente conocimiento matemático. Detectar y solventar tales dificultades debe ser responsabilidad de los profesores de Ciencias, directamente o en coordinación con los

profesores de Matemáticas.

De forma colectiva el profesor puede prescribir y ensayar con sus alumnos algunas secuencias de trabajo, cuyo origen hay que hallarlo en los trabajos de Polya (1945) y que hemos adaptado (Perales, 1994).

- A este respecto conviene recordar la dificultad de que el alumno modifique automáticamente sus modos de resolución "naturales", a los que se ha habituado durante la instrucción recibida en muchas de las aulas de Ciencias y Matemáticas. Por consiguiente, el profesor debería partir de esas estrategias espontáneas (normalmente identificables con la búsqueda de la "fórmula" que permita lograr el resultado "correcto") e ir las conduciendo progresivamente hacia otras más coherentes con los procedimientos de la Ciencia.
- La resolución de problemas creativos implica la utilización de estrategias a largo plazo y que preferentemente deberán iniciarse a una edad temprana. De cualquier forma, técnicas como el "torbellino de ideas" ("brainstorming") pueden dar buenos resultados para este tipo de problemas.

¿Cómo acometer la resolución de problemas por investigación?.-

Existen dos formas alternativas de conseguirlo: convirtiendo los problemas cuantitativos en actividades abiertas o problematizando la actividad de enseñanza-aprendizaje.

¿CÓMO EVALUAR EL APRENDIZAJE MEDIANTE LA RESOLUCION DE PROBLEMAS?

Para finalizar quisiéramos referirnos al papel de la resolución de problemas en la evaluación del aprendizaje. En este sentido no debe resultar una excepción este elemento didáctico dentro de los nuevos aires que también soplan para la evaluación y que la han enriquecido de modo notable, haciéndola pasar desde un instrumento coercitivo a un potente impulsor del aprendizaje. Vamos a ir proponiendo distintas formas de utilizar la resolución de problemas en el contexto de los diferentes modos de evaluación que se vienen manejando en la literatura educativa:

Evaluación inicial.-

Los problemas se conciben aquí como un medio de diagnóstico de los conocimientos y habilidades previas de los alumnos, para lo cual serían útiles los problemas cualitativos centrados en situaciones cotidianas o significativas para los alumnos. A este respecto se pueden utilizar ítems gráficos como los que aparecen en algunas de las obras clásicas sobre ideas previas de los alumnos (p. ej., Hierrezuelo y Montero, 1991; Driver, y col., 1992).

Evaluación formativa.-

Los problemas son considerados como instrumento de aprendizaje durante el proceso de instrucción, en cuyo caso sería deseable utilizar problemas de distinta naturaleza con el fin de satisfacer distintos objetivos instructivos: problemas cualitativos/cuantitativos, cerrados/abiertos. A este respecto, el profesor debería valorar la participación de los alumnos en la resolución de problemas durante el desarrollo del curso (problemas resueltos en clase o en casa), tanto a nivel individual como grupal.

Evaluación sumativa.-

Los problemas se entienden como controles del aprendizaje. Evidentemente su número debe ser limitado dado el escaso tiempo de que se suele disponer para las pruebas, por ello los problemas han de ser cuidadosamente seleccionados en cuanto a ciertas variables, tales como la claridad del enunciado, la renuncia a problemas-tipo, la valoración preferente del proceso de resolución sobre la obtención de una solución correcta o la relajación del ambiente de examen. Asimismo se hará especial hincapié en la discusión y revisión posterior de los problemas solucionados por parte de

los alumnos. Tampoco debería descartarse el permitir resolver determinados problemas haciendo un uso libre de material de consulta.

Evaluación criterial.-

A fin de poder integrar este nuevo enfoque evaluador se deben establecer previamente a la realización de las pruebas establecidas los "criterios de calidad" de las respuestas previstas, de acuerdo especialmente con los objetivos instructivos que se planteen (expresión correcta de las unidades, representación gráfica de los fenómenos, elaboración de hipótesis, etc.). Tales criterios deberían ser conocidos anticipadamente por los alumnos y, en caso de ser posible, consensuados con ellos.

Evaluación del currículum.-

La resolución de problemas debiera servir igualmente al profesor para contrastar de un modo permanente el éxito de su programación curricular, mediante la observación de las dificultades que hallan los alumnos en dicha resolución. Las consecuencias debieran repercutir sobre las distintas actuaciones didácticas, tales como los tipos de problemas utilizados, la organización de la clase y las estrategias de resolución puestas en juego, las explicaciones de la teoría o el propio sistema de evaluación.

BIBLIOGRAFIA

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (eds.) (1992, 2ª ed.). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.

DUMAS-CARRÉ, A.. (1987). *La resolución de problemas en Physique au Lycée*. Tesis Universidad de París 7.

GIL-PÉREZ D. (1990): *Un modelo de resolución de problemas como investigación*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia – Lábor.

GIL, D. (1993a). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 11(2), 197-212.

GIL, D. y col. (1993b). Vamos a atravesar una calle de circulación rápida y vemos venir un coche: ¿pasamos o nos esperamos? (un ejemplo de tratamiento de situaciones problemáticas abiertas). *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 7, 71-80

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. *La ciencia de los alumnos*. Vélez-Málaga: Elzevir.

LÓPEZ-RUPÉREZ, F. (1991). *Organización del conocimiento y resolución de problemas de Física*. Madrid: CIDE.

OÑORBE, A. y otros (1993): *Resolución de problemas de Física y Química*. Madrid: Akal.

PERALES, F.J. (1994). Enseñanza-aprendizaje de una heurística en la resolución de problemas de Física: un estudio cuasiexperimental. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 21, 201-209.

PERALES, F.J. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis.

POLYA, G. (1945). *How to solve it*. New Jersey: Princeton University Press. Traducción española: *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas 1965.

POZO, J.I. y otros (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.