

ANTONIO BAUTISTA GARCIA-VERA (*)

INTRODUCCION

En los últimos años, de forma diferente, se viene utilizando técnicas de resolución de problemas en asignaturas como Física (Reif, Larkin y Brackett, 1976; Bhaskar y Simon, 1977; Larkin y Reif, 1979; Larkin, MacDermott, Simon y Simon, 1980; Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Gil y Martínez, 1983; etc.), Geografía (Monk y Stallings, 1975; Russell y Chiappetta, 1981; etc.), Química (Ashmore, Fraser y Casey, 1979; Frazer, 1982; Gabel y Sherwood, 1983), Frazer y Sleet, 1984; etc.), Genética (Smith y Good, 1984) y Matemáticas (Kilpatrick, 1969; Niman, 1978; Schoenfeld, 1980; etc.). Ante la revisión de algunas teorías y modelos de resolución de problemas (Gagné, 1964; Kempa y Nicholls, 1983; Hayes, 1978), consideramos que los procesos cognitivos que subyacen en la resolución facilitan la asimilación y transferencia de conceptos genuinos para los alumnos y el desarrollo de estrategias de pensamiento y acción (resolución de problemas). Pero la consecución de tales metas depende, entre otros factores, de las técnicas de solución de problemas y de la forma como éstas sean utilizadas (Simon, 1980; Scandura, 1983; Gallini, 1985), que, en ocasiones, se basa en los pareceres, criterios y opiniones sin fundamento de los profesores.

Ante esta situación, el objetivo de este artículo es diseñar, en base a unos modelos de enseñanza y teorías del aprendizaje, una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas que permita a los alumnos conseguir los objetivos antes citados. Para ello debemos:

- especificar los elementos relevantes que subyacen en la resolución de problemas.
- establecer relaciones entre ellos y ordenarlas en una serie de fases, y

(*) Universidad Complutense. Madrid.

- estructurar esas fases formalizándolas en una estrategia didáctica o método de enseñanza.

ESPECIFICACION DE LOS ELEMENTOS Y RELACIONES QUE CONFIGURAN LA ESTRATEGIA DIDACTICA

Para que las opciones que tomemos respecto a los procedimientos de actuación en el aula estén fundamentadas, debemos tener un modelo de enseñanza como marco de referencia. Pues, según Escudero Muñoz (1981), los modelos de enseñanza tienen dos funciones fundamentales, sugerir líneas de investigación y proponer procedimientos concretos de actuación en clase. Dentro de la segunda función, Gimeno Sacristán (1985) considera que un modelo didáctico es un recurso para la fundamentación científica de la enseñanza, pues permite tanto definir los elementos relevantes de la acción de enseñar y ordenarlos para la consecución de los fines a los que se quiere servir, como formalizar la experiencia para dar noticias de sus características y planificar las actuaciones.

Al final, el método de enseñanza basado en la resolución de problemas surgirá de las concreciones que hagamos respecto a cada uno de los elementos del modelo.

De los diversos modelos existentes vamos a seguir principalmente el propuesto por Gimeno Sacristán (1985), pues contempla coherentemente las dimensiones de la enseñanza y del aprendizaje. Para completar algunos de sus elementos, como la organización en el aula y las relaciones de comunicación, utilizaremos el propuesto por Escudero Muñoz (1981) y el de Harnischfeger y Wiley (1978).

A) **OBJETIVOS.** Son el primer componente del modelo de Gimeno Sacristán. En él vamos a especificar la serie de estados a los que han de llegar los alumnos y, a la vez, nos va a permitir analizar los elementos relevantes que subyacen en la resolución de problemas.

Entre los objetivos prioritarios, pretendemos que los alumnos asimilen unas informaciones/conceptos y principios y que sean capaces de transferirlos para solucionar los problemas que la vida les plantee. Ambos procesos cognitivos, la asimilación y la transferencia, a su vez, están implícitos en la resolución de problemas, pues los alumnos tienen en primer lugar que entender los conceptos y principios que figuran en sus enunciados para poder posteriormente resolverlos.

El alumno para comprender estos datos e informaciones, que se introducen a propósito en el enunciado de la situación problemática como objetivo de conocimiento, debe de darles significado y para ello tienen que relacionarlos con sus experiencias y conocimientos previos. Estas operaciones mentales no son otra cosa, según Ausubel, que una asimilación de conceptos o, según Piaget, una asimilación —acomodación de nuevas informaciones a las estructuras de conocimiento ya existentes en la mente del alumno.

Respecto a los procesos de transferencia, también se ponen de manifiesto en la resolución de problemas. Los alumnos, ante una situación problemática, tienen que llegar a unas metas o estados desconocidos aplicando los conceptos, principios, reglas, etc., que se proporcionan en su enunciado y que deben haberlos asimilado previamente. Es evidente, pues, que en la solución de problemas se «obliga» a los alumnos a transferir los aprendizajes realizados.

A la vez como vehículo de transferencia, está la planificación que hacen los estudiantes para llegar a la solución. Este plan o forma de abordar el problema, no es otra cosa que la estrategia de resolución utilizada por los alumnos. Es así como surge otro objetivo o elemento relevante, que los estudiantes adquieran y desarrollen estrategias de resolución de problemas.

También los alumnos, al abordar la solución de situaciones problemáticas pueden alcanzar otras metas propuestas por autores como Bloom. Nos referimos a los objetivos de análisis y síntesis. Una de las operaciones que debe hacer el alumno, en la primera fase de resolución, es analizar el enunciado del problema y discriminar entre los datos proporcionados y los solicitados. En una segunda fase, los estudiantes relacionarán esas informaciones, sintetizándolas, para llegar a las metas deseadas.

Así, además de adquirir y desarrollar estrategias de solución, los objetivos cognitivos que pueden alcanzar los alumnos durante la resolución de problemas son los de asimilación y transferencia de conceptos y reglas y los de análisis y síntesis de información y datos. Estos, además de ser congruentes con nuestras perspectivas educativas, los consideramos como *elementos relevantes* que subyacen en la solución de problemas.

Las razones que explican el porqué consideramos estos objetivos fundamentales y no otros, se deben al impacto de la tecnología computacional en el currículo escolar y a la necesidad de preparar a los actuales alumnos para que puedan «habérselas» de forma eficiente con la sociedad informatizada e interconectada que les tocará vivir.

Estos objetivos, en parte, fundamentan la estrategia didáctica objeto de estudio porque, según la *Computer Literacy*, es necesario que nuestros alumnos tengan una mente bien hecha, con capacidad y estrategias de resolución de problemas con ordenador, y no una mente bien llena de conocimientos que no saben aplicar o transferir para resolver los problemas que la vida les va planteando.

B) *SUBSISTEMA DE ENSEÑANZA*. Contiene un conjunto de dimensiones sobre las que tenemos que ir tomando decisiones para configurar la propuesta del método de enseñanza basado en la resolución de problemas. Según Gimeno Sacristán son:

B1) *Contenidos*. Son los de las distintas áreas del currículo que permitan conseguir los anteriores objetivos, pues los conceptos, reglas y principios obje-

to de aprendizaje, deben poder definirse con precisión para estructurarse en situaciones problemáticas. Entendiendo por situación problemática aquella que tiene las siguientes características:

- hacer reflexionar al alumno,
- estar relacionada con los intereses, motivaciones y contexto sociocultural del alumno a quien va dirigida,
- los conceptos, principios, reglas, etc., objeto de aprendizaje, están incluidos bien en el enunciado del problema, bien en el proceso de resolución, bien en los resultados obtenidos,
- en el texto de la situación problemática se proporciona unas informaciones y se solicitan unos datos.

B2) *Relaciones de comunicación.* Este elemento del modelo de Gimeno se corresponde con la «dimensión comunicativa» del propuesto por Escudero Muñoz.

Ha quedado expuesto en el componente referido a los objetivos cuáles son las pretensiones de esta metodología de enseñanza que, a su vez, es objeto de fundamentación. Entre otros aspectos busca favorecer la indagación y el descubrimiento por parte del alumno. En relación con estas intenciones, consideramos que no es posible hacer un cambio de métodos sin modificar las relaciones de comunicación unidireccionales, profesor-alumno, que normalmente tienen lugar en el aula. Para que esta estrategia didáctica tenga los efectos que pretendemos es necesario que se desarrolle en un clima abierto y creador y esto sólo es posible cuando, en las relaciones de comunicación, hay una multiplicidad de emisores y receptores.

Por lo tanto entre los emisores de información, además del profesor, estará el propio problema como emisor especializado, y cada uno de los múltiples alumnos que configuran la clase. Debe entenderse, no obstante, que aunque éstas sean las relaciones de comunicación normales, habrá momentos de trabajo donde los alumnos puedan efectuar de forma individual las operaciones de asimilación, transferencia, análisis y síntesis.

B3) *Medios.* Uno de los medios relevantes de esta metodología es la propia situación problemática. Los profesores, a través de una estructuración cuidadosa, pueden presentar en el enunciado los conceptos, reglas y principios que son objeto de aprendizaje, así como establecer las condiciones adecuadas en las peticiones del problema, para que los alumnos transfieran las informaciones asimiladas. Como ya expusimos en otro trabajo (Bautista, 1985), no es necesario que estos contenidos objeto de aprendizaje estén incluidos en el enunciado del problema, sino que pueden figurar en los procesos de solución o, también, en los resultados obtenidos.

Otro de los medios susceptible de utilizar en esta metodología es el ordenador. Este equipo puede ser utilizado por los alumnos para ejecutar las estrate-

gias de resolución que hayan establecido y para verificar los resultados obtenidos. Una exposición más detallada de la función y utilización por parte de los alumnos de este medio ya fue hecha en otros trabajos (Bautista, 1986a, 1986b).

B4) *Organización*. Se centra este componente del modelo de Gimeno en el segundo propósito que nos planteamos al principio de este artículo, es decir, tratar de relacionar y organizar en fases de actuación los distintos elementos relevantes de la solución de problemas.

Uno de los modelos que especifica y matiza la variable «tiempo» en relación con las distintas instancias organizativas y de agrupamiento de los alumnos es el de Harnischfeger y Weley (1978). Este modelo contempla que el tiempo real de aprendizaje de los alumnos comprende, entre otros, el tiempo dedicado a la tarea por toda la clase, al dedicado en subgrupos y al tiempo de trabajo individual. Hay implícitos en estos tiempos de aprendizaje, dirigidos al desarrollo de una tarea, tres tipos principales de agrupamiento/organización del aula: en grupo grande, en subgrupos o grupos pequeños y de trabajo individual. Estos referentes los tendremos presentes para realizar nuestra organización.

Respecto al tipo de organización/agrupamiento de la clase que es más adecuado realizar para que los alumnos adquieran los objetivos cognitivos o elementos relevantes que subyacen en la resolución de problemas, consideramos que:

- La asimilación y análisis de datos proporcionados en el enunciado es previa a la propia solución. Por eso, estos procesos cognitivos tendrán lugar en la primera fase de la resolución y será individual, pues cada alumno tiene que «engancharse» las informaciones (conceptos, principios, etc.), facilitados en el texto del problema, con sus conocimientos previos.
- La transferencia y síntesis de la información será posterior a las operaciones anteriores. También es un proceso que deben desarrollar los alumnos de forma individual, por esto se establecerá un tiempo de trabajo para que cada alumno solo, en función de la asimilación/compreensión del enunciado del problema, planifique una estrategia de resolución a través de la transferencia de las informaciones contenidas en dicho texto.

Si bien son necesarios estos tiempos de trabajo individual no significa que sean sólo de este tipo. Como expusimos en el apartado «relaciones de comunicación», habrá una multiplicidad de emisores y receptores, lo que conlleva que habrá otros momentos, dentro de cada fase, de discusión en subgrupos y en grupos grandes, mediante los cuales los alumnos pueden contrastar los significados conferidos a las distintas informaciones por otros alumnos y poder así reforzar o replantear los suyos.

- Ante estos argumentos concretamos dos grandes fases de actuación que configurarán la estrategia didáctica basada en la resolución de problemas:

- *Fase de comprensión*, en la que se desarrollarán los procesos de asimilación y análisis.
- *Fase de planificación*, donde se pondrá de manifiesto la transferencia y síntesis de los datos e informaciones previamente asimiladas y analizadas.

Llegamos así, aunque sólo parcialmente, a concretar el segundo punto indicado en la introducción, es decir, a estructurar en fases las distintas actividades que relacionan y organizan los elementos relevantes que subyacen en la resolución de problemas.

Pero para que los alumnos comprueben si la planificación que han realizado es correcta o no, es necesario introducir otras dos fases: la de *ejecución del plan* y la de *verificación* de los resultados.

La importancia de esta última fase se debe a que, independientemente sean o no correctos los resultados, supone un elemento motivador de aprendizaje. En este sentido, Watt (1984), Reggini (1982) y Papert (1983) apuntan que los errores cometidos al resolver problemas con ordenador son fuente de aprendizaje. Esto se debe al reto que supone al alumno volver a revisar el plan establecido, descubrir el error, corregirlo, volver a ejecutarlo y confrontar de nuevo los resultados obtenidos con los datos solicitados.

C) *SUBSISTEMA PSICOLOGICO*. Escudero Muñoz (1981), al exponer la conexión entre la enseñanza y el aprendizaje, estableció la necesidad de hallar la relación entre los objetivos y tipos de aprendizaje para posteriormente, teniendo presente las condiciones (especificadas en teorías) que lo facilitan, poder organizar las actividades adecuadas según tales teorías.

Gimeno Sacristán (1985), desde un punto de vista de los procesos psicológicos que la enseñanza incita en el estudiante, expuso que la ordenación de los medios didácticos, así como la acción del profesor, tiene que hacerse de acuerdo con las leyes y principios que establecen esos modelos de aprendizaje.

En la perspectiva de ambos autores se pone de manifiesto el fin organizativo de las situaciones de enseñanza que tienen las teorías del aprendizaje y el papel fundamental de éstas para que los alumnos adquieran unos objetivos predeterminados. Es necesario, pues, revisar la estructura de la resolución de problemas desde un modelo de aprendizaje.

Uno que contempla y pone de relieve los procesos ocurridos en la mente del alumno, integrando las orientaciones de Gagné y las aportaciones del modelo del procesamiento de la información humana, es el propuesto por Pérez Gómez (1981).

Según este modelo, para que los alumnos aprendan unas informaciones nuevas tienen que almacenarlas de forma organizada (semánticamente) en su memoria a largo plazo (M.L.P.) para poder, después, recuperarlas de forma constructiva en su memoria a corto plazo (M.C.P.) y poder transferirlas a la resolución de los problemas que la vida les vaya planteando.

En dos de nuestros trabajos, citados anteriormente (Bautista, 1986a, 1986b) se expresó cómo durante los procesos de resolución de problemas, en ámbitos computacionales y no computacionales, se ponen de manifiesto los procesos de:

- atención y selección de la información;
- codificación y asimilación;
- almacenamiento organizado;
- recuperación constructiva, y
- utilización y transferencia.

ESTRUCTURACION DE LAS FASES QUE COMPONEN LA ESTRATEGIA DIDACTICA

Ante lo expuesto anteriormente, este modelo de aprendizaje, además de corroborar la eficacia de la resolución de problemas en la configuración de condiciones favorables de aprendizaje, marcará las pautas para ordenar las fases de esta propuesta metodológica.

Así en la primera fase se deberá despertar la atención del alumno para que seleccione la información relevante del problema (datos, conceptos, principios, reglas, etc., que son objeto de aprendizaje).

A continuación los alumnos deberán asimilar estas informaciones, almacenándolas de forma organizada y constructiva en su M.L.P., mediante una codificación semántica.

En una tercera fase el resolutor debe ser capaz de recuperar estos datos para transferirlos y aplicarlos en la planificación de estrategias destinadas a resolver el problema. Evidentemente, cuanto mayor haya sido el significado que haya dado un alumno a estas nuevas informaciones más organizado será el almacenamiento en su M.L.P. A su vez, cuanto más organizado sea el almacenamiento de esos datos más rápida y eficaz será la recuperación a la M.C.P.

Los alumnos posteriormente, bien en medios computacionales o no computacionales, ejecutarán los planes de resolución.

Finalmente verificarán la correspondencia entre los resultados obtenidos y los datos solicitados en el problema.

Esta ordenación jerárquica, complementada por los distintos momentos de trabajo y tipos de agrupamiento de los alumnos, configurará definitivamente la estrategia didáctica, basada en la resolución de problemas, de la siguiente forma:

1. Planteamiento de una situación problemática al alumno.

2. Comprensión del problema. Primero de forma individual y después en una discusión grupal, manifestará oralmente las condiciones iniciales y finales del problema.

3. Elaboración de un plan o estrategia de resolución. Primero individualmente por escrito y en un segundo momento en grupos pequeños (para contrastar con otras planificaciones).

4. Ejecución del plan. Se hará de forma individual. El alumno puede disponer del microordenador y del «ambiente» de aprendizaje Logo para ejecutar con precisión y rapidez la estrategia elaborada en la fase anterior.

5. Contraste, comprobación y manifestación de los resultados obtenidos. Si éstos no satisfacen las condiciones del problema se vuelve a la fase dos.

REFLEXIONES FINALES

No se pretende que este modelo metodológico se traslade automáticamente a otras condiciones distintas a aquellas donde se ha configurado, lo que sí es posible es aplicar los principios básicos en los que se apoya. Pueden observarse, entre otros, los siguientes:

a) Conlleva, de forma implícita, una forma activa de aprendizaje. Esta actividad quedó expresada tanto en los procesos mentales de asimilación, transferencia, análisis y síntesis, como en las manipulaciones-motoras que hace el alumno en la representación gráfica del enunciado del problema o en la ejecución de los planes de resolución.

b) La ordenación de sus distintas fases de actuación está realizada de acuerdo con los presupuestos del modelo de investigación científica y de las teorías de la enseñanza (Gimeno Sacristán, Escudero Muñoz, etc.) y del aprendizaje (Procesamiento de la Información Humana y Gagné). El orden de prioridad de los momentos de actuación de esta propuesta metodológica, se diferencia del propuesto por los Programas Renovados cuando especifican las fases de presentación didáctica de las «operaciones». Desde nuestra perspectiva tanto para activar los procesos de atención y selección de la información de los alumnos, como para que asimilen y transfieran unas informaciones contenidas en el enunciado de una situación problemática, es preciso que ese problema sea presentado en la primera fase de la estrategia didáctica y no en la última como señalan los citados Programas.

Ante estas reflexiones surgidas desde unas bases teóricas, sospechamos que los grupos de alumnos que utilicen esta estrategia didáctica, estructurada a través de la resolución de problemas, asimilarán y aplicarán mejor unos contenidos y adquirirán y desarrollarán más estrategias de resolución que los grupos de alumnos que reciban instrucción mediante otros métodos como son el tradicional y la enseñanza asistida por ordenador (C.A.I.).

BIBLIOGRAFIA

- ASHMORE, A.D.; M.J. FRAZER, y R.J. CASEY (1979): «Problem solving networks in chemistry». *Journal of Chemical Education*, 56, 6, 377-379.
- BAUSTISTA, A.: «La resolución de problemas usando el microordenador, en la enseñanza de las Matemáticas». *Aula Abierta*, 44, 1985, 145-170.
- «El impacto de la tecnología computacional sobre los contenidos y métodos de enseñanza de las Matemáticas». *Cuadernos de Educación y Nuevas Tecnologías de la Información*, 8/9, 1986 b, 3-9.
- «Una introducción a los espacios vectoriales y al lenguaje Logo a través del ordenador». *Infancia y Aprendizaje*, 33, 1986 b, 99-117.
- BHASKAR, R., y H.A. SIMON: «Problem solving in semantically rich domains: an example from engineering thermodynamics». *Cognitive science*, 1, 1977, 193-215.
- CHI, M.T.; P.J. FELTOVICH, y R. GLASER: «Categorization and representation of physics problem by experts and novices». *Cognitive Science*, 5, 1981, 121-152.
- ESCUDERO MUÑOZ, J.M.: *Modelos didácticos*. Oikos-Tau. Barcelona, 1981.
- FRAZER, M.J.: «Nyholm lecture: Solving chemical problems». *Chemical Society Review*, 11, 2, 1982, 171-180.
- FRAZER, M.J., y R.J. SLEET: «A study of students attempts to solve chemical problems». *European Journal Science Education*, 6. 2. 1984, 141-152.
- GABEL, D.L., y R.D. SHERWOOD: «Facilitating problem solving in high school Chemistry». *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 2, 1980, 163-177.
- GAGNE, R.M.: «Problem solving», en A.W. MELTON: *Categories of human learning*. Academic Press. New York, 1964, 294-317.
- GALLINI, J.K.: «Instructional Conditions for Computer-Based Problem-Solving Environments». *Educational Technology*. Febrero, 1985, 7-11.
- GIL PEREZ, D., y J. MARTINEZ TORREGROSA: «A model for problem solving in accordance with scientific methodology». *European Journal of Scientific Education*, 5, 4, 1983, 447-455.
- GIMENO SACRISTAN, J.: *Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículo*. Anaya. Madrid, 1985.
- HARNISCHFEGER, A., y D.E. WILEY: «Conceptual Issues in Models of School Learning». *Journal of curriculum Studies*, 3, 1976, 216-231. Citado por ESCUDERO, J.M.: *Modelos Didácticos*. Oikos Tau, 1981.
- HAYES, J.R.: *Cognitive Psychology. Thinking and Creating*. Illinois. The Darsey Press, 1978.
- KEMPA, R.F., y C.F. NICHOLLS: «Problems-Solving ability and cognitive structure-an exploratory investigation». *European Journal Science Education*, 5, 2. 1983. 171-184.
- KILPATRICK, J.: «Problem solving in mathematics». *Review of Educational Research*, 39, 1969, 523-524.
- LARKIN, J.H., y F. REIF: «Understanding and Teaching Problem-Solving in Physics». *European Journal Science Education*, 1, 2, 191-203.
- LARKIN, J.H.; J. MCDERMOTT, D.P., y H.A. SIMON: «Models of competence in solving physics problems». *Cognitive Science*, 4, 1980, 217-345.
- «Expert and novices performance in solving physics problems». *Science*, 208 (20), 1980, 1335-1342.

- LESH, R.: «Applied Mathematical Problem Solving». *Educational Studies in Mathematics*, 12, 2, 1981.
- MONK, J., y W. STALLINGS: «Classroom tests and achievement in problem solving in physical geography». *Journal of Research in Science Teaching*, 12, 1975, 133-138.
- NIMAN, J. (ed.): «Problem solving». *School Science and Mathematics*, Marzo, 1978.
- PAPERT, S.: *Minsstornns: Children, Computers and Powerful Ideas*. Basis Books Inc. New York, 1980. (Existe traducción al castellano: *Desafío de la mente*. Buenos Aires, Galápagos, 1982).
- PEREZ GOMEZ A.I., y J. ALMARAZ: *Lecturas de aprendizaje y enseñanza*. Madrid, Akal, 1981.
- PHILPOT, A., y P. SELLWOOD: «An introduction to problem-solving activities. Some suggestion for desing and make». *The School Science Review*, 65 (230), 1983, 19-32.
- REIF, F.; J.H. LARKIN, y G.C. BRACKETT: «Teaching general learning and problem solving skill». *American Journal of Physics*, 44, 1976, 212-217.
- RUSSEL, J.M., y E.I. CHIAPPETTA: «The effects of a problem solving strategy on the achievement of earth science students». *Journal of Research in science Teaching*, 18, 4, 1981, 295-301.
- SCANDURA, J.M.: *Problem Solving*. New York, Academic Press, 1977.
- SCHOENFELD, A.H.: «Teaching problem solving skills». *American Mathematical Monthley*, 87, 10, 794-805.
- SIMON. H.A.: «Problem Solving and Education», en D.T. TUMA y F. REIF (eds.): *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*. Erlbaum. New Yersey, Hillsdal, 1980, 81-96.
- SMITH, M.U., y R. GOOD: «Problem solving and classical genetics: Successful versus unsuccessful performance». *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 9, 1984, 895-912.