

Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias

Furió Mas, Carlos José

Universidad de València. España

Iturbe Barrenetxea, Jacinto

Universidad del País Vasco. España

Reyes Martín, José Vicente

I.B. Txurdínaga Bebekoa. País Vasco. España



RESUMEN

La propuesta que se hace en este artículo trata de contribuir a orientar la enseñanza hacia modelos de resolución de problemas coherentes con la creatividad del trabajo científico, tratando de solucionar situaciones problemáticas abiertas interesantes para el alumno y favoreciendo el pensamiento productivo, no sólo en el proceso de resolución de dichos problemas, sino insertándolo en los procesos de aprendizaje constructivista de las ciencias.

Apoyándose en los trabajos y en los resultados que están obteniéndose en la aplicación del Modelo de resolución de Problemas como Investigación y en el diseño y realización de trabajos prácticos, en Física y Química fundamentalmente, se hace una propuesta didáctica que considera estas actividades de la enseñanza de las Ciencias, inicialmente inconexas, como variantes de un mismo proceso de enseñanza en forma de tratamiento de situaciones problemáticas abiertas con una orientación similar a lo que realmente constituye el trabajo de investigación.

Introducción

La investigación sobre la resolución de problemas es una actividad permanente dentro del campo de la psicología (Anderson, 1990), y en el dominio específico de la didáctica de las ciencias ha ocupado a un importante número de investigadores en los últimos decenios (Garret, 1987; Mohapatra, 1987). Actualmente los programas de investigación en la resolución heurística de problemas pueden enmarcarse en dos corrientes principales:

a) Las diferentes investigaciones de base psicológica (procesado de la información) preocupadas por estudiar cómo aprenden los estudiantes a resolver problemas standard cerrados, habituales en la enseñanza de la Física y la Química. La finalidad principal de estas investigaciones consiste en conocer como patrón empírico los modos procedimentales de los expertos al resolver problemas viendo sus diferencias con los novatos. Una vez conocidos estos procedimientos se transfieren a los estudiantes mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje.



El conocimiento de los procedimientos utilizados por expertos y novatos, así como el del funcionamiento de las memorias de largo y corto plazo y de la memoria sensorial, tienen un valor intrínseco evidente. No obstante, los modelos de resolución elaborados a partir de esas investigaciones presentan limitaciones claras: no son apropiados para resolver problemas abiertos (Selvaratnam, 1990); las estrategias didácticas implícitas que propugnan se enmarcan en el paradigma de enseñanza-aprendizaje por transmisión verbal y tienen por objeto reproducir los buenos procedimientos de resolución, lo que no favorece el desarrollo de la creatividad ni el ejercicio del pensamiento divergente.

b) Los programas de investigación basados en la historia, filosofía y epistemología de las ciencias, más preocupados por estudiar cómo enseñan los profesores para detectar críticamente los defectos básicos de los procedimientos empleados cuando se enseña a resolver problemas y, al propio tiempo, plantear alternativas más acordes con los procesos de construcción científica. Las características básicas de estas investigaciones son:

- toman como patrón de resolución los rasgos esenciales de los contenidos y procedimientos de la Ciencia a la hora de resolver problemas de investigación, y

- orientan la enseñanza hacia modelos de resolución de problemas coherentes con la creatividad del trabajo científico, tratando de solucionar situaciones problemáticas abiertas interesantes para el alumno y favoreciendo el pensamiento productivo, no sólo en el proceso de resolución de los problemas, sino en todas las actividades de aprendizaje de las ciencias.

En el marco de esta segunda línea de trabajo se ha evaluado el resultado de la aplicación por alumnos de Secundaria del Modelo de Resolución de Problemas como Investigación (Gil y Mtnez/Torregrosa,

1983) así como su evolución en comparación con aquellos estudiantes que utilizan metodologías habituales. Los resultados obtenidos muestran una mayor creatividad y efectividad de los resolventes por parte de los primeros (Mtnez-Torregrosa, 1987; Ramírez, 1990; Reyes, 1991). Apoyándose en esos trabajos y en los resultados que están obteniéndose en el diseño y realización de trabajos prácticos, en Física y Química fundamentalmente (Gil y Payá, 1988; Payá, 1991), se hace en este artículo una propuesta didáctica que considera estas actividades de la enseñanza de las Ciencias, inicialmente inconexas, como variantes de un mismo proceso de enseñanza en forma de tratamiento de situaciones problemáticas abiertas con una orientación similar a lo que realmente constituye el trabajo de investigación.

Características del proceso de resolución de problemas para que sea coherente con los procesos de investigación

Una condición básica para enfrentarse con éxito a verdaderos problemas es el ejercicio de la creatividad, capacidad que, según Ausubel (1990), es la expresión suprema de la resolución de problemas e involucra transformaciones nuevas u originales de las ideas. Junto a esta estrecha relación psicológica entre resolución de problemas y creatividad existe una relación epistemológica entre investigación y producción de conocimientos científicos, de acuerdo con la cual la propia Ciencia puede considerarse como un proceso creativo de resolución de problemas donde se producen conocimientos mediante la búsqueda de soluciones nuevas, en términos de hipótesis, a problemas viejos en el marco del cuerpo teórico aceptado por la comunidad científica. De acuerdo con todo ello

¿por qué no utilizar un proceso de enseñanza de resolución de problemas coherente con la actividad científica?

Aunque la filosofía actual de la Ciencia ha mostrado la inexistencia de un único "método científico" concebido como conjunto secuenciado de normas cuyo seguimiento conduce inexorablemente al éxito en la solución de problemas, ello no significa que no sea posible un análisis epistemológico que enfatice ciertas características esenciales del trabajo científico y, a la vez,

muestre la extraordinaria complejidad y riqueza metodológica existentes en estos procesos de creación científica. En la figura 1 puede verse el diagrama de un ciclo de investigación que se ha utilizado para fundamentar epistemológicamente el modelo propuesto de resolución de problemas como actividad de investigación (Gil y Carrasco, 1992). Entre las características esenciales de los procesos de construcción científica que son comunes a las diferentes orientaciones filosóficas existentes se destacan:

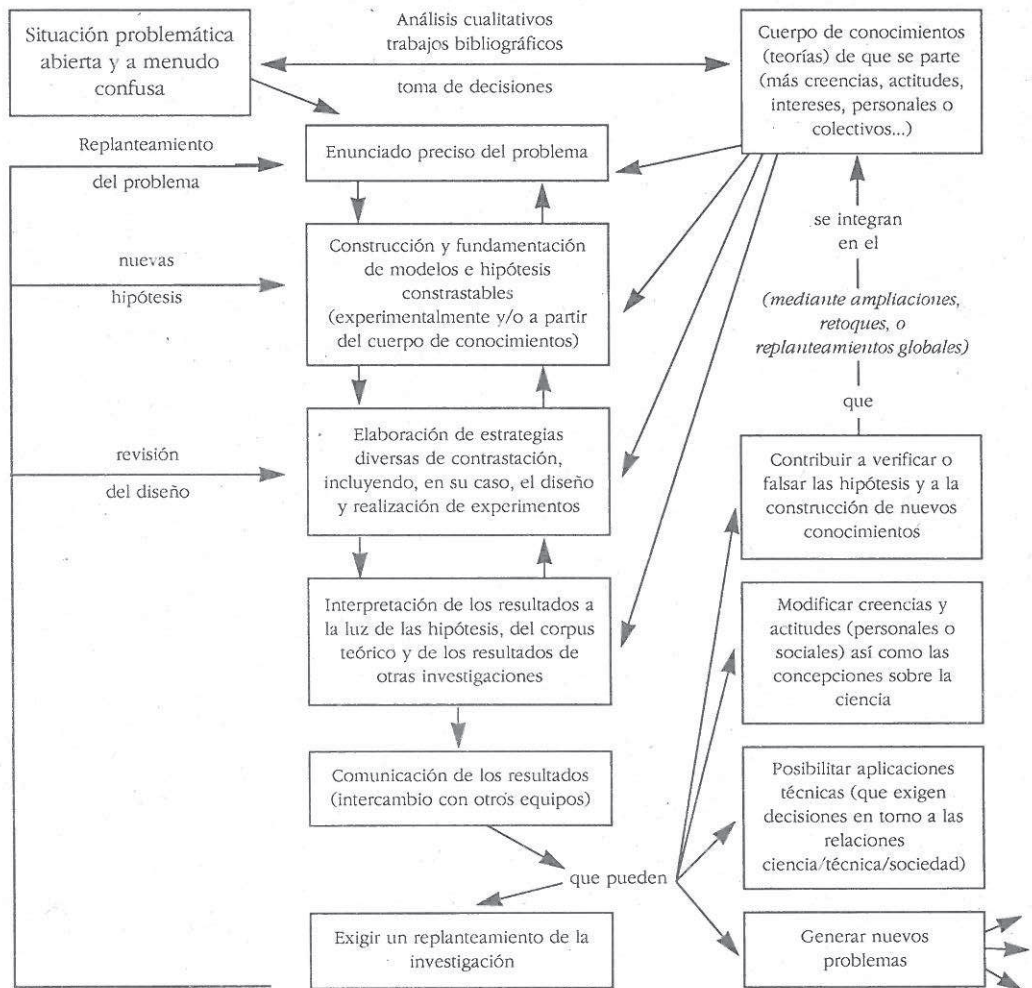


Fig. 1. Diagrama de un ciclo de investigación. Representación esquemática de un proceso colectivo extraordinariamente complejo.

- Los científicos no abordan problemas definidos con precisión inicialmente por lo que es necesaria una fase de análisis que permita encontrar objetivos de estudio claros y definidos y en la que se establezcan condiciones que delimiten el problema.

- La emisión de hipótesis constituye una fase fundamental del proceso científico pues el investigador no parte generalmente de los datos sino que los busca a partir de la especulación creativa basada en la teoría existente.

- El resultado de un trabajo científico se considera válido no sólo porque el procedimiento seguido se estime correcto en sus aspectos fundamentales, además ha de ser congruente con las hipótesis y ser coherente con el paradigma vigente.

La adecuación de un proceso de resolución de problemas en el aula a la metodología científica supone, de acuerdo con lo expuesto, que persiga los siguientes objetivos didácticos:

- Elevar la creatividad y el interés de los estudiantes en la resolución de problemas de Física y Química. Ésto no se logra con la presentación habitual a los estudiantes de enunciados cerrados y standard, ya que no propician el análisis de la situación problemática e inducen a una resolución operativista y no reflexiva de la misma. Estos enunciados responden a una concepción del problema como "ejercicio cerrado", distinta de la idea de "problema abierto" en el que el resolvente debe tomar decisiones para enmarcarlo, precisarlo, acotarlo y, en definitiva, para concretar el problema. Además, la utilización de problemas abiertos facilita la inclusión de aspectos de interés teórico-práctico para los estudiantes, especialmente los relativos a las relaciones C/T/S.

- Habituar a tratar esas situaciones problemáticas abiertas en vez de ejercicios cerrados supone recuperar el antiguo objetivo de familiarizar al estudiante con el "mé-

todo científico" que perseguía el movimiento de innovación curricular de los años 60 y 70, pero revistiéndolo de un nuevo fondo donde se integran los contenidos procedimentales con los conceptuales y actitudinales (Furió, 1992). Este hábito de familiarización con los métodos de la Ciencia es vital si se desea generar un cambio metodológico profundo en los estudiantes. Cambio que requiere la inmersión prolongada de los estudiantes en un contexto de investigación y que no se consigue fácilmente con una mera resolución esporádica de problemas abiertos e inconexos.

- Favorecer el ejercicio del pensamiento divergente. Para ello el proceso de resolución debe favorecer la toma de decisiones como la emisión de hipótesis o la elaboración de distintas estrategias de resolución e incluir acciones como el diseño y realización de contrastaciones experimentales. Estos aspectos del proceso sirven además como elementos de validación de la solución obtenida lo que se corresponde con la necesidad propia de todo proceso científico de buscar la coherencia interna de los cuerpos teóricos manejados (Popper, 1962).

La resolución de problemas como actividad de investigación

Una propuesta didáctica para la enseñanza de la resolución de problemas: el Modelo de Resolución de Problemas como Investigación (Gil y Mtnez-Torregrosa, 1983), ha sido elaborada desde una perspectiva metodológica que tiene en cuenta los aspectos clave del trabajo científico. Este modelo se enmarca en el paradigma constructivista. Tiene en cuenta las concepciones alternativas de los estudiantes. Persigue un cambio conceptual (Posner et al., 1982), metodológico (Gil y Carrascosa,

1985; Gil, 1986; Hashweh, 1986) y actitudinal (Aikenhead, 1985; Solbes y Vilches, 1989), para lo cual utiliza los aspectos esenciales del trabajo científico como forma de ejercitar la creatividad de manera rigurosa y contrastable. Esa idea de que sin cambio epistemológico y metodológico no puede haber cambio conceptual es superadora de la disyuntiva conceptos-procesos y recibe apoyos cada vez más amplios (Burbules y Linn, 1991; Duschl y Gitomer, 1991). Así Duschl et al. (1990) opinan a partir de resultados experimentales (Gunstone et al., 1988) que es plausible sugerir que los cambios en las estructuras del conocimiento declarativo necesitan acompañarse por cambios concomitantes en las estructuras del conocimiento procesual.

La aplicabilidad del Modelo de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) ha sido contrastada experimentalmente para distintas áreas de la Física y la Química (Mtnez-Torregrosa, 1987; Gil y Mtnez-Torregrosa, 1987; Ramírez, 1990; Reyes y Furió, 1990; Reyes, 1991).

En este modelo se propugna el uso de situaciones problemáticas abiertas de interés para el estudiante, que pueden proceder de la transformación de enunciados habituales, y sin datos numéricos para favorecer una resolución literal. Así el resolvente se ve obligado a analizar la situación pues debe definir el problema, a la vez que se habitúa a enfrentar todo tipo de problemas de lápiz y papel y su actitud se ve influida positivamente. La transformación de enunciados cerrados en abiertos es sencilla y proporciona un trabajo más efectivo e interesante a alumnos y profesores (Garret et al., 1990), con la ventaja de que puede acotarse el problema de manera que se adecua al grado de dificultad de cada nivel educativo. Esta "traducción abierta" de los típicos ejercicios puede tener varias posibilidades. Así p.e. el siguiente ejercicio cerrado:

"¿Cuántos litros de oxígeno se necesitan para la combustión de 100 l de butano medidos ambos en condiciones normales?"

Se puede transformar en, p.e., dos versiones abiertas similares como:

Problema abierto

i) *"¿Cuánto se humedece una habitación en la que funciona una estufa de butano?"*

ii) *"¿Se asfixiará una persona que se ha quedado dormida en una habitación donde se quema gas en una estufa?"*

El MRPI se estructura en las siguientes fases que no deben entenderse como un conjunto de etapas consecutivas e inflexibles, sino más bien como una secuencia orientadora de desarrollo de los procesos:

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

II. Análisis cualitativo de la situación problemática que permita precisarla de forma operativa (acción de "cerrar" el problema).

III. La emisión de hipótesis como actividad que permite elicitar de forma natural las estructuras cognitivas de los resolventes al intentar buscar solución al problema ya acotado.

IV. La explicitación de las estrategias de resolución antes de proceder a ésta, como práctica metacognitiva deseable que pondría de manifiesto el "itinerario" elegido para llegar a la solución.

V. Resolución propiamente dicha que concluye en un resultado literal en forma de expresión matemática.

VI. Contrastación del resultado obtenido viendo su coherencia interna en relación a las hipótesis emitidas.

VII. Consideración de 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 (profundización en la com-

preensión de algún concepto) o prácticas (posibilidad de aplicaciones técnicas), concebir, muy en particular, nuevas situaciones a investigar, sugeridas por el estudio realizado (Gil et al., 1992).

Conviene aclarar que con el Modelo de Resolución de Problemas por Investigación no se pretende una reproducción exacta y fiel de una axiomática metodológica, sino utilizar procedimientos para solucionar problemas de lápiz y papel que se han mostrado sumamente eficaces en la resolución de problemas por los científicos. Además, este modelo integra otros procesos considerados necesarios por modelos distintos de resolución de problemas en una estructura coherente y fundamentada, que a modo de orientaciones teóricas pretenden cambiar hábitos procedimentales muy arraigados en el pensamiento ordinario, p.e. el ensayo y error, con la finalidad de favorecer la reflexividad, el criticismo y la creatividad en los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias.

Aportaciones de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias

Las investigaciones didácticas realizadas durante los últimos veinte años sobre los denominados inicialmente "errores conceptuales" han originado una crisis paradigmática en la enseñanza habitual que ha dado lugar a la aparición de diferentes modelos de aprendizaje de las Ciencias que se incluyen en una orientación constructivista de estos procesos (Posner et al., 1982; Osborne y Wittrock, 1983; Driver, 1986; Pozo, 1989). Esos modelos coinciden en esencia en una concepción del aprendizaje como construcción activa de nuevos conocimientos por el propio aprendiz que

ha de partir necesariamente de su conocimiento anterior y presentan como estrategia didáctica común la necesidad de promover el cambio conceptual. Los resultados experimentales de la puesta en práctica de esa estrategia indican dos insuficiencias claras:

- si bien es mucho más eficaz que la enseñanza habitual, ciertas concepciones alternativas vuelven a reaparecer al poco tiempo cuando ya se creían superadas (Hewson y Thorley, 1989; White y Gunstone, 1989);

- la promoción continua de conflictos cognitivos, en cuanto negación constante de las ideas previamente expresadas por los alumnos, puede generar inhibición de la participación de éstos y aumentar su actitud negativa hacia el aprendizaje de las Ciencias.

En la Historia y en la Filosofía de la Ciencia se acepta que el paso de la Física pregalileana a la Física clásica no sólo fue una ruptura de tipo conceptual con el paradigma vigente sino que, además, se logró con ayuda de un cambio de tipo metodológico (formas de proceder) y epistemológico (formas de razonar) donde se conjugaba la creatividad del pensamiento divergente con el rigor de la contrastación experimental de las hipótesis y con su coherencia global con las teorías. Es decir, la superación de lo que se ha denominado como "*Física del sentido común*" sólo fue posible sustituyendo la metodología y epistemología subyacentes (de "sentido común") por la epistemología científica (Hashweh, 1986). Análogamente se puede establecer la hipótesis de que el cambio conceptual de los estudiantes no se producirá si no se acompaña de un cambio metodológico profundo (Gil y Carrascosa, 1985). Por otra parte, el objeto de la construcción de conocimientos científicos no es cuestionar las ideas del sujeto que quiere abordar la solución

de un problema, sino la búsqueda de soluciones siempre hipotéticas, que servirán para explicar mejor el mundo experiencial. Por tanto, las estrategias didácticas de corte constructivista debieran centrarse en el *tratamiento de situaciones problemáticas* más o menos abiertas que tengan interés para el alumno y que se haga de forma coherente con la naturaleza del trabajo científico, de forma que el aprendizaje significativo de las teorías y conceptos y la familiarización con los procedimientos de construcción de aquéllos, no constituyan objetivos autónomos sino interdependientes. De ahí que la denominación más adecuada a esta propuesta sea la de *aprendizaje por investigación* (Gil et al., 1991).

Es cierto isomorfismo entre el aprendizaje por construcción de conocimientos del alumno a partir de sus concepciones y la investigación científica como construcción de conocimientos puede complemen-

tarse no sólo con sus aspectos metodológicos, sino también extendiéndolo hacia sus aspectos sociológicos. Esto implica asumir que:

- el cuerpo de conocimientos es el resultado de las aportaciones de generaciones anteriores;
- el conocimiento científico se produce en estructuras institucionalizadas en forma de pequeños grupos (Bernal, 1967; Kuhn, 1971);
- dichos equipos interaccionan con el resto de grupos.

¿Cómo organizar el trabajo de los alumnos en el aprendizaje como actividad de investigación?

La fig. 2 recoge los tres componentes del aprendizaje por investigación de manera semejante al aprendizaje cooperativo de Wheatley (1991):

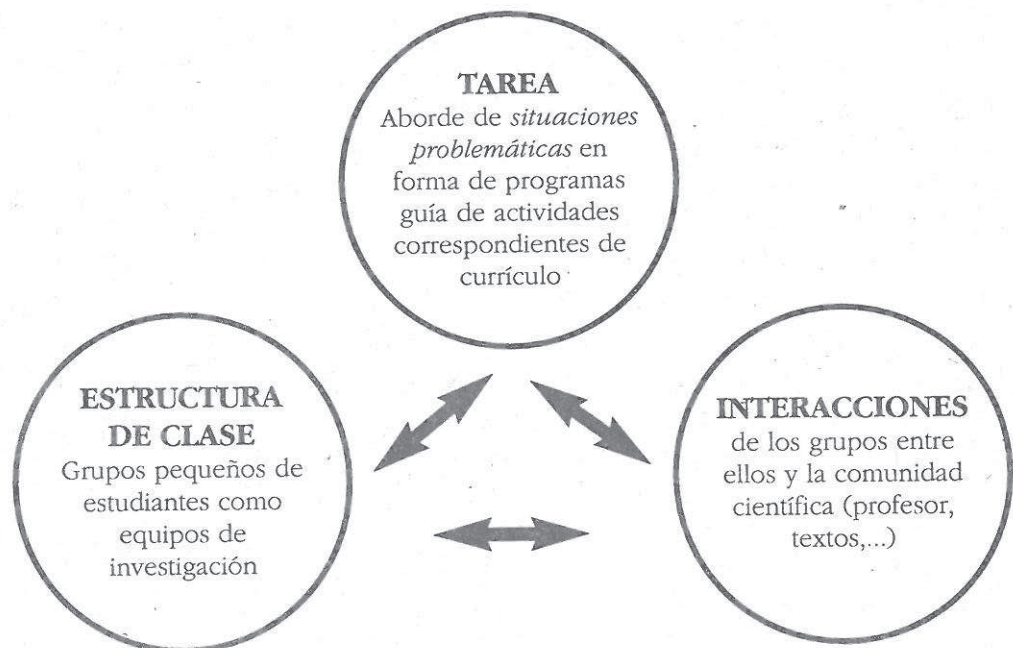


Fig. 2. Elementos esenciales de una clase (de Química) en el aprendizaje por investigación.

- Las tareas de aprendizaje pueden prepararse antes de la interacción educativa por el profesorado en forma de *programas guía de actividades* (Furió y Gil, 1978; Mtnez-Torregrosa, 1987). Se comenta más adelante.

- La clase se organiza en pequeños grupos como equipos de investigación bajo la dirección del profesor y cuyo funcionamiento no es autónomo, sino que deben favorecerse las interacciones entre ellos y con la comunidad científica representada por el profesor, los textos, etc.

El alumno con su cuerpo de conocimientos aborda en el estado inicial, una situación problemática abierta que debe concretar más. Para ello realiza un análisis cualitativo de la situación y una vez precisada ésta lleva a cabo una investigación. En estos procesos se pone a prueba el cuerpo de conocimientos disponible y, como es lógico, se producirán conflictos cognitivos y/o afectivos no sólo con respecto a los esquemas conceptuales sino también en relación a los procedimientos o estrategias que normalmente utiliza, así como a los valores, actitudes y normas asimiladas. De esta forma, a través del aprendizaje por investigación, al basarse en la resolución de problemas, puede conseguirse el triple cambio conceptual, metodológico y actitudinal.

El programa de actividades como guía de trabajo en el desarrollo curricular del aprendizaje por investigación

La idea central que preside la elaboración de un programa de actividades (Furió y Gil, 1978) en el aprendizaje por investigación consiste en que cada unidad temática abordada en forma de situación problemática, se traduzca en un conjunto de actividades debidamente articuladas según un hilo conductor consensuado que reali-

zan los alumnos de la forma descrita en el apartado anterior. Esto favorece que el profesor actúe como investigador en la acción de aquello que sucede en el aula, lo que debe producir una mejora significativa en su docencia al capacitarle para valorar de forma crítica su práctica (Cañal y Porlán, 1987).

El diseño de programas de actividades debe concebirse como una hipótesis de trabajo del profesor y como tarea típica de la investigación-acción aplicada a los materiales didácticos y a los objetivos que se persiguen, lo que implica eliminar una presentación rígida de ese tipo de estrategias didácticas. Aún así, la programación flexible de un conjunto de actividades previamente preparadas por el profesor es necesaria pues no se pretende que los alumnos construyan sus "propias" ideas sobre el mundo sino que hagan propias teorías científicas bien constituidas (Millar, 1987), es decir, una (re)construcción de conocimientos fundada en criterios esenciales de la metodología científica. De acuerdo con esto conviene destacar algunas consideraciones sobre las situaciones problemáticas, a tener en cuenta en la elaboración de los programas de actividades:

- Las actividades que se presenten deben proporcionar una concepción e interés de/por la tarea.

- Las situaciones problemáticas deben poseer una *pertinencia lógica*, es decir, estar enmarcadas en un contexto teórico de forma que no sean tan convergentes como los ejercicios de aplicación habituales ni tan generales y abiertas como cuestiones de opinión, intrínsecamente divergentes y sin posibles criterios de validación. También deben poseer una *pertinencia psicológica* entendida como la necesidad de que la tarea no se halle ni muy por encima ni por debajo de las capacidades de los alumnos, en términos piagetianos, es

decir, debe tenerse en cuenta el umbral de problematicidad de la mayoría de los estudiantes de un nivel educativo así como sus esquemas conceptuales de manera que el problema se sitúe en la denominada por Vigotsky (1973) "zona de desarrollo potencial próxima".

- Las situaciones que se planteen no sólo han de ser percibidas como problemas reales sino que también han de "sentirse" como tales por los propios estudiantes (Garret, 1988), lo que no siempre es sencillo. Esta forma de resolver problemas de lápiz y papel como investigación, base del aprendizaje por investigación que se propone, ha demostrado, al menos en Física y Química, que puede proporcionar la motivación intrínseca de cualquier proceso de investigación y mejorar apreciablemente la actitud de los estudiantes hacia la Ciencia y su aprendizaje.

¿Es generalizable el modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación a otros aprendizajes específicos?

Contestar a esta cuestión requiere matices previas y una respuesta no apresurada pero totalmente alejada de cualquier tipo de "colonialismo intelectual" de la Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre otras didácticas específicas. En principio, conviene puntualizar que el modelo propuesto de aprendizaje por investigación se ha de entender aplicable a currícula de niveles de enseñanza secundaria (más concretamente alumnado con edades a partir de 14 ó 15 años) y universitaria donde se pretende que los estudiantes puedan construir, fundamentalmente, cuerpos coherentes de conocimientos disciplinares de Ciencias Experimentales cuyos niveles de formulación en una primera fase introductoria serán elementales.

En estos currícula muy posiblemente se pueden plantear finalidades y objetivos convergentes como puede ser p.e. producir el triple cambio conceptual, procedimental y actitudinal, no sólo en las Ciencias Experimentales sino también en las Sociales o en las Matemáticas. No obstante, conviene llamar la atención sobre los peligros didácticos que pueden suponer identificar conocimientos procedimentales desligados de los conocimientos científicos propios de cada materia. A nuestro entender, existen serias limitaciones de tipo epistemológico a la hora de intentar generalizar un modelo de enseñanza/aprendizaje basado en las implicaciones de la Historia y Filosofía de las Ciencias más duras como p.e. la Física, a otras Ciencias más blandas, como, p.e. las Sociales o las Lenguas, cuyos propósitos, cuerpos teóricos y procesos de construcción son, con toda seguridad, distintos.

No obstante, ello no significa que no puedan surgir ideas interesantes en un dominio didáctico o psicológico concreto que puedan generalizarse y ser integradas en otras didácticas específicas. En nuestro caso, la concepción de aprendizaje como resolución de situaciones problemáticas abiertas que aquí se propugna tiene muchas similitudes con la noción de aprendizaje cooperativo defendido por Wheatley (1.991) tanto para la enseñanza de las Ciencias como de las Matemáticas. Como también pueden ser consideradas interesantes para otros dominios las estrategias didácticas basadas en la metáfora de los grupos de alumnos como equipos de investigadores noveles. Siempre y cuando se respeten los motivos y valores (axiología) de la Ciencia que se desea (re)construir, sus contenidos conceptuales propios, sus formas de razonar (epistemología) y sus métodos (metodología).

En definitiva, la no autonomía e interdependencia de los objetivos de cambio

conceptual, procedimental y actitudinal destacadas en el modelo de aprendizaje de las Ciencias como actividad de investigación no aconsejan aceptar en teoría su generalización total a otras didácticas específicas. Ahora bien, sí es posible efectuar transferencias parciales del modelo que puedan ser útiles (y, por tanto, integrables) a diferentes cuerpos teóricos didácticos. Esta necesidad de coadyuvar entre todos los investigadores en didáctica a impulsar una "fecundación cruzada" de ideas es vital en momentos como los actuales de conformación de núcleos duros, en términos lakatosianos, de las diferentes didácticas específicas.

REFERENCIAS

- AIKENHEAD, G.S. (1985). Collective decision making in the social context of science, *Science Education*, 69 (4), 453-475.
- ANDERSON, J. (1990). *Cognitive Psychology and its implications*. New York: W.H. Freeman and Co.
- AUSUBEL, P. D., 1990. *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. (Trillas: México).
- BERNAL, J. D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona: Península.
- BURBULES, N. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?, *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- CAÑAL, P. y PORLAN, R. (1987). Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo, *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 89-96.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. y ELIOVITH, R. (1990). Applying the "cognitive conflict-strategy for conceptual change. Some implications, difficulties, and problems, *Science Education*, 74 (5), 555-569.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, *Journal for Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.
- DUSCHL, R.A., HAMILTON, R. y GRANDY, R.E. (1990). Psychology and epistemology: match or mismatch when applied to science education?, *International Journal of Science Education*, 12 (3), 230-243.
- FURIO, C. (1992.) ¿Por qué es importante la teoría para la práctica de la educación científica?, *Aula de Innovación Educativa*, 4-5, 4-10.
- FURIO, C. y ESCOBEDO, M. (1993). La fijación funcional en el aprendizaje de la Química. Un ejemplo paradigmático: El Principio de Le Chatelier, en *Actas del II Congreso de ESQLIOL (Enseñanza Superior de la Química en Lenguas de Origen Latino)* (Málaga, septiembre de 1992) (en prensa).
- FURIO, J.C. y GIL, D. (1978). *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. Universidad de Valencia: ICE.
- GARRET, R.M. (1987). Issues in science education: problem-solving, creativity and originality, *International Journal of Science Education*, 1, 26-33.
- GARRET, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-229.
- GARRET, R.M., SATTERLY, D., GIL, D. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1990). Turning exercises into problems: An experimental study with teachers in training, *International Journal of Science Education*, 12 (1), 1-12.
- GIL, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1992). Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge, *2nd International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Canadá: Ontario.
- GIL, D., MARTINEZ-TORREGROSA, J., RAMIREZ, L., DUMAS-CARRE, A., GOFARD, M. y PESSOA de CARVALHO, A. (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 73-85.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.

- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIO, J.C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori.
- GIL, D. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology, *European Journal of Science Education*, 5, 447-457.
- GIL, D., y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de Física*. Una didáctica alternativa. Madrid: M.E.C. y Vicens-Vives.
- GIL, D. y PAYA, J. (1988). Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica, *Revista de Enseñanza de la Física*, 2 (2), 73-79.
- GUNSTONE, R., WHITE, R. y FENSHAM, P. (1988). Developments in style and purpose of research on the learning of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 513-530.
- HASHWEH, M.Z. (1986). Towards and explanation of conceptual change, *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HEWSON, P.W. y THORLEY, N.R. (1989). The conditions of conceptual change, *International Journal of Science Education*, 11 (special), 541-553.
- KHUN, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. (Tesis doctoral no publicada: Universitat de València).
- MILLAR, R. (1987). Towards a role for experiment in the Science teaching laboratory, *Studies in Science Education*, 14, 109-118.
- MOHAPATRA, J.K. (1987). Can problem-solving in physics give an indication of pupils "process knowledge"?, *International Journal of Science Education*, 9 (1), 117-123.
- OSBORNE, R.J. y WITTRICK, M.C. (1983). Learning science: a generative process, *Science Education*, 67 (4), 489-508.
- PAYA, J. (1991). *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y de la Química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. (Tesis Doctoral: Universitat de València).
- POPPER, K.R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- RAMIREZ, J.L. (1990). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación en la Enseñanza Media: un instrumento de cambio metodológico*. (Tesis doctoral: Universitat de València).
- REYES, J.V. (1991). *La resolución de problemas de Química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. (Tesis doctoral: Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea).
- REYES, J.V. y FURIO, J.C. (1990). O Modelo de Resoluçao de Problemas como Investigaçao. Sua aplicaçao à Química, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 41 (2), 11-16.
- SELVARATNAM, M. (1990). Problem-solving - a model approach, *Education in Chemistry*, Nov., 163-165.
- STENHOUSE, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heineman. *Investigación y desarrollo del curriculum*, (1984). Madrid: Morata.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones C/T/S: un instrumento de cambio actitudinal, *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- VIGOTSKY, L.S. (1973). *Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar*. Psicología y Pedagogía. Madrid: Akal.
- WHEATLEY, G.M. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning, *Science Education*, 78 (1), 9-21.

SUMMARY

This article tries to contribute to orientate teaching to solving-problems models, coherent with the creativity of the scientific work, trying to solve open problematic and interesting situations for students and encourage the useful thinking not only in the process of solving problems, but including it in the constructivist process of learning.

Based on the results of the application of the Model for problem solving as Research and in the design and doing practical work in Physics and Chemistry, a didactic proposal is done which considers these activities in the teaching of Sciences, initially separated, as variables of the same process of teaching in the form of working with problematic open situations with a similar orientation to the real scientific work.

RÉSUMÉ

La proposition qu'on a fait dans cet article veut aider à orienter l'enseignement vers modèles de résolution des problèmes d'accord avec la créativité du travail scientifique, en essayant de solutionner des problématiques ouvertes et intéressantes pour l'élève et en favorisant la pensée productive, pas seulement au processus de résolution des problèmes, même en le insérant aux processus d'apprentissage des sciences.

On appuyant dans les travaux et les résultats que nous sommes obtenant avec l'application du Modèle de résolution des problèmes comme recherche et dans le dessin et développement des travaux pratiques, surtout à la Physique et Chimie, on a fait une proposition didactique où on considère ces activités de l'enseignements des sciences, d'abord sans connexion, comme des variants d'un même processus d'enseignements sous la façon de traitement des situations problématiques ouvertes avec une orientation similaire au que vraiment c'est le travail de recherche.