

IMPORTANCIA DE LA DISCUSIÓN A TRAVÉS DE LA EVALUACIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FÍSICA Y QUÍMICA INTEGRADA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Bartolomé Vázquez Bernal
Roque Jiménez Pérez.
Universidad de Huelva

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre resolución de problemas (RP) es profusa y no exenta de complejidades, debido principalmente a la gran variedad de enfoques de índole diversa que subyace bajo este proceso, considerado fundamental en el pensamiento humano.

La manera de abordar la RP viene impregnada de los principios que orientan las investigaciones y que de una forma sucinta clasificaremos según Perales (1993) en:

1. Aproximación de raíz *psicológica* (en función de las diversas corrientes de esta naturaleza que las estudiaron).
2. Aproximación *empírica* (surgido de las investigaciones de materias específicas, principalmente Ciencias y Matemáticas).

En España, a partir de la década de los ochenta surge una **línea didáctica**, que intenta recoger los logros alcanzados en otras aproximaciones, y que se caracteriza por la aportación de los programas de investigación (basados en la historia, filosofía y epistemología de las ciencias), que encuadramos en los llamados modelos de resolución de problemas por investigación (MRPI), fundamentada en la comparación entre cómo resuelven problemas los científicos y el procedimiento que debe utilizarse dentro de las clases de Física y Química (Ramírez y otros, 1994), que incluiría las siguientes etapas:

- A) Considerar cuál puede ser el interés de la situación problemática abordada.
- B) Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.
- C) 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.
- D) Elaborar y explicar 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.
- E) Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
- F) Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límites considerados.
- G) Considerar las perspectivas abiertas tras la resolución de este problema contemplando, por ejemplo, la conveniencia de abordar la situación a un nivel de mayor complejidad o estudiando sus implicaciones teóricas (profundización 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.
- H) 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, especialmente desde el punto de vista metodológico, para incrementar la competencia de los resolventes.

El modelo de RP por investigación que utilizaremos se enmarca en el paradigma constructivista, donde se tiene en cuenta las concepciones alternativas de los alumnos, persiguiendo un cambio conceptual, metodológico y actitudinal.

Los problemas que realizamos en las clases de ciencias pueden clasificarse en función del tipo de tarea a realizar (Perales, 1993):

- Cualitativa: se refieren a interpretación científica de fenómenos reales.
- Cuantitativa: se exigen cálculos numéricos en función de los datos iniciales de partida

O bien de la naturaleza del enunciado y del proceso de resolución:

- Problemas cerrados: se presenta con toda la información precisa y son resolubles mediante el empleo de un algoritmo.
- Problemas abiertos: implican la existencia de una o varias etapas en su resolución.

El modelo aludido con anterioridad (MRPI) conduce, por tanto, a una metodología investigativa/constructivista, donde los problemas se tornan un campo eficaz para poner en práctica procesos más acordes con la investigación científica real: análisis cualitativo, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias, desarrollo del problema y análisis de resultados, en contraste con los ejercicios cerrados y enunciados numéricos.

Ahora bien, aun cuando estos últimos han sido, son y probablemente serán muy utilizados por el profesorado de Física y Química, algunos investigadores, de forma explícita o, al menos, veladamente, asignan su uso como meros ejercicios de aplicación de conceptos, considerándolos casi incompatibles con una enseñanza de corte investigativa (Pozo y otros, 1995). En cambio, otros autores los consideran verdaderos problemas que se les plantean a los alumnos, indicativos de la estructura cognoscitiva de éstos (Kempa, 1986).

Parece, por tanto, y somos de la opinión, que los ejercicios cerrados y numéricos diseñados de forma adecuada (en la zona de desarrollo próximo, en la terminología de Vigostky) pueden prestar una ayuda eficaz para el trabajo de los profesores de Física y Química coexistiendo junto a problemas cualitativos y abiertos, y que la resolución de ambos tipos de problemas puede abordarse en el mismo marco de la metodología por investigación (MRPI) con solo adaptar los ejercicios a las etapas descritas anteriormente, pues creemos que no sería válido adoptar metodologías distintas en función del tipo de problemas presentados a los alumnos.

LOS PROBLEMAS Y SU EVALUACIÓN. UNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El trabajo realizado en el presente curso, con alumnos de 3º de E.S.O. en la materia de Ciencias de la Naturaleza, y más concretamente, en el área de Física y Química, tratando de superar la dicotomía ejercicios *versus* problemas, nos ha permitido constatar que, junto a otro tipo de actividades, los ejercicios cerrados y numéricos continúan provocando una enorme tasa de fracaso. Hasta cierto punto esta situación entra dentro de lo previsible, dada la cantidad de factores que intervienen realmente en el aprendizaje significativo (Alonso y otros, 1992), sin embargo, desde el punto de vista de la evaluación, se observa

que una parte apreciable de los alumnos, simplemente dejan en blanco y sin realizar los ejercicios (reconocer o abandonar), siendo en la mayoría de los casos excesivamente esquemáticos en sus resoluciones, sean realizadas con éxito o no.

Desde nuestra óptica, la evaluación supone un lugar de encuentro o diálogo entre evaluadores y evaluados (Santos,1993) y el diálogo comporta una doble finalidad, tratar de generar comprensión y mejora de la calidad del programa, de esta forma la evaluación entendida como formativa y no terminal, se convierte en un instrumento de evaluación, cuyas finalidades serían (Alonso y otros, 1996):

- Incidir en el aprendizaje para favorecerlo.
- Incidir en la enseñanza contribuyendo a su mejora.
- Incidir en el currículo para ajustarlo a la zona de interés de los alumnos.

Quizás debamos recordar de forma específica el Diseño Curricular Base de secundaria obligatoria referente a este punto:

los procesos de evaluación tienen por objeto tanto los aprendizajes de los alumnos como los procesos mismos de enseñanza. Gracias a la evaluación, los profesores y alumnos pueden utilizar las informaciones obtenidas para orientar el trabajo en el aula y adaptarlo con el fin de lograr una práctica más adecuada. La información que proporciona la evaluación sirve también para que el equipo de profesores disponga de información relevante con el fin de analizar críticamente su propia intervención didáctica y tomar decisiones al respecto.

Y por lo que respecta al objeto de nuestro estudio el mismo DCB de la ESO indica de forma explícita en su objetivo general nº4:

lograr del alumno que elabore y desarrolle estrategias personales de identificación y resolución de problemas en los principales campos de conocimiento mediante la utilización de unos hábitos de razonamiento objetivo, sistemático y riguroso, y aplicarlas espontáneamente a situaciones de la vida cotidiana.

Parece, por tanto, perentorio que el profesorado inmerso en esta dinámica posea instrumentos adecuados de la evaluación que emana de las líneas anteriores.

Desde el punto de vista de una evaluación constructivista y formativa, existe un gran impedimento para observar si el alumno realmente realiza un progreso significativo en su aprendizaje, al poseer los profesores pocos instrumentos válidos que generan muy poca información de las razones reales del fracaso y, en el caso de una resolución con éxito, si éste ha sido o no fruto de un proceso puramente mecánico y memorístico.

INTEGRACIÓN DE APRENDIZAJE-ENSEÑANZA-EVALUACIÓN

Nuestra hipótesis de partida es que, frente a una metodología de transmisión/recepción, donde el profesor resuelve los ejercicios para los alumnos, y éstos posteriormente reproducen, se alza una estrategia donde el profesor resuelve problemas y ejercicios junto a los alumnos, con una clara autonomía por parte de estos últimos, y donde el profesor asume el papel de orientador del aprendizaje.

Desde esta perspectiva el profesor se transforma en un intermediario del proceso de aprendizaje de los alumnos, teniendo en cuenta características y necesidades del contexto donde se desarrolla su actividad: diagnostica los problemas, formula hipótesis de trabajo, experimenta y evalúa dicha hipótesis, elige materiales, diseña actividades,... en una palabra, actúa como investigador en el aula (Porlán y Martín, 1997).

Ello conllevará un aprendizaje significativo en los alumnos y, por tanto, un aumento en la calidad y eficacia en sus resoluciones de problemas.

Pero nos resulta muy difícil separar el trinomio aprendizaje-enseñanza-evaluación, en este sentido, teniendo en cuenta investigaciones recientes en el área de Didáctica de las Matemáticas sobre resolución de problemas (Carrillo y Guevara, 1996), creemos que es necesario el proceso de verbalización que deben realizar los alumnos a la hora de resolver sus ejercicios, y ello conlleva la realización de protocolos de la resolución, que nos permitan evaluar eficazmente los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que nuestros alumnos ponen en juego, no como proceso terminal, sino como procedimiento de construcción de sus conocimientos, donde la evaluación juega un papel fundamental en la actividad de un aprendizaje significativo (Alonso y otros, 1996). De esta manera, adaptando y reconstruyendo instrumentos de evaluación ya existentes (Carrillo, 1997), hemos elaborado una escala de valoración analítica de categorías, basada en características observables en nuestros alumnos con el fin de conocer el grado de ejecución y/o de obstáculos existentes en la resolución de problemas y ejercicios.

Al elaborar la escala analítica hemos tratado de sintetizar diversas aportaciones en el campo de la psicología, pedagogía y didácticas específicas en la resolución de problemas, entendiendo problema en su acepción más globalizadora, pero vertebradas en la metodología descrita con anterioridad (MRPI), sin excluir problemas cuantitativos y cerrados que también se integrarían en nuestro esquema. Por razones de racionalidad de su empleo en el contexto del aula, cada categoría viene desarrollada en tres niveles, pudiéndose añadir o desarrollar los que se crean convenientes.

ESCALA DE VALORACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	
1. ACTITUD ANTE LOS PROBLEMAS COTIDIANOS.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Trata de olvidarlos o los afronta en solitario, abandonándolos si necesita ayuda. 2) Los afronta en solitario recabando ayuda e información. 3) Recaba ayuda e información y tiene predisposición para afrontarlos en equipo.
2. PREDISPOSICIÓN EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Su predisposición usual es de total indiferencia, por lo que no muestra interés o bien al enfrentarse a situaciones problemáticas, suelen aparecer miedos, complejos y ganas de abandonarlos, lo que ocasiona lagunas de concentración y efectividad. 2) Al enfrentarse a situaciones problemáticas, aparecen miedos y ganas de abandonarlas, pero se superan progresivamente. 3) La predisposición habitual es de curiosidad, cuando no de entusiasmo, ante un problema, produciendo satisfacción aunque no logre una solución.
3. CONFIANZA EN SÍ MISMO.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Posee muy poca confianza en sus posibilidades cuando se enfrenta a los problemas, estimando desde el principio que sería extraño que los resolviera. 2) Tiene una confianza moderada en sus posibilidades, lo que puede hacer que su sensación de seguridad sufra alteraciones a lo largo de la resolución. 3) Confía bastante en sus posibilidades, abordando el problema casi con la certeza de que será capaz de aportar conclusiones importantes.
4. ORGANIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Muestra un conocimiento inoperante, incapaz de utilizar de forma adecuada lo que tiene adquirido. 2) Alterna conocimiento organizado con desorganizado, por lo que la aplicabilidad es variable. 3) Su conocimiento es organizado y accesible, pudiendo abordar una situación con soltura desde varios enfoques.
5. PAPEL QUE CONCEDE A LA MEMORIA.	<ol style="list-style-type: none"> 1) La memoria desempeña un papel imprescindible, produciendo un bloque total su falta. 2) La memoria es necesaria, efectuándose en su ausencia la búsqueda de procedimientos alternativos. 3) La memoria es útil, los procedimientos alternativos serán origen de posible conexiones y/o profundización en algunos conocimientos.
6. INTERÉS DEL PROBLEMA	<ol style="list-style-type: none"> 1) No participa en los debates de las situaciones problemáticas planteadas, siendo incapaz de mostrar zonas personales de interés que pudiera reorientar el debate hacia áreas más afines a él. 2) Muestra interés y participación en el debate, pero no es capaz de reconducir la discusión, aceptando sin crítica las ideas de los demás. 3) Participa en el debate inicial, aportando ideas que ayudan a clarificar el problema planteado o bien reorientando la situación hacia zonas particulares de interés.
7. ANÁLISIS CUALITATIVO	<ol style="list-style-type: none"> 1) Parece aceptar las cosas sin plantear cuestiones o haciendo preguntas superficiales que no conducen a una acotación del problema, lanzándose a operar con datos e incógnitas. 2) Participa en el estudio cualitativo de la situación problemática, pero, en ocasiones, no es capaz de tomar decisiones para acotar la situación y definir de manera precisa el problema. 3) Participa en el análisis cualitativo de forma eficaz, acotando y definiendo el problema, explicitando las condiciones reinantes que determinar.

ESCALA DE VALORACIÓN PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	
8. EMISIÓN DE HIPÓTESIS	<ol style="list-style-type: none"> 1) Saca conclusiones sin base suficiente sobre posibles causas, aplicando ideas sin comprobar su relevancia. 2) Propone explicaciones de fenómenos aplicando la experiencia previa si se le señala alguna conexión. 3) Normalmente identifica la experiencia previa relevante que sugiere explicaciones de los nuevos fenómenos y puede contemplar alternativas posibles.
9. EFICACIA DE LA PLANIFICACIÓN.	<ol style="list-style-type: none"> 1) La planificación es inexistente o irrelevante para la resolución. 2) Existe planificación con cierto grado de coherencia, pero no resulta pertinente para la resolución. 3) La planificación está bien estructurada y pertinente para la situación.
10. REALIZACIÓN DE LA RESOLUCIÓN.	<ol style="list-style-type: none"> 1) La ejecución es ineficaz, y presenta ninguna o poca coherencia con la planificación. 2) La ejecución es coherente con la planificación, pero tan sólo parcialmente eficaz, ya que aporta pocos resultados aprovechables para avanzar en la resolución. 3) La ejecución es consecuente con la planificación, mostrando su eficacia en la aportación de resultados de importancia para la resolución de la situación planteada.
11. NIVEL DE EXPLICITACIÓN Y VERBALIZACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1) La explicitación es escasa y se limita a símbolos o números, sin dar explicaciones. 2) La explicitación del proceso es moderada, suele predominar lo narrativo sobre lo explicativo. 3) La explicitación es frecuente y natural dentro del proceso.
12. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Se conforma con la primera solución que obtiene. No se plantea en absoluto si la respuesta es consistente con los parámetros del problema, y si se ajusta a lo que se podría esperar en situaciones sencillas (valores extremos de las variables). 2) Tras obtener una solución, efectúa un análisis de la respuesta para comprobar su consistencia y ver si se ajusta a los valores extremos de las variables. Rara vez trata de averiguar si la respuesta puede obtenerse por otros medios distintos del utilizado. 3) Cuando obtiene una solución efectúa un análisis cualitativo para ver si la respuesta depende de los parámetros del problema y si se ajusta a valores extremos de las variables. Trata de averiguar si la respuesta puede obtenerse por otros medios distintos y es consciente de que los resultados pueden ser origen de nuevos problemas.
13. PERSPECTIVAS ABIERTAS.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Considera la situación terminada, sin implicaciones posteriores. 2) Puede plantearse la cuestión de abordar nuevas perspectivas abiertas tras la resolución, pero no es capaz de abordarlas. 3) Es capaz de contemplar la posibilidad de abordar la situación a un nivel de mayor complejidad, o realizar una profundización teórica, incluso sus implicaciones prácticas.

<p>14. ELABORACIÓN DE UNA MEMORIA.</p> <ol style="list-style-type: none">1) No elabora memoria, siendo la desorganización la nota característica de los informes, así como difíciles de seguir.2) Elabora memoria, aunque tiene dificultades en la expresión y selección de los aspectos fundamentales3) Expresa claramente el proceso de resolución, destacando los aspectos de mayor interés, incluyendo, en particular una reflexión global sobre el trabajo realizado.
<p>15. ORGANIZACIÓN TEMPORAL.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Tener un plazo definido de tiempo para la resolución le condiciona bastante, suponiendo inquietud y nerviosismo a lo largo de toda la resolución.2) Procura dominar el factor tiempo, interrogándose con frecuencia sobre la relación entre resultados y tiempo invertido.3) La existencia de plazo determinado de tiempo no le produce agobios, y se planifica la resolución para lograr conclusiones importantes.
<p>16. CONOCIMIENTO METACOGNITIVO.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Su conocimiento de estrategias de resolución de problemas es nulo o muy limitado.2) Conoce estrategias de resolución de problemas, así como la constancia de su utilidad.3) Tiene constancia de un amplio repertorio de estrategias de resolución de problemas. Considera importante disponer de un conocimiento organizado e incluso piensa que en toda resolución pueden influir variables externas (afectivas, sociales,...)

Creemos que este instrumento de evaluación recoge los cuatro momentos claves (Mateo,1997) dentro de un proceso de evaluación en una instrucción individualizada :

- Recogida de información.
- Referenciación valorativa criterial (respecto de criterios de referencia.)
- Comunicación de los resultados.
- Toma de decisiones.

Otra característica importante de la escala es su adaptabilidad a los intereses del profesorado, el cual puede amoldar las diferentes categorías a sus intereses o potenciar, e incluso eliminar aquellas que crea convenientes en función de sus objetivos.

No queremos dejar pasar la ocasión de señalar algunos inconvenientes:

- La escasa verbalización que los alumnos suelen presentar en las resoluciones, lo cual puede ser un serio impedimento en la valoración de sus procesos.
- La falta de práctica del profesorado en una evaluación criterial donde los rendimientos se establecen en función de objetivos preestablecidos.

UN PROYECTO DE INTEGRACIÓN COMO DISEÑO EXPERIMENTAL

Este proyecto se desarrolla en dos cursos con una muestra amplia de alumnos de 3º y 4º de E.S.O., en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, del Instituto Diego Macías de Calañas, Huelva. En el curso, actual se han obtenido datos referentes a las dificultades en dos vertientes: una la que compete a los alumnos, en la forma de afrontar los problemas, y otra, respecto a los profesores, derivada del proceso de evaluación.

En el próximo curso se aplicará una metodología que integre aprendizaje-enseñanza-evaluación (Callejo, 1996), y que según nuestra hipótesis de partida reportará beneficios en la calidad y eficacia con que nuestros alumnos resuelven problemas; como diseño experimental que nos permita contrastar nuestra hipótesis, a lo largo del presente curso recurriremos a diversos elementos de análisis (ver *cuadro 1*), prestando especial atención a los *cuadernos de los alumnos*, pues creemos que representan el currículo real del aula (Grilles y otros, 1996), y al *diario del profesor*, por ser un elemento de reflexión y crítica de la actividad docente cotidiana. Así mismo, se estudiarán algunos casos con objeto de profundizar en aspectos parciales, que puedan validar el propio instrumento aplicado o mejorarlo, y de cuyos resultados se podrán extraer otras conclusiones que se comunicarán en un trabajo posterior.

DISEÑO EXPERIMENTAL
Formularios estandarizados
Cuadernos de los alumnos
Seguimiento en el aula
Pruebas escritas
Estudios de casos seleccionados
Diario del profesor
Análisis de las escalas

Cuadro 1. Elementos de análisis

REFERENCIAS

- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ, J. (1992). Los exámenes de Física en la enseñanza por transmisión, *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 127-138.
- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias, *Investigación en la escuela*, 30, 15-26.
- CALLEJO, M.L. (1996). Evaluación de procesos y progresos de los alumnos en la resolución de problemas, *Uno*, 8, 53-63.

- CARRILLO, J. (1996). Modos de resolver problemas y concepciones sobre la Matemática y su enseñanza de profesores de Matemáticas de alumnos de más de 14 años. Tesis doctoral. Universidad de Huelva.
- CARRILLO, J. y GUEVARA, F. (1996). Un instrumento para evaluar la resolución de problemas, *Uno*, 8, 65-81.
- CLAXTON, G. (1994). *Educando mentes curiosas*. Madrid: Visor.
- GARCÍA, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla. Díada.
- GRILLES, J.M., LLORENS, J.A., MADALENA, J.I., MARTÍNEZ, A.M. y SOUTO, X.M. (1996). *Los cuadernos de los alumnos: Una evaluación del currículo real*. Sevilla: Díada Editora.
- KEMPA, R.F. (1986). Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.
- MATEO, J. (1997). "La evaluación en el aula " en *Evaluación educativa: Teoría, metodología y aplicaciones en áreas de conocimiento* (Ed. SALMERÓN, H.) Granada: Grupo Editorial Universitario.
- PERALES, F.J. (1993). La resolución de problemas: Una revisión estructurada. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 170-78.
- PORLÁN, R.I y MARTÍN, J. (1997). *El diario del profesor: Un recurso para la investigación en el aula* . Sevilla: Díada Editora.
- POZO, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, Morata.
- POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid, Morata.
- POZO, J.I., POSTIGO, y., GÓMEZ, M.A. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias, *Alambique*, 5, 16-26.
- POZO, J.I., PÉREZ, M^a del Puy, DOMÍNGUEZ, J., GÓMEZ, M.A., POSTIGO, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- RAMÍREZ, J.L., GIL, D., MARTÍNEZ, J. (1994). *La resolución de problemas de Física y Química como investigación*. Madrid: CIDE.
- SANTOS, M.A. (1993). La evaluación, un proceso de diálogo, comprensión y mejora, *Investigación en la escuela*, 20, 23-35.
- SANTOS, M.A. (1996). Evaluar es comprender. De la concepción técnica a la dimensión crítica, *Investigación en la escuela*, 30, 5-13.