

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

## 2. La Solución De Problemas En Matemáticas

*Maria Del Puy Pérez Echeverría \**

La solución de problemas en el currículo de Matemáticas. De los múltiples significados de “resolver un problema” en Matemáticas. Tipos de problemas en la enseñanza de las Matemáticas. La enseñanza y el aprendizaje del proceso de solución de un problema matemático. Enseñar a resolver problemas: una labor docente distinta.

### La Solución De Problemas En El Currículo De Matemáticas

Si existe un área del currículo en la que no parece necesario realizar ninguna justificación acerca de la importancia que tiene la solución de problemas, ésta es sin duda el área de Matemáticas. Durante mucho tiempo, cuando un estudiante afirmaba que estaba “solucionando un problema”, se entendía que estaba trabajando en una tarea relacionada con las Matemáticas. Esta relación entre Matemáticas y solución de problemas parece estar implícita tanto en las creencias populares como en determinadas teorías filosóficas, psicológicas y en determinados modelos pedagógicos. No obstante, es especialmente evidente a partir de los años ochenta. Desde esta fecha, el objetivo fundamental de la enseñanza de las Matemáticas en la mayoría de los currículos occidentales parece ser que el alumno se convierta en “un resolutor competente de problemas” (véase, para una revisión, SCHOENFELD, 1985, 1992). Pero, como iremos viendo, el significado de este objetivo varía en función de la persona que la emita y del contexto en que se aplique.

Tradicionalmente, frente a otros campos del saber escolar, las Matemáticas y la solución de problemas matemáticos han implicado el concurso de determinadas capacidades intelectuales. Un alumno podía aprobar la historia simplemente “estudiando” (es decir, “memorizando de forma mecánica”) pero para aprobar las Matemáticas también era necesario “comprenderlas” y para comprenderlas se “tenía que valer” o se tenía que ser “inteligente”. Esta concepción popular se refleja en la ciencia y en la filosofía en la medida en que se han equiparado en numerosas ocasiones “las reglas del buen pensar” con los procedimientos algorítmicos y heurísticos utilizados en la resolución de tareas matemáticas.

Dicho de otra forma, una persona que tiene éxito en el campo de las Matemáticas es una persona que sabe razonar y pensar de una manera adecuada. Y, a la inversa, una persona que sabe razonar aprenderá fácilmente el conocimiento matemático. En consecuencia, enseñar los procedimientos matemáticos puede contribuir a desarrollar y ejercitar la capacidad general de razonamiento de los alumnos.

Esta teoría acerca de la naturaleza del conocimiento matemático tiene su origen en la concepción formalista e idealista de Platón (véase, por ejemplo, La República o El Platón), según la cual el estudio de la aritmética tiene un efecto positivo sobre los individuos en la medida en que les obliga a razonar sobre situaciones abstractas. Para DOSSEY (1992), esta idea de las Matemáticas como un conocimiento abstracto que refleja las capacidades de razonamiento está presente en la actualidad en la mente de muchos profesores y determina en parte la manera en que se enseña

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

esta asignatura. De hecho, la labor formativa de las matemáticas es reconocida en los currículos de Educación Primaria y Secundaria en nuestro país. Así, por ejemplo, en el DCB de Educación Secundaria se afirma que "... la actividad matemática no sólo contribuye a la formación de los alumnos en el ámbito del pensamiento lógico-matemático, sino en otros aspectos muy diversos de la actividad intelectual, como la creatividad, la intuición, la capacidad de análisis y de crítica, etc." Expresado con otras palabras, la enseñanza de las Matemáticas se justifica en parte por el hecho de que supone un entrenamiento de estrategias de razonamiento y pensamiento que supuestamente se podrían generalizar a otras áreas del currículo y a la vida cotidiana.

Esta afirmación supone creer que existen unos procedimientos generales de razonamiento o de solución de problemas que pueden ser enseñados de manera más o menos abstracta y que pueden ser aplicados en cualquier campo del conocimiento (para una revisión de la cuestión, véase el capítulo 1). Pero, al mismo tiempo, proporciona una visión "estructuralista" de las Matemáticas, ya que sería necesario aprender y enseñar la estructura de esta disciplina debido a que sus aspectos formales conforman una estructura del pensamiento (véase GARCÍA ARMENDÁRIZ, AZCÁRATE y DEULOFEU, 1993, para un análisis de ésta y otras visiones de las Matemáticas y de sus consecuencias en los métodos de enseñanza).

Aquellas personas que han defendido de forma extrema que el objetivo de las Matemáticas es fundamentalmente la enseñanza de estrategias de pensamiento y que, por tanto, han dejado de lado otros posibles objetivos, han reducido el término "problema matemático" a tareas para las que no existe un procedimiento preestablecido que pueda aportar una solución (véase, para una discusión, SCHOENFELD, 1992). Es decir, aquellas tareas que implican la utilización de algoritmos conocidos o para las que existen fórmulas, no constituirían verdaderos problemas. Los problemas tanto para el profesor como para el alumno serían sólo determinadas paradojas matemáticas, determinados problemas no cuantitativos, etc., que exigirían pensar matemáticamente. Una consecuencia obvia de este planteamiento llevado a su extremo es que prácticamente no se pueden utilizar verdaderos problemas hasta que el alumno tenga un conocimiento profundo de determinados conceptos matemáticos y, por tanto, hasta que la enseñanza esté avanzada. El aprendizaje de las herramientas matemáticas más básicas que se realiza durante la Enseñanza Primaria y buena parte de la Enseñanza Secundaria se debería basar más en ejercicios que en "verdaderos problemas" (para un análisis de la diferencia entre ejercicio y problema, véase el capítulo 1 de este libro).

Frente a esta concepción idealista que justifica la utilización y la investigación en solución de problemas matemáticos en función de sus valores formativos para el desarrollo de estrategias de pensamiento y razonamiento, la gran importancia concedida a la solución de problemas tendría una segunda justificación en argumentos más prácticos. Las Matemáticas son el idioma de las ciencias y de la tecnología. En este sentido, aprender a resolver problemas matemáticos y analizar cómo los expertos y no expertos resuelven este tipo de tareas puede contribuir a un aumento del conocimiento científico y tecnológico de manera general. Al mismo tiempo, las Matemáticas constituyen un poderoso auxiliar para la resolución de problemas de carácter científico (véase el capítulo 3). De la misma manera, la complejidad del mundo actual hace que este tipo de conocimiento sea una herramienta muy útil para analizar ciertas tareas más o menos cotidianas como, por ejemplo, pedir un préstamo, analizar los resultados electorales, jugar a la Lotería Primitiva o tomar decisiones en el ámbito del consumo cotidiano.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Según DOSSEY (1992), esta concepción más utilitaria de las Matemáticas tiene su origen en el pensamiento de otro filósofo griego, Aristóteles, y podemos también observarla en el quehacer cotidiano de muchos profesores en sus aulas. De hecho, consideraciones de tipo práctico han llevado a cambios importantes en el currículo de las Matemáticas. Por ejemplo, como es bien conocido, el lanzamiento del primer Sputnik soviético al espacio, con su consiguiente demostración del poder tecnológico de la antigua URSS frente al de EE UU, llevó a que este país se planteara una reforma en su educación básica matemática (para un análisis de la importancia de este acontecimiento, véase, por ejemplo, RESNICK y FORD, 1981, o SCHOENFELD, 1985).

De la misma manera que en la visión anterior, esta concepción de las Matemáticas tiene también consecuencias diferentes en la utilización de los problemas matemáticos; aquí, la preocupación estriba más en que el alumno adquiera determinadas técnicas y estrategias susceptibles de ser aplicadas en distintos campos que en la comprensión estructural de los aspectos formales. Tanto este carácter aplicado de los procedimientos matemáticos como el aspecto formativo son recogidos en los currículos de Educación Primaria y Secundaria de nuestro país. Así, por ejemplo, se citan tres objetivos educativos en la enseñanza de las Matemáticas en la Educación Primaria: el establecimiento y potenciación de determinadas destrezas cognitivas, la aplicación de los conocimientos matemáticos fuera del aula y su utilización como instrumento en otros campos del conocimiento.

## De Los Múltiples Significados De “Resolver Un Problema” En Matemáticas

Podríamos decir que el interés por la solución de problemas en Matemáticas se ha debido, por un lado, a la idea de que el razonamiento en esta materia refleja y promueve el razonamiento en otros campos del conocimiento y, por otro lado, a que una mayor profundización en los conocimientos y procedimientos matemáticos ayudaría a que avanzasen otras ramas científicas y tecnológicas e, incluso, a resolver más efectivamente las tareas cotidianas. Como consecuencia, tendríamos dos visiones diferentes y que, al mismo tiempo, pueden ser complementarias de los objetivos de la enseñanza de las Matemáticas y de los problemas matemáticos.

No obstante, ambas visiones se caracterizan por presentar a las Matemáticas como un área de carácter formal con procedimientos de tipo general y que pueden, por tanto, aplicarse a distintos contenidos. Como veíamos en el capítulo que abre este libro, este carácter de las Matemáticas ha contribuido, por un lado, a que los procedimientos de solución de tareas matemáticas hayan sido considerados como métodos paradigmáticos de la solución de problemas en general. Así, por ejemplo, el libro de POLYA (1945) *Cómo resolverlo*, que tan gran influencia ha tenido en el estudio y en la enseñanza de la resolución de problemas, se basa en la observación de los procesos y procedimientos utilizados por matemáticos para enfrentarse a tareas propias de su especialidad. Por otro lado, este carácter de las Matemáticas ha contribuido también a que se diseñasen métodos de enseñanza de la solución de problemas de índole fundamentalmente procedimental (un ejemplo de este tipo de métodos puede encontrarse en GUZMÁN, 1991).

Independientemente de las distintas visiones que puedan tener los profesores de Matemáticas y los investigadores sobre las características de los conocimientos y procedimientos matemáticos, parece claro que estas concepciones no se corresponden en absoluto con las concepciones e

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

ideas que tienen sus alumnos sobre los mismos fenómenos. Como recogen diversos trabajos realizados recientemente en EE UU (por ejemplo, LAMPERT, 1990; SCHOENFELD, 1985, 1988; véase para una revisión, SCHOENFELD, 1992) los estudiantes indican que las Matemáticas y la solución de problemas matemáticos constituyen un conocimiento descontextualizado cuyo aprendizaje carece de objetivos distintos del de obtener ciertas calificaciones escolares. El cuadro 2.1 recoge algunas de estas ideas a partir de la revisión realizada por SCHOENFELD, 1992.

Frente a la idea de que trabajar en Matemáticas implica poner en marcha ciertas capacidades de inferencia y razonamiento general y de que la instrucción en problemas matemáticos influye en nuestra capacidad de razonamiento y de solución de problemas, los estudiantes creen que sólo existe una forma correcta de solucionar cualquier problema matemático y que esta forma es la regla que el profesor ha demostrado más recientemente en clase (por ejemplo, LAMPERT, 1990). Es más, ni siquiera esperan llegar a comprender en algún momento los procesos matemáticos que deben utilizar. Simplemente esperan poder memorizarlos y aplicarlos mecánicamente en el momento oportuno.

#### CUADRO 2.1. CREENCIAS TÍPICAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA NATURALEZA DE LAS MATEMÁTICAS

- Los problemas matemáticos tienen una y sólo una respuesta correcta.
- Sólo existe una forma correcta de resolver un problema matemático y, normalmente, lo correcto es seguir la última regla que el profesor ha demostrado en clase.
- Los estudiantes “normales” no son capaces de comprender las Matemáticas; sólo pueden aspirar a memorizarlas y a aplicar mecánicamente aquello que han aprendido sin entender.
- Los estudiantes que han comprendido las Matemáticas deben ser capaces de resolver cualquier problema en cinco minutos o menos.
- Las Matemáticas que se enseñan en la escuela no tienen nada que ver con el mundo real.
- Las reglas formales de las Matemáticas son irrelevantes para los procesos de descubrimiento y de invención.

*Tabla adaptada a partir de la presentada por SCHOENFELD, 1992, p. 359.*

De la misma manera, frente a la idea de que el conocimiento matemático constituye una base importante del conocimiento científico y tecnológico, los estudiantes de Secundaria de EE UU manifiestan que las reglas formales de las Matemáticas son totalmente irrelevantes para los procesos de descubrimiento o invención (por ejemplo, SCHOENFELD, 1992). Pero tampoco este conocimiento es útil para la vida cotidiana ya que, según estos estudiantes, las Matemáticas aprendidas durante la escolarización tienen poco o nada que ver con el mundo real (SCHOENFELD, 1985). Si añadimos que también afirman que los problemas matemáticos tienen una sola y exclusiva solución y que si un alumno sabe las suficientes matemáticas alcanzará esta solución en menos de cinco minutos, el panorama resulta bastante desolador.

Es posible que los estudiantes españoles compartan muchas de estas concepciones con sus compañeros de EE UU. De hecho, con hacer un poco de memoria, muchos de nosotros podemos

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

recordar las largas horas delante de un papel, intentando “solucionar” una determinada división por siete cifras, una raíz cuadrada no exacta o pasando  $x$  e  $y$  de un lado a otro de una ecuación, sin tener la más remota idea de cuáles eran las razones por las que hacíamos tan extrañas artimañas. Según SCHOENFELD (1992), estas ideas de los estudiantes están totalmente relacionadas con sus experiencias en el aula y reflejan más las ideas de sus profesores sobre cómo se deben enseñar las Matemáticas que las ideas sobre qué constituye esta disciplina.

Estas ideas de los profesores se reflejan en los distintos significados otorgados a la expresión “solución de problemas” que es utilizada para expresar actividades tan diversas como las incluidas en la realización de ejercicios más o menos repetitivos, en los procedimientos propios de “pensar matemáticamente”, o las empleadas en tomas de decisiones en distintos contextos. Autores como SCHOENFELD (1983), STANIC y KILPATRICK (1988) o WEBSTER (1979) llegan a recoger hasta 14 significados diferentes para la utilización del término solución de problemas en Matemáticas. No obstante, WEBSTER (1979) señala que estos distintos significados se pueden resumir fundamentalmente en dos. Por un lado, solucionar problemas es equivalente a cualquier actividad que requiere ser hecha en Matemáticas. Por otro lado, es equivalente a plantearse e intentar resolver una cuestión difícil o sorprendente.

## Tipos De Problemas En La Enseñanza De Las Matematicas

De manera tradicional, la utilización de la palabra “problema” dentro del aula de Matemáticas ha coincidido más con el primer significado señalado por WEBSTER que con el segundo. Expresado con otras palabras, en Matemáticas se ha entendido por problema cualquier tipo de actividad procedimental que se realice dentro o fuera del aula. No obstante, cualquier tarea (sea matemática o no matemática) no constituye un problema. Para que hablemos de la existencia de un problema, la persona que está resolviendo esa tarea tiene que encontrarse con alguna dificultad que le obligue a plantearse cuál es el camino que tiene que seguir hacia la meta. Como veíamos en el capítulo anterior, la primera clasificación que podemos realizar dentro de las tareas escolares es establecer las diferencias entre ejercicio y problema.

### *Los ejercicios matemáticos*

En el capítulo anterior se analizaban las diferencias más importantes entre un problema y un ejercicio y cómo una misma tarea puede englobarse dentro de cualquiera de las dos categorías en función de las características y conocimientos de la persona que trata de resolverla (véanse pp. 34-52). Por este motivo, en este apartado nos dedicaremos fundamentalmente a describir las características de los ejercicios matemáticos. Las largas listas de sumas, restas, multiplicaciones y divisiones que contenían los “cuadernos de problemas” que hemos rellenado durante nuestra Educación Primaria, constituyen un claro ejemplo de qué es un ejercicio matemático. Pero no sólo constituye un ejercicio la repetición de las operaciones matemáticas más básicas, sea de forma oral o de forma escrita, sino también pueden constituir un ejercicio otro tipo de tareas en las que el alumno no tiene que tomar ninguna decisión acerca de los procedimientos que tiene que utilizar para alcanzar la solución. Por ejemplo, las tareas en que hay que aplicar una fórmula justo

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

después de haber sido explicada en clase o detrás de la lección en que aparece explícitamente constituyen ejercicios más que verdaderos problemas.

A pesar del énfasis puesto en la solución de problemas desde la década de los ochenta y al que hemos hecho referencia en el apartado anterior, en el aula se sigue dedicando mucho más tiempo a la solución de ejercicios que a la solución de problemas. No obstante, los dos tipos de tareas tienen consecuencias muy distintas en el aprendizaje y responden a diferentes tipos de objetivos escolares. Así, los ejercicios sirven para consolidar y automatizar ciertas técnicas, destrezas y procedimientos que son necesarios para la posterior solución de problemas, pero difícilmente pueden ayudar a que estas técnicas se utilicen en diferentes contextos de los que se han aprendido o ejercitado, o difícilmente pueden servir para el aprendizaje y comprensión de conceptos.

De manera general podemos distinguir entre dos tipos de ejercicios. El primer tipo de ejercicios consiste en la repetición de una determinada técnica previamente expuesta por el profesor. El objetivo de este tipo de ejercicios es la consolidación y la automatización de la técnica. Las tareas que integran los cuadernos de cálculo, “el cálculo mental”, la recitación de la tabla de multiplicar o la resolución continuada de ecuaciones de segundo grado, son ejemplos de este tipo de ejercicios. Su eficacia en la automatización de algoritmos no depende sólo del número de veces que se repitan estos ejercicios, sino también de la forma en que estén ordenados y el tipo de dificultad que puedan tener para los alumnos. (El lector interesado en este tipo de ejercicios y en las características que los hacen más eficientes puede acudir a la primera parte del libro de RESNICK y FORD, 1981.)

A diferencia de las tareas que acabamos de describir, el segundo tipo de ejercicios no sólo pretende que se automaticen una serie de técnicas sino también que se aprendan algunos procedimientos en los que se insertan esas técnicas. Si en lugar de pedir a un alumno que nos indique cuál es el resultado de  $7 + 5$ , le proponemos que nos diga cuántos animales hay en una granja con siete pollitos y cinco gallinas, estaremos proponiéndole un ejercicio de este segundo tipo. La diferencia entre uno y otro tipo de ejercicio estriba en que esta segunda tarea obliga al alumno a realizar una traducción del lenguaje hablado al lenguaje matemático (véase el siguiente apartado referente a los pasos en el proceso de solución de problemas) y le obliga a planear el orden en que la tarea debe ser resuelta. En la medida en que este segundo tipo de ejercicios tiene una meta u objetivo (se suma para saber el número de animales), está más cerca de los problemas que el primer tipo de tareas que hemos descrito.

### *Problemas cuantitativos y cualitativos en Matemáticas*

Estas tareas que acabamos de describir no son realmente problemas ya que no existe ningún obstáculo entre el planteamiento y la meta. Para algunos autores sólo existe un problema cuando no hay un algoritmo conocido que lleve directamente a la solución, independientemente de si en una tarea determinada un alumno conoce o no previamente ese algoritmo (véase, para una revisión, RESNICK y FORD, 1981). Desde esta postura, no sería posible utilizar verdaderos problemas matemáticos durante las primeras etapas de la escolaridad.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

No obstante, también se puede considerar la existencia de un problema en función del grado de novedad que suponga la tarea para un determinado alumno. De hecho, la mayoría de los trabajos sobre enseñanza y aprendizaje recomiendan que se introduzca la solución de problemas desde los primeros años de la escolaridad. Así, por ejemplo, el informe COCKROFT (1982, puntos 321 a 325) recomienda que se inicie a los alumnos desde el comienzo de la escolaridad en las estrategias de solución de tareas, si bien considera que no todos los problemas son adecuados para estas edades tempranas (1).

Según el informe COCKROFT (punto 321, p. 116 de la traducción castellana) “al principio de la escolaridad las Matemáticas se aprenden haciendo cosas”. Tanto en estos primeros años de la escolaridad como más adelante, el aprendizaje de conceptos y procedimientos matemáticos se puede hacer mediante la observación de “la conducta” de los objetos y la manipulación de los mismos. Así, la clasificación, seriación y ordenación de objetos, la utilización de distintos tipos de medidas, el análisis de regularidades entre determinados hechos, etc., pueden constituir problemas con objetivos tan diversos como traducir las experiencias cotidianas a un lenguaje matemático, establecer conjeturas e hipótesis, explorar y modelar las estrategias de resolución de tareas adquiridas en contextos informales o adquirir una serie de actitudes hacia las Matemáticas.

Estos problemas de observación y de carácter inductivo no sólo se pueden utilizar en estos primeros años de escolaridad sino que también resultan adecuados para trabajar conceptos y procedimientos matemáticos más avanzados. Aunque la ciencia matemática sea una disciplina formal cuyos procedimientos se basan fundamentalmente en métodos deductivos, también es cierto que, como señalan tanto el currículo de Primaria como el de Secundaria, los conocimientos matemáticos son una construcción del propio alumno que tienen sus raíces en la actividad inductiva en la vida cotidiana. Así se puede, por ejemplo, observar, analizar, establecer regularidades, hacer conjeturas y comprobaciones sobre la “conducta” de un dado, de una ruleta u observar cómo caen las gotas de lluvia en una determinada baldosa para trabajar el concepto de azar y probabilidad. De la misma manera se pueden analizar distintos conceptos y procedimientos geométricos o idear tareas en las que se comparen las estrategias informales (o “heurísticos de juicio”) utilizadas cotidianamente para enfrentarse a la complejidad ambiental con los métodos matemáticos más idóneos (una revisión de estos métodos informales se puede encontrar en PÉREZ ECHEVERRÍA, 1990; véase también TVERSKY y KAHNEMAN, 1974).

Junto con este carácter inductivo y regulador de la vida cotidiana, las Matemáticas presentan también un carácter más abstracto y deductivo por un lado y un aspecto algorítmico y utilitario por otro. Estos aspectos pueden también ser recogidos en el aula. Así, se pueden plantear problemas que tengan como objetivo la utilización de las distintas técnicas, algoritmos y destrezas matemáticas en contextos distintos de los que han sido aprendidos y enseñados. Por ejemplo, determinadas técnicas proporcionales pueden ser utilizadas tanto para realizar ejercicios de cálculo como para resolver tareas relacionadas con la compra y el consumo, con las disoluciones químicas, con el índice de inflación o para descubrir cuáles son las características de la juventud actual según diferentes encuestas. En general, cuanto más diversos sean los campos en que se presenta una misma tarea, más posibilidades hay de que las técnicas y destrezas utilizadas sean generalizadas a nuevos campos del conocimiento.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Existen numerosos tipos de problemas que pueden ser utilizados en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas. No obstante, esta utilización no es fácil. Como señala el informe COCKROFT (1982, p. 117, punto 324), “no se conoce bien el modo como se desarrollan estos procesos (estrategias de solución de problemas), y tampoco existen materiales adecuados a disposición de los profesores”, pero, como también se señala en este mismo punto, si no se permite a los alumnos que resuelvan problemas adecuados a su nivel de conocimientos es prácticamente imposible que elaboren y utilicen este tipo de estrategias. Como veremos en las páginas siguientes, el proceso de solución de problemas matemáticos es muy complejo y entran en juego tipos muy diferentes de conocimientos.

### La Enseñanza y El Aprendizaje Del Proceso De Solución De Un Problema Matemático

La solución de cualquier problema es un proceso complejo que exige que se realice siguiendo una serie de pasos determinados. Como vimos en el capítulo 1, según POLYA (1945), la solución de problemas matemáticos se realiza en cuatro pasos: comprensión; concepción de un plan; ejecución del plan y examen de la solución obtenida. También vimos en ese primer capítulo que muchos autores exportaron este modelo de POLYA a otras áreas hasta el punto que ha quedado instituido como un modelo general de solución de problemas. Para MAYER (1983), los cuatro pasos enumerados por POLYA se pueden resumir en dos grandes procesos (traducción y solución del problema) que se ponen en marcha automáticamente cuando solucionamos los problemas (véase la figura 2.1.). Desde este punto de vista, los problemas matemáticos han sido vistos fundamentalmente como el ejercicio y la puesta en marcha de una serie de reglas más o menos axiomáticas, de una forma lo suficientemente ordenada como para llevarnos hacia una solución. Sin embargo, como iremos viendo a lo largo de las páginas siguientes, no es suficiente con el aprendizaje de estas reglas para plantearse y solucionar problemas con éxito.

Por tanto, para MAYER, el proceso de solución de problemas exige que, en primer lugar, una persona comprenda el problema y lo traduzca a una serie de expresiones y símbolos matemáticos. A partir de aquí, debe programar una serie de estrategias que consignen las distintas submetas que pretende alcanzar para llegar a la solución final y las técnicas que le permitan alcanzar cada una de estas submetas. Por último, esta persona debe interpretar los resultados obtenidos y traducirlos dentro de una solución plausible. Estos dos procesos se pueden hacer corresponder con los tres grandes ejes procedimentales que se establecen en los currículos de Matemáticas: utilización de distintos lenguajes; utilización de algoritmos y utilización de destrezas. Así, la traducción del problema incide precisamente en la utilización de un lenguaje matemático que permita interpretar la realidad circundante, mientras que el segundo paso, la solución de problemas, hace referencia a la utilización estratégica de hechos, técnicas y destrezas dentro de un contexto matemático.



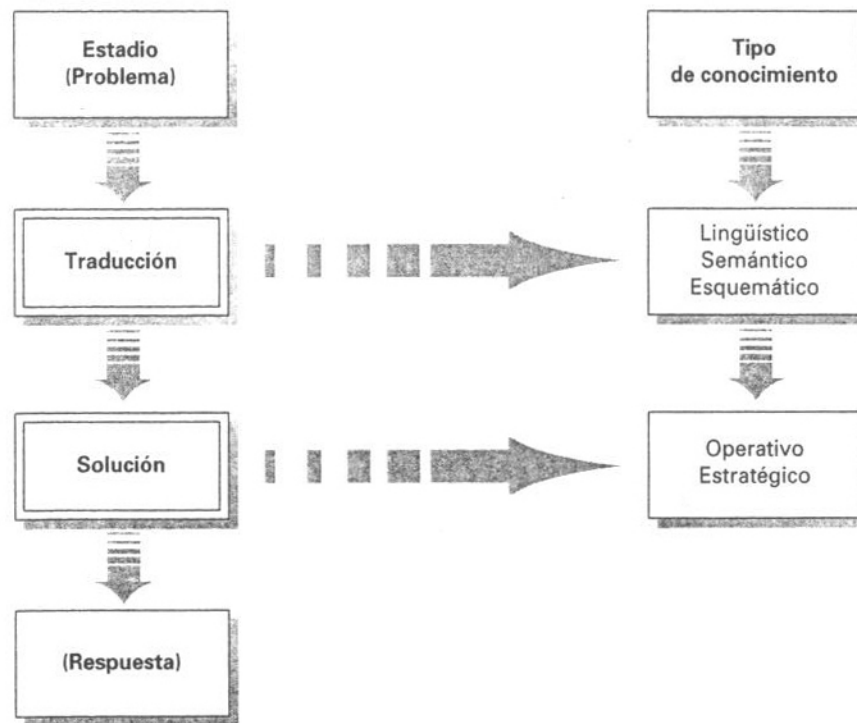


FIGURA 2.1. Proceso de resolución de un problema matemático según MAYER.

No obstante, aunque los distintos pasos del proceso de solución de problemas se pongan en marcha de forma automática, su eficacia dependerá de los conocimientos que el alumno tenga almacenados en la memoria y de la forma en que los active. Es evidente que la solución de problemas matemáticos exige la presencia de ciertos conocimientos matemáticos. Pero, seguramente, tan necesarios como este tipo de conocimientos son otros que nos permiten relacionar los hechos que aparecen en el problema con otros acontecimientos o con otros problemas matemáticos y que, al mismo tiempo, nos facilitan la estructuración de la tarea. La presencia de estos conocimientos y la forma en que son elicitados por el planteamiento del problema influyen en todos los procesos que hemos mencionado antes y pueden facilitar o dificultar su ejecución. Así (véase la figura 2.1., p. 65), la traducción del problema exige la presencia de conocimientos lingüísticos, semánticos y esquemáticos que faciliten la comprensión de la tarea, permitan su representación en términos matemáticos y ayuden a elaborar un plan para resolver la tarea. Por su lado, el proceso de solución propiamente dicho exige un conocimiento heurístico o estratégico, que nos ayude a establecer las metas y los medios útiles para alcanzarlas, y un conocimiento operativo o algorítmico que nos permita llevar a cabo nuestras estrategias y planes.

#### *Traducción y definición del problema*

Para la mayoría de los autores, el primer paso en la solución de tareas matemáticas consiste en la traducción de las palabras o el formato en que está planteado el problema a símbolos y

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

representaciones matemáticas. Expresado de otra manera, comprender o traducir un problema matemático consiste en convertir la información que incluye ese problema a términos matemáticos que pueda manejar el alumno o la persona que quiere resolver la tarea. Por tanto, comprender un problema no implica solamente que el alumno pueda comprender y comprenda el lenguaje y las expresiones por medio de los cuales se expresa su planteamiento o que sea capaz de reconocer los conceptos matemáticos a los que se hace referencia.

Además de estos factores, es preciso que el sujeto asimile el problema al conocimiento que tiene almacenado en su memoria. Es decir, debe relacionar el problema actual con los conceptos e ideas que tiene almacenados y organizados dentro de su memoria. Esta relación es la que permite que se transforme la información inicial en una información que el alumno puede utilizar. Como veíamos antes y siguiendo a MAYER (1983), podríamos decir que esta comprensión de un problema matemático exige, además de ciertos conocimientos matemáticos, conocimientos lingüísticos, semánticos y de esquema.

Tomemos, por ejemplo, la siguiente tarea:

Dentro de poco va a ser el cumpleaños de María. Marta rompe la hucha y encuentra que tiene una moneda de 500 pesetas y, además, 100 pesetas en monedas de cinco pesetas. ¿Cuántos duros tenía Marta en su hucha?

Traducir o comprender este problema sería, por tanto, llegar a una representación del mismo que nos permitiese contestar a la pregunta final. Para lograr esta representación el alumno necesitaría tener, en primer lugar, ciertos conocimientos lingüísticos que, como es evidente, hacen referencia al conocimiento del lenguaje en que está redactado el problema. En este caso, este tipo de conocimiento nos permite tanto comprender las expresiones escritas del problema como determinar que la expresión “moneda de cinco pesetas” y “duro” hacen alusión al mismo objeto, que “romper la hucha” es una acción y “Marta” es la persona que lleva a cabo tal acción.

Pero no basta con este tipo de reconocimiento del lenguaje en el que están expresados los problemas; también es necesaria una comprensión del contexto en el que se inscriben estos hechos. Para MAYER, el conocimiento semántico es “el conocimiento de los hechos del mundo” (1983, p. 408 de la traducción castellana). En este problema, este tipo de conocimiento sería el que nos informaría de que las huchas suelen tener dinero en su interior y permitiría que el alumno realizase ciertas inferencias y pensase que Marta rompe la hucha para comprarle un regalo a María por su cumpleaños. Es decir, este tipo de conocimiento es el que utilizamos para interpretar el contexto del problema y darle sentido.

Por último, el conocimiento esquemático nos informa acerca del tipo de problema que estamos resolviendo. Dicho de otro modo, este conocimiento nos serviría para clasificar el problema, decidir qué datos son útiles y qué datos no lo son, así como para determinar las acciones que deben ponerse en marcha.

En general, la presencia de estos conocimientos en los alumnos que resuelven el problema suele darse por sobreentendida. Normalmente, cuando un alumno está realizando un ejercicio tiene

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

determinadas claves para clasificar de forma rápida y correcta la tarea que debe realizar así como para determinar el procedimiento que debe utilizar. En este sentido, este tipo de conocimientos puede ser menos importante. No obstante, en el caso de la solución de problemas estos conocimientos pueden llegar a ser verdaderos escollos para encontrar una solución. Algunos de los factores que pueden influir en estas dificultades pueden verse en el cuadro 2.2., p. 68.

CUADRO 2.2. ALGUNOS FACTORES NO MATEMÁTICOS QUE INFLUYEN EN LA DIFICULTAD DE LA TRADUCCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS

- Diferencias en el significado de una misma expresión en el lenguaje cotidiano (más ambiguo y contextual) y el lenguaje matemático (más preciso).
- Diferentes significados matemáticos de una misma expresión o palabra (por ejemplo, “es”).
- Orden y forma de presentación de los datos.
- Presencia de datos irrelevantes para la solución del problema.
- Carácter hipotético de los problemas matemáticos (“datos matemáticos” frente a “datos reales”).
- Diferencia entre las teorías personales y las teorías matemáticas.

*CONOCIMIENTO LINGÜÍSTICO Y SEMÁNTICO*

La manera de expresar el problema puede mostrar ciertas ambigüedades lingüísticas o semánticas que pueden motivar diferentes formas de comprender un mismo problema. Como señala GARDNER (1991), una de las dificultades más importantes que se produce en el aprendizaje de las Matemáticas tiene que ver precisamente con la diferente utilización del léxico en la vida cotidiana y en el lenguaje matemático. Mientras que en una conversación normal se tiene bastante libertad en lo referente al uso del lenguaje y las interpretaciones del mismo vienen dadas por el contexto, en el caso de las Matemáticas el lenguaje tiene un significado muy preciso. La presencia de ambigüedades o imprecisiones como las utilizadas de manera cotidiana puede ocasionar numerosas dificultades. Así, por ejemplo, la palabra *es* puede adoptar cuatro expresiones simbólicas diferentes en Matemáticas: igualdad, pertenencia a una clase, existencia y participación (GARDNER, 1991). No darse cuenta de las diferencias entre una u otra puede llevar a una traducción errónea del problema o, cuando menos, distinta a la propuesta por el profesor o por el libro de Matemáticas.

En este sentido, es posible que la tarea planteada sea confusa en la medida en que la pregunta “¿Cuántos duros tenía Marta en su hucha?” puede interpretarse de distintas maneras. Esta pregunta puede llevar a utilizar algoritmos y estrategias distintas y, en consecuencia, a alcanzar soluciones diferentes en función de cómo la haya entendido el alumno. Esta expresión puede hacer referencia tanto a cuántas monedas de duro son necesarias para formar 100 pesetas como al número de duros que hay en el total de la hucha. Según el alumno entienda una cosa u otra, los procedimientos que utilice para solucionar el problema pueden variar de forma considerable y, por supuesto, también variará la solución encontrada.

La ambigüedad lingüística de la pregunta llevaría en este caso a distintas soluciones, pero en otros muchos puede motivar que el problema sea irresoluble o que el alumno alcance soluciones imposibles. Los trabajos sobre la manera en que expertos y novatos solucionan problemas,

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

comentados en el capítulo anterior, muestran que las personas novatas o con pocos conocimientos matemáticos suelen traducir los problemas numéricos de forma literal y frase por frase. Por el contrario, los expertos en ese tipo de problemas suelen realizar una traducción mucho más global. Además, las personas novatas en Matemáticas tienden a traducir de forma inmediata el problema a símbolos numéricos sin dedicarle previamente un tiempo de reflexión. Esta traducción rápida y lineal de los novatos (y los alumnos son novatos casi por definición) contribuye a que no sean detectadas las posibles inconsistencias o incoherencias en el texto de un problema o a que no se tome conciencia de posibles traducciones erróneas o incoherentes. Nos puede servir de ejemplo el siguiente problema. Léalo en voz alta e intente responder lo más rápidamente posible:

Compro un caramelo por siete pesetas, lo vendo por ocho, lo vuelvo a comprar por nueve y lo vendo por diez. ¿Gano algún dinero? Si la respuesta es positiva, especifique cuánto.

Es muy probable que haya contestado que en esta operación comercial a gran escala no ha ganado ni una sola peseta o bien que su ganancia ha ascendido a una peseta. Sin embargo, si planteamos este mismo problema de manera distinta, de tal forma que sean dos objetos los que se compran y venden, la respuesta probablemente será muy distinta. Así, si seguimos comprando un caramelo por siete pesetas y vendiéndolo por ocho, pero además compramos una goma de mascar por nueve y la vendemos por diez, es más fácil darnos cuenta de que nuestro beneficio será de dos pesetas.

Como han señalado numerosos autores (por ejemplo, SIMON, 1978), no solemos reflexionar sobre el tipo de representación más adecuado de un problema, sino que solemos escoger la representación que mejor se empareja con un análisis superficial de los rasgos de las tareas. En la primera de estas dos tareas, la forma en que está organizada la información y las instrucciones dirigidas a que contestemos de manera rápida contribuyen a que realicemos un cálculo mental de ganancias y pérdidas de forma lineal y sucesiva. Esta manera de ordenar los procedimientos hace más probables las conclusiones erróneas en esta tarea. Por otro lado, el segundo planteamiento, en la medida en que “separa” los dos productos, hace más fácil que se realice un cálculo de pérdidas por un lado y uno de ganancias por otro, contribuyendo a una solución más correcta de la tarea desde el punto de vista matemático.

### *CONOCIMIENTO ESQUEMÁTICO*

Pero la comprensión o traducción del problema no sólo se ve influida por rasgos lingüísticos superficiales; también puede verse determinada por el significado que evocan esos rasgos o por el choque con los conocimientos cotidianos que tiene el sujeto. Así, en el ejemplo que veíamos anteriormente acerca del cumpleaños de María, la comprensión del problema puede verse afectada por el hecho de que la tarea se presenta en un contexto muy poco relacionado con la pregunta final. Esto, junto con la presencia de datos que no son necesarios para resolver la tarea (la presencia en la lucha de una moneda de 500 pesetas), hacen que sea más difícil comprenderla.

En este sentido, hay varias investigaciones con alumnos de Educación Primaria (por ejemplo, DE CORTE, 1993, o MAYER, 1983) que muestran que la dificultad de los problemas aritméticos varía en función del tipo de esquema que evoca el planteamiento. El problema “Pedro tiene cuatro globos. María tiene cinco globos más que Pedro. ¿Cuántos globos tiene María?” es mucho más

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

difícil de resolver que “Pedro tiene cuatro globos. María tiene cinco globos. ¿Cuántos globos tienen entre los dos?”. Aunque ambas tareas se resuelven con una suma simple y los dígitos que hay que sumar son los mismos, el primer problema evoca un esquema de comparación entre dos cantidades, mientras que en el segundo la tarea demanda una combinación entre dos conjuntos. Este último esquema parece ser más cercano al esquema de adición que poseen los alumnos que se están iniciando en los secretos de la aritmética.

Estos esquemas o conocimientos organizados pueden chocar entre sí. Así, un problema puede llevarnos a un determinado esquema matemático por un lado, y a un esquema “del mundo” contradictorio con él, por otro. Se pueden encontrar varios ejemplos sobre estos factores en el libro de LURIA (1974) *Los procesos cognitivos*. En esta obra se plantean una serie de problemas aritméticos sencillos sobre la distancia entre dos aldeas conocidas a sujetos adultos con muy poca escolarización del Uzbekistán, una antigua república soviética oriental. Estos problemas implicaban poner en juego operaciones aritméticas como multiplicaciones y divisiones con cifras sencillas. Cuando los datos que proporcionaba el investigador coincidían con la experiencia de los sujetos, los problemas se resolvían sin apenas dificultades. Sin embargo, cuando estos datos contradecían claramente la información objetiva que poseían los sujetos sobre las distancias reales entre las aldeas, los adultos uzbekos rechazaban la tarea y se mostraban incapaces de encontrar una solución. En este último caso, la información previa que poseían interfería con la información proporcionada por los investigadores y les impedía activar esquemas relevantes. Expresado con otras palabras, la experiencia real hacía que los sujetos no comprendiesen la tarea tal y como era planteada por el investigador.

Seguramente es difícil que se den este tipo de interferencias en los alumnos de los países occidentales ya que enseguida aprenden el carácter hipotético de los problemas escolares y que, por ejemplo, las cosas cuestan mucho menos dinero en las clases de Matemáticas que en la realidad cotidiana, pero este ejemplo nos indica cómo determinados conocimientos sobre el mundo pueden evocar ciertos esquemas que ayudarán o dificultarán la resolución de la tarea.

A diferencia de otras áreas de conocimiento, los trabajos sobre la forma en que los alumnos comprenden y utilizan las Matemáticas para solucionar problemas apenas han investigado la influencia de las denominadas “ideas o teorías previas”. Es decir, las investigaciones sobre solución de problemas en Matemáticas parten de que la actividad cotidiana de los alumnos no les ha permitido crear sus propias teorías sobre los fenómenos matemáticos. Aunque es cierto que la experiencia diaria difícilmente puede contribuir a la formación de alguna teoría sobre, por ejemplo, los logaritmos neperianos, también es cierto que existen ciertos conceptos sobre los que sí existen este tipo de ideas, teorías o esquemas. Así, por ejemplo, se ha encontrado que niños sin escolarizar que se dedican a la venta en las calles tienen ciertas ideas sobre las operaciones matemáticas básicas y poseen sus propias técnicas y estrategias para llevar a cabo estas operaciones (véanse, por ejemplo, revisiones en GÓMEZ-GRANELL y MORENO, 1992; GÓMEZGRANELL y FRAILE, 1993). Nuestras “cuentas de la vieja” cuando acudimos a la compra y tratamos de decidir qué producto nos conviene más desde el punto de vista económico pueden responder también a este tipo de técnicas y estrategias aprendidas de manera informal fuera del contexto puramente escolar. De la misma manera, la experiencia cotidiana parece que permite adquirir ciertas teorías sobre el azar y los conceptos probabilísticos y que estas teorías responden también a métodos personales (o

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

«heurísticos de juicio») de enfrentarse a las tareas probabilísticas (TVERSKY y KAHNEMAN, 1974; véase para una revisión, PÉREZ ECHEVERRÍA, 1990). Nuestros juicios de probabilidad se basan, por tanto, más en criterios de semejanza o de accesibilidad de los datos que en criterios estadísticos. Por ejemplo, creemos que, a no ser que haya “trampa”, es muy improbable que los números premiados de la Lotería Primitiva formen “una serie ordenada” (por ejemplo, 2, 4, 6, 8, 10, 12), porque este tipo de series “no son productos del desordenado azar”.

Es muy posible que estas ideas o teorías influyan en la forma que se traducen o comprenden los problemas matemáticos. Como veíamos antes, el conocimiento esquemático no sólo se utiliza para determinar el tipo de problema que se está intentando solucionar, sino también para inferir qué tipo de información es relevante en esta solución y, en consecuencia, para planificar la búsqueda de esa información. Así, por ejemplo, TVERSKY y KAHNEMAN (1974; véase para una revisión, PÉREZ ECHEVERRÍA, 1990) proponen, entre otros, una serie de problemas que tienen como meta determinar si es más probable que una determinada persona ejerza una profesión (ingeniería) u otra (derecho). Para resolver esta tarea proporcionaban a los sujetos dos tipos de información. El primer tipo de información indicaba el porcentaje de ingenieros y abogados en la muestra de la que se había extraído la persona que se estaba juzgando. El segundo tipo de información consistía en una descripción sobre el carácter y costumbres de la persona que se estaba evaluando, sin que hubiese en esta descripción ninguna información relacionada con el derecho o con la ingeniería. La presencia de este segundo tipo de información influía en que no se tuviera en cuenta la proporción real de personas que ejercían estas dos profesiones.

Dicho de otro modo, en este caso la presencia de un conocimiento almacenado previamente (sea correcto o incorrecto desde el punto de vista matemático) que indicase que la probabilidad de que una persona ejerza una determinada profesión está influida por la personalidad de ese individuo hacía que no se tuviesen en cuenta otro tipo de datos (en este caso más objetivos). Es decir, la presencia de una determinada información evocaba esquemas que a su vez determinaban la relevancia del resto de la información. La “semejanza” de la descripción con nuestros estereotipos acerca de cómo es un abogado o un ingeniero hacen que se infravalore la información más objetiva.

De forma similar, en problemas de correlación dicotómica entre dos acontecimientos, los casos en que están ausentes ambos factores (no p no q) son considerados irrelevantes debido al escaso significado semántico que tienen para cualquier situación aunque desde el punto de vista matemático son absolutamente necesarios para la solución del problema (CARRETERO, PÉREZ ECHEVERRÍA y POZO, 1985; PEREZ ECHEVERRÍA, 1990). Así, por ejemplo, si se está evaluando la correlación existente entre tener los ojos y el pelo oscuro, los sujetos de pelo rubio y ojos azules son considerados irrelevantes para este juicio. Naturalmente esta situación no ocurre cuando se está solucionando un ejercicio en vez de resolviendo un problema. En el caso de los ejercicios, los alumnos no tienen normalmente que definir ni que buscar la información relevante para encontrar una solución. Tampoco tienen que determinar qué información es irrelevante ya que en este tipo de tareas toda la información aportada en el planteamiento del problema es relevante y además es necesaria y suficiente para su resolución.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

### *¿CÓMO FACILITAR LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA?*

Por tanto, podemos ver que la comprensión de problemas matemáticos está claramente influida por diversos factores tanto matemáticos como no matemáticos. El contenido de las tareas, su relación con los conocimientos almacenados por el alumno, el contexto en el que se presentan, y la forma y el lenguaje que toman las expresiones hacen que varíe considerablemente la traducción de las tareas a representaciones matemáticas e influyen evidentemente en la forma de resolverlas.

La influencia de estos elementos es distinta en cada uno de los tipos de problemas que hemos mencionado antes. Así, es probable que las tareas de observación o tareas inductivas estén más influidas por las ideas y esquemas previos de los alumnos que las tareas más cerradas (véanse las diferencias entre tipos de tareas en el capítulo 1). En éstas la expresión puede estar influyendo más en el tipo de estrategias utilizadas. Aunque como veíamos antes, no existen materiales claros que ayuden a los alumnos a resolver problemas mejor de forma general (véase, por ejemplo, el informe COCKROFT. 1982, o SCHOENFELD, 1985 b), también es cierto que existen algunas técnicas que pueden ayudar a que los alumnos comprendan o traduzcan mejor un problema concreto. Algunas de estas técnicas fueron comentadas en el capítulo anterior al hacer referencia al trabajo de POLYA sobre solución de problemas (véanse los cuadros 1.1. y 1.2., pp. 26-28). Como se comentó en el capítulo 1, parece que los programas que tratan de enseñar a resolver los heurísticos de solución de problemas en general, o más concretamente los matemáticos, no tienen mucho éxito como tales programas (véase NICKERSON, PERKINS y SMITH, 1985); sin embargo, algunas de las técnicas utilizadas en estos programas pueden ayudar a resolver mejor tareas concretas dentro del aula. Expresado con otras palabras, no se sabe muy bien cómo los expertos llegan a resolver los distintos problemas de la forma en que lo hacen. La cuestión es que, aunque parezca una verdad de Perogrullo, a resolver problemas dentro de un área de conocimiento concreta se aprende solucionando problemas dentro de esa área.

En el caso de la traducción o comprensión del problema, estas técnicas tienen como objetivo esencial incitar al alumno a que reflexione antes de actuar y a que planifique su propio proceso de resolución (véase el cuadro 2.3.). Como señala SCHOENFELD (1987), una de las diferencias mayores entre expertos y novatos en la solución problemas matemáticos estriba precisamente en el metaconocimiento y el control de los propios recursos. Es decir, las personas novatas (los alumnos en nuestro caso) son muy poco conscientes de los medios con que cuentan para solucionar una tarea. Por otro lado, como veíamos antes, normalmente se tiende a resolver las tareas de forma inmediata sin un período de reflexión previa.

**CUADRO 2.3. ALGUNAS TÉCNICAS QUE AYUDAN A COMPRENDER MEJOR LOS PROBLEMAS MATEMÁTICOS**

- Expresar el problema con otras palabras.
- Explicar a los compañeros en qué consiste el problema.
- Representar el problema en otro formato (gráficas, diagramas, dibujos, con objetos, etc.).
- Indicar cuál es la meta del problema.
- Señalar dónde reside la dificultad de la tarea.
- Separar los datos relevantes de los no relevantes.
- Indicar los datos con los que se cuenta para resolver la tarea.
- Señalar qué datos no presentes necesitaríamos para resolver el problema.
- Buscar un problema semejante que hayamos resuelto.
- Analizar primero algunos ejemplos concretos cuando el problema es muy general.
- Buscar diferentes situaciones (escenarios, contextos, tareas, etc.) en los que se pueda presentar ese problema.

Parece que no basta con que el profesor informe a los alumnos de la necesidad de pensar antes de actuar para que éstos dediquen un poco más de tiempo a la programación de los problemas y a la reflexión sobre los mismos (véase SCHOENFELD, 1992); las técnicas que aparecen en el cuadro 2.3 tratan precisamente de fomentar de una manera consciente esta reflexión. No obstante, la medida en que el profesor debe ir dirigiendo el proceso de reflexión con estas técnicas o con otras similares debe variar en función de las características de los propios alumnos. Así, cuanto más pequeños sean necesitarán una mayor ayuda y control del profesor para realizar este tipo de reflexiones. Lo mismo ocurrirá en función de los problemas: cuanto más novedosos sean también será mayor la ayuda necesaria y el control por parte del profesor. Además, éste deberá ir cediendo paulatinamente el control a sus propios alumnos. Los trabajos en pequeños grupos en los que los alumnos deben verbalizar y comentar lo que piensan hacer o el planteamiento de problemas en los que varíen muy pocos elementos puede contribuir a ayudar a que aumente este período de reflexión y a un mayor control y programación de los problemas.

*Técnicas y estrategias para la solución del problema*

Según MAYER (1983), una vez que se ha traducido el problema a una representación matemática comienza el proceso de solución propiamente dicho. Durante esta fase se ejecutan las acciones que supuestamente nos acercarán hacia la meta. Tal como aparece en la figura 2.1., p. 65, esta segunda parte del proceso de solución de problemas exige un conocimiento heurístico o estratégico que nos ayude a establecer las metas y los medios útiles para alcanzarlas, así como un conocimiento operativo o algorítmico que nos permita llevar a cabo nuestras estrategias y planes. En el lenguaje de POLYA (1945), al que hemos hecho referencia varias veces a lo largo de este capítulo y del que se habló más detalladamente en el anterior, hablar de estrategias sería equivalente a hablar de “un plan para encontrar una solución”, mientras que el conocimiento operativo sería el que habría que poner en marcha para “ejecutar el plan” diseñado estratégicamente. Por tanto, las estrategias de solución de problemas serían formas conscientes de ordenar y determinar los



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

recursos de que disponemos para la solución de un determinado problema. Las estrategias incluirían la planificación y organización de las distintas técnicas para obtener submetas y metas. En el cuadro 1.3., p. 29, el lector puede encontrar algunos de estos heurísticos o estrategias de solución de problemas.

Como veíamos en el apartado anterior, la puesta en marcha estratégica de una serie de técnicas y algoritmos de solución de problemas puede estar influida por factores y conocimientos que no se refieren exclusivamente a la materia de la que estamos hablando, es decir, a las Matemáticas. Parece evidente que la resolución de problemas matemáticos exige que el sujeto tenga un determinado dominio de los conocimientos de esta área. Así, en un problema de tipo aritmético, un alumno deberá tener ciertos conocimientos sobre algoritmos como la suma o la resta para que sea capaz de resolverlo. Aunque el conocimiento de estas técnicas suele ser una condición necesaria para la resolución de determinado tipo de problemas, no parece que sea una condición suficiente. Es necesario también conocer cómo y cuándo tienen que ser utilizados. Dicho de otra manera, para que sea una condición suficiente tienen que estar integrados dentro de una estrategia que nos lleve hacia la meta.

De nuevo, en este aspecto encontramos diferencias entre las tareas que hemos considerado problemas y las que hemos considerado ejercicios. En este último tipo de tareas no es necesario llevar a cabo una programación, un plan consciente, que dirija y acerque nuestros pasos hacia una solución plausible. El procedimiento que debemos utilizar puede surgir en este caso de forma automática debido a que lo hemos repetido el número suficiente de veces. Pero también puede ser elicitado por el contexto o por las instrucciones de la tarea o del profesor.

En el caso de los problemas, no basta con conocer una determinada técnica o un determinado algoritmo para que se utilicen en la tarea. Por ejemplo, en la investigación de LURIA (1974) a la que hacíamos referencia antes, los adultos uzbekos conocían los algoritmos de la multiplicación y la división de forma suficiente para resolver el problema. Sin embargo, estos conocimientos no se ponían en marcha debido a otros factores, como el carácter hipotético del enunciado y su contradicción con los conocimientos de los uzbekos sobre la distancia real entre las ciudades a las que se aludían en los problemas. Del mismo modo, el hecho de que un alumno conozca y domine un determinado algoritmo no implica que en ciertas ocasiones no sea capaz de utilizarlo o que de forma deliberada utilice otras técnicas, quizá más incorrectas, aunque lleven al éxito (véase, por ejemplo, PEREZ ECHEVERRÍA, 1987; PÉREZ ECHEVERRÍA, CARRETERO y POZO, 1986; SANZ, 1991). Así, se ha observado en determinadas tareas de comparación entre distintas proporciones o de cuantificación de las probabilidades que alumnos de EGB y de BUP sólo utilizaban los algoritmos adecuados desde el punto de vista matemático en problemas de fácil cálculo, mientras que empleaban otras técnicas diferentes, no enseñadas durante la escolarización, en problemas cuyo cálculo era más difícil (véase, por ejemplo, PEREZ ECHEVERRÍA, CARRETERO y Pozo, 1986).

De la misma manera, se ha observado en este tipo de tareas una utilización diferencial, deliberada y estratégica de distintas técnicas de cálculo de razones por parte de los sujetos expertos, mientras que otros menos experimentados no lo hacían de esta forma. Así, por ejemplo, licenciados en Química utilizaban diferentes técnicas para realizar cálculos proporcionales en tareas sencillas de mezclas y disoluciones. Algunas de estas técnicas eran claramente incorrectas

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

desde el punto de vista matemático, sin embargo, proporcionaban la solución correcta en algunas tareas y se invertía en ellas menos tiempo y menos operaciones que en las técnicas correctas. Lo curioso es que estos químicos sólo utilizaban este tipo de técnicas incorrectas pero eficientes en aquellas tareas en las que proporcionaban una solución adecuada, utilizando los algoritmos matemáticos correctos en el resto de los problemas. Es decir, estos químicos estaban adaptando estratégicamente sus esfuerzos y recursos a las demandas de las tareas. Sin embargo, alumnos de COU enfrentados a las mismas tareas utilizaban única y exclusivamente el algoritmo matemático correcto que habían aprendido durante su escolaridad (véase SANZ, 1991).

Estos trabajos sobre el cálculo de fracciones en distintos contextos que acabamos de describir brevemente muestran una secuencia muy interesante del aprendizaje y la utilización de algoritmos y técnicas matemáticas. En primer lugar, se ve que los métodos de cálculo aprendidos en la escuela están conviviendo con otros más incorrectos que probablemente han surgido mediante la experiencia con tareas cotidianas. Estos métodos son seguramente similares a los encontrados en vendedores sin escolarizar en determinadas culturas, que comentábamos en el apartado anterior. Los alumnos, en esta primera etapa, tienen una confusión entre las técnicas que están aprendiendo y las aprendidas previamente. Más tarde, se utilizan exclusivamente los métodos algorítmicos aprendidos en la escuela. Por último, se vuelven a recuperar las técnicas aprendidas en contextos informales y se utilizan de forma estratégica en combinación con las aprendidas en la escuela.

No obstante, como señala GARDNER (1991), una dificultad de la enseñanza de las Matemáticas es la aplicación rígida de algoritmos. Según este autor, la manera en que se acostumbra a enseñar las Matemáticas y la manera en que se aprende esta disciplina incide en mostrar a los estudiantes que su educación es correcta cuando el problema se enuncia de una forma tal que les permite rápidamente conectar los números dados con una ecuación o con cualquier otro tipo de operación matemática. En esta manera de enfocar la enseñanza se atiende más a factores de tipo sintáctico que semántico y tiene como consecuencia que los estudiantes traten de traducir el problema a símbolos matemáticos susceptibles de ser operativizados de una forma rápida y compulsiva. Este hecho lleva, como veíamos en el apartado anterior, a numerosos errores en la traducción del problema y al mismo tiempo a la creencia de que los problemas matemáticos no tienen más que una forma de solución posible.

Por tanto, este énfasis en los enfoques sintácticos a los que hace referencia GARDNER influye en que la mayoría de las tareas sean entendidas por los alumnos como ejercicios y no como problemas y a la visión de las Matemáticas por parte de los estudiantes de la que ya hemos hablado en varias ocasiones. En un enfoque de este tipo es muy difícil que los alumnos lleguen a utilizar las técnicas de una manera estratégica, es decir, como herramientas que ayudan a lograr una meta determinada y no como un fin en sí mismas.

Como veíamos en la introducción, desde este punto de vista, los problemas matemáticos han sido tratados como la puesta en marcha de una serie de reglas más o menos axiomáticas, de una forma lo suficientemente ordenada como para llevarnos hacia una solución. Este clase de trabajos nos ha permitido analizar cómo se aprenden los algoritmos o destrezas más básicos (véase, por ejemplo, para una revisión, RESNICK y FORD, 1981) o cómo es posible introducir problemas cuantitativos a ciertas edades (véase, por ejemplo, DE CORTE, 1993) pero han dejado de lado

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

otro tipo de análisis igualmente relevantes desde el punto de vista de la instrucción. Por ejemplo, no basta con decir que el mayor conocimiento específico de los alumnos ayuda a que se empleen mejor los heurísticos y estrategias de solución de problemas (véase el capítulo 1 de este libro para una descripción de los heurísticos de resolución de problemas, tal y como los propone POLYA); también es necesario analizar cómo influye este mayor conocimiento.

No obstante, durante los últimos años, la investigación sobre solución de problemas matemáticos también ha trabajado sobre los procesos utilizados para resolver problemas de tipo no cuantitativo, como por ejemplo geométricos (véanse, por ejemplo, los trabajos de SCHOENFELD, 1985, 1987) o sobre las ideas y teorías sobre el azar y la probabilidad. Estos trabajos no sólo están mostrando la influencia del contenido y de las teorías previas en la resolución de las tareas, en relación con la dificultad de generar una representación adecuada específicamente para ese problema, sino que también están destacando la importancia de las habilidades de autorregulación en el control del conocimiento heurístico y estratégico. Expresado de otra manera, estos trabajos muestran que no basta con informar a los alumnos sobre los distintos heurísticos útiles en la solución de problemas para que éstos los utilicen en sus tareas escolares. Para utilizar este tipo de conocimiento es necesario que hayan aprendido a regular y a controlar su propia actividad o, como veíamos en el apartado anterior, que sea el profesor o un agente externo el que realice este control.

## Enseñar A Resolver Problemas: Una Labor Docente Distinta

A lo largo de estas páginas hemos ido analizando algunos de los componentes de la solución de problemas matemáticos. Veíamos al inicio de este capítulo que la solución de problemas es un componente idiosincrásico de las Matemáticas hasta el punto de que muchas veces la expresión “solución de problemas” ha sido utilizada como sinónimo de Matemáticas en situaciones escolares. Sin embargo, también es cierto que en la mayoría de las ocasiones la enseñanza de las Matemáticas ha descansado más sobre la solución de ejercicios de carácter sintáctico que de verdaderos problemas matemáticos. En este sentido, la solución de problemas matemáticos constituye al mismo tiempo un método de aprendizaje y un objetivo del mismo. Es un método de aprendizaje en la medida en que buena parte del contenido de las Matemáticas escolares trata del aprendizaje de destrezas, técnicas, algoritmos o heurísticos que pueden utilizarse en diversos contextos (cotidiano, científico, etc.). Para lograr un aprendizaje significativo de este tipo de técnicas es necesario aprender a utilizarlas en el contexto de diversos problemas. Es un objetivo del aprendizaje en la medida que no se puede aprender a solucionar problemas de forma ajena al aprendizaje de conceptos y conocimientos de las Matemáticas y que, al mismo tiempo, como hemos visto, la solución de problemas exige la puesta en marcha y la coordinación de muchos procesos complejos.

Existen numerosos diseños y programas que tratan de enseñar a solucionar problemas o a pensar matemáticamente (véase, para una revisión, NICKERSON, PERKINS y SMITH, 1985) que, bien procuran enseñar a utilizar los algoritmos generales de solución de problemas propuestos entre otros por POLYA (véase, por ejemplo, GUZMÁN, 1991), o bien tienen como objetivo la enseñanza de la solución de problemas en un área concreta de las Matemáticas (véase DE CORTE, 1993, para una pequeña revisión de alguno de estos programas).

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

No obstante, el éxito de estos métodos de enseñanza depende totalmente del contexto en que se realicen. Es decir, los métodos de solución de problemas que han tratado de enseñar determinadas técnicas fuera del contexto del aula y sin tener en cuenta los distintos contenidos matemáticos no han tenido todo el éxito que cabría esperar. De nada sirve, por ejemplo, que un alumno aprenda a dividir un problema en subproblemas de una forma general ya que difícilmente generalizará esa estrategia a un contenido concreto.

Para realizar una estrategia de este tipo hay que evaluar cuáles son los conocimientos conceptuales y procedimentales que tenemos, cuáles son los conocimientos que nos hacen falta y cómo emparejar mejor todos estos conocimientos con el contenido del problema. Como afirman RESNICK y FORD (1981), la instrucción debe tratar de asegurar la presencia de un conocimiento bien estructurado y debe tratar de aproximar lo máximo posible los lazos entre los conceptos y los procedimientos que se relacionan con dichos conceptos.

Para conseguir este tipo de lazos, SCHOENFELD (1985 b) propone una serie de planteamientos sobre la enseñanza de las Matemáticas basados tanto en su experiencia como profesor de esta asignatura como en su labor investigadora. Así, parte de la idea de que el profesor es un modelo del comportamiento que se debe tener en la solución de problemas. Según este autor, parte de las dificultades que se encuentran al tratar de enseñar las técnicas y estrategias de la solución de problemas es que los profesores dominan la materia tan bien que no tienen que pararse a pensar en los problemas. Expresado en los términos que estamos utilizando, podríamos decir que las tareas que son problemas para los alumnos constituyen ejercicios para los profesores. En la medida que el profesor tiene automatizado este tipo de conocimientos, no hace explícitas las estrategias y técnicas que utiliza. Es decir, no queda explícita la relación entre conocimientos y procedimientos a la que hacíamos alusión más arriba.

En este sentido hay que tener en cuenta que conviene indicar todos y cada uno de los pasos que se están utilizando ya que, como señala SCHOENFELD (1985, p. 41) “si el profesor no lo dice, la mayoría de los alumnos no lo captará”. En este sentido SCHOENFELD cuenta una anécdota en la que narra cómo se sometió a toda una clase a un fuerte entrenamiento en solución de problemas basado en los heurísticos de POLYA y en el cual se había dado un énfasis especial al último paso, a la revisión del procedimiento y de la tarea. Cuando más tarde se examinó la generalización que realizaban los alumnos de los procedimientos aprendidos, encontraron que prácticamente ninguno de ellos revisaba la tarea simplemente porque el profesor no les había “recordado” que tenían que utilizar este procedimiento y daban por sentado que el propio profesor iba a realizar por su cuenta una revisión.

Además de ser un modelo, según SCHOENFELD, el profesor también debe ser un “entrenador” en el sentido de que, al menos al principio, es la persona que hace que las habilidades y técnicas que tiene el alumno se utilicen de forma estratégica en la solución de problemas (véase el papel del profesor en la enseñanza y el aprendizaje de estrategias en Pozo, 1990, y en el capítulo 5 de este libro). Como veíamos antes, una de las diferencias entre los expertos matemáticos y los alumnos en la resolución de problemas estriba en que éstos últimos carecen de metaconocimiento o control de sus propios recursos de solución. En este sentido, el profesor debe ayudar mediante diversas técnicas (véase el cuadro 2.3, p. 74) a hacer explícitas las estrategias de las que dispone el alumno y su utilidad en la solución del problema.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Este mismo sentido tienen las discusiones de los procedimientos utilizados por distintos alumnos para resolver el problema. Como veíamos al comienzo de este capítulo, la mayoría de los alumnos cree que sólo existe una forma posible de resolver las tareas matemáticas. Ellos consideran las Matemáticas como una ciencia acabada y cerrada en sí misma en la que cualquier innovación es imposible.

Examinar en clase de forma conjunta cómo distintos alumnos han obtenido una solución a la tarea puede contribuir a romper esta imagen y a ilustrar la utilización de las mismas técnicas en distintas estrategias. Este mismo papel puede desempeñar el trabajo en pequeños grupos. La discusión con los compañeros obliga al alumno a hacer explícitos y a justificar la forma en que comprende una tarea, las herramientas y técnicas con que trata de abordarla, el objetivo que se plantea con cada una de estas técnicas y el orden en que las va a utilizar.

Como veíamos antes, enseñar a resolver problemas matemáticos no es una tarea fácil. Este hecho no sólo se debe a que la solución de problemas sea un proceso complejo en el que entran en juego múltiples componentes sino también a que el aprendizaje de la solución de problemas sólo se lleva a cabo a largo plazo. Esta dificultad se refleja también en la evaluación de la solución de problemas. Como se señala en el DCB de Educación Secundaria, para que el profesor evalúe y, en consecuencia, oriente la fase de resolución en la que se encuentra un determinado alumno debe prever las diferentes maneras posibles de afrontar las tareas, el tipo de dificultades conceptuales o procedimentales que conlleva cada una de ellas, las distintas soluciones posibles y los distintos lenguajes que comportan.

Una fuente de información muy útil para esta evaluación puede ser un análisis de los errores cometidos por los alumnos. Los errores pueden informar tanto de las dificultades de procedimiento de tipo técnico o estratégico que tiene un alumno como del tipo de teorías o creencias que maneja éste en un momento determinado. Así, en el ejemplo sobre el azar que veíamos antes, los errores nos pueden estar indicando la presencia de teorías muy comunes en el sentido de que el azar “se compensa a sí mismo”, de que las series aleatorias deben tener una apariencia desordenada, etc. De la misma manera, los ejemplos sobre problemas aritméticos que proponíamos antes nos pueden indicar tanto las dificultades de comparación entre distintos conjuntos, como la forma de interpretar situaciones ambiguas y, por consiguiente, los esquemas que tienen los alumnos. En este sentido los errores no deben ser tratados como fracasos sino como fuente de información para el profesor en su labor de “entrenador” y para la autoevaluación del alumno. Este hecho hace que se requieran tareas en las que su grado de corrección no sea todo o nada. Es decir, requiere que entre los problemas planteados a los alumnos haya algunos lo suficientemente abiertos como para que el éxito en ellos no dependa de una sola decisión.

Como señala el DCB, la información procedente de los errores se puede complementar con otras fuentes que incidan en la observación del proceso de solución que lleva a cabo cada uno de los alumnos. Aunque resulte imposible una observación cotidiana de cada uno de los alumnos, sí que es posible una observación más o menos regular en la que no sólo se dedique una atención individual sino que se tenga en cuenta la actuación del alumno en los pequeños grupos y, en definitiva, se evalúen los procesos de solución seguidos por el alumno y no sólo sus resultados finales.

*Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)*

## Notas

\* Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid.

(1) El informe COCKROFT es un documento sobre la situación de las Matemáticas en Inglaterra y el País de Gales que resume el trabajo de una comisión durante tres años y que tiene en cuenta tanto aspectos didácticos como sociales u organizativos.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

### 3. La Solución De Problemas En Ciencias De La Naturaleza

*Juan Ignacio Pozo Municio \* Y Miguel Angel Gómez Crespo \*\**

La solución de problemas en los currículos de Ciencias de la Naturaleza. Los problemas escolares: diferencias con los problemas científicos y cotidianos. Tipos de problemas escolares. La enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas: del conocimiento cotidiano al científico.

#### La Solución De Problemas En Los Currículos De Ciencias De La Naturaleza

Una de las justificaciones más comunes para la inclusión de las Ciencias de la Naturaleza como una parte sustantiva del currículo de la Educación Obligatoria en todos los países suele ser la necesidad de proporcionar a los alumnos una cultura científica mínima, que les permita comprender no sólo el funcionamiento del mundo natural, sino también las implicaciones que los avances del conocimiento científico y tecnológico tienen para la vida social del ciudadano de a pie. Dado que vivimos en un mundo en el que los conocimientos y los procedimientos de las ciencias tienen una amplia difusión y una presencia casi permanente en nuestra vida cotidiana, parece necesario dotar a los futuros ciudadanos de un bagaje conceptual y metodológico que les permita ser partícipes de esos conocimientos.

La ciencia para todos se justifica parcialmente en la medida en que logre que los alumnos y futuros ciudadanos sean capaces de aplicar parte de sus aprendizajes escolares a entender no sólo los fenómenos naturales que les rodean, sino también los diseños y proyectos tecnológicos que la ciencia genera y que tienen muchas veces consecuencias sociales relevantes.

Las propuestas curriculares recogidas en la Reforma Educativa para el área de Ciencias de la Naturaleza no son ajenas a esta tendencia. En la Educación Primaria, las Ciencias de la Naturaleza quedan englobadas en el Conocimiento del Medio, donde se defiende como objetivo básico “identificar, plantearse y resolver interrogantes y problemas relacionados con elementos significativos de su entorno, utilizando estrategias progresivamente más sistemáticas y complejas de búsqueda, almacenamiento y tratamiento de la información, de formulación de conjeturas, de puesta a prueba de las mismas y de exploración de soluciones alternativas” (1). En el currículo de Educación Secundaria, ya específicamente de Ciencias de la Naturaleza, esta idea se hace aún más explícita cuando se requiere de los alumnos “elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época mediante el contraste y evaluación de informaciones obtenidas en distintas fuentes” o “aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la ciencia, en la resolución de problemas: identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación y realización de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados y comunicación de los mismos” (2).

Por consiguiente, un objetivo fundamental de la formación científica dentro de la Educación Obligatoria supondrá el que los alumnos sean capaces de enfrentarse a situaciones cotidianas, analizándolas e interpretándolas a través de los marcos conceptuales y también de los procedimientos propios de la ciencia.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

No es casual que esta vinculación entre el saber científico de los alumnos y el mundo cotidiano que les rodea se haga explícita en la solución de problemas. Fuera del formato académico de las actividades escolares, nuestras preguntas o inquietudes sobre el funcionamiento de la naturaleza o de la tecnología suelen aparecer en forma de problemas. Nos preguntamos por qué se forma escarcha en el frigorífico y cómo podemos evitarlo; si es cierto, como dice la gente, que no se deben tener plantas por la noche en el dormitorio; qué pasará si conectamos un secador de 220 voltios a un enchufe de 125 voltios o por qué motivo el proyector de transparencias nos da pequeñas descargas cuando lo tocamos y qué tenemos que hacer para que deje de producirlas. Cada una de estas preguntas se origina en una situación que reúne los requisitos de un problema, tal como se definió en el capítulo 1: existe un estado inicial o punto de partida sorprendente o indeseado (la escarcha, las pequeñas descargas, el secador inadecuado para la corriente disponible), existe un estado final o meta al que deseamos o necesitamos realmente llegar (poder utilizar las transparencias sin recibir descargas o secarnos el pelo) y carecemos de medios que nos lleven directamente a esa situación deseada (no estamos seguros de qué pasará si enchufamos el secador o si tocamos otra vez el proyector). La solución de cada uno de estos problemas implica, como indican los objetivos antes descritos, un proceso de búsqueda apoyado no sólo en conceptos científicos que permitan predecir y explicar esos fenómenos, sino también usar procedimientos de solución propios de una indagación científica. Así, descubriremos que el proyector da esas pequeñas descargas en el salón enmoquetado pero no en el aula de suelo de madera, que podemos evitarlas utilizando un bolígrafo u otro objeto metálico para señalar sobre el proyector, etc. El problema concluye cuando alcanzamos la meta deseada, aunque muchas veces no sepamos muy bien por qué y difícilmente podamos extraer conclusiones para otra situación análoga en el futuro.

Probablemente la lista de situaciones cotidianas que plantean problemas relacionados con el funcionamiento de la naturaleza y la tecnología sería casi interminable. Somos usuarios habituales de objetos y productos científicos, pero comprendemos o conocemos escasamente el funcionamiento de nuestro cuerpo, de las plantas y seres vivos que nos rodean, de los electrodomésticos que utilizamos a diario, etc. Como señala CLAXTON (1991), como consumidores de ciencia que somos, necesitamos ser capaces de resolver algunos de los problemas que el uso de la ciencia nos plantea. Sin embargo, hemos de reconocer que nuestra capacidad -no sólo la de nuestros alumnos- de resolver problemas cotidianos relacionados con la ciencia y la tecnología es bastante limitada. De hecho, podemos decir que en la mayor parte de los casos resolvemos los problemas cotidianos conectados con la ciencia por procedimientos poco "científicos". Es más, damos por resuelto el problema cuando alcanzamos una meta práctica (hacer funcionar el secador, evitar que se forme escarcha en el frigorífico) aunque no logremos explicar o comprender cómo la hemos alcanzado. En cierto sentido, los problemas cotidianos terminan donde empieza el problema científico.

¿A qué se debe ese uso tan limitado del conocimiento científico en la solución de problemas cotidianos? ¿Qué intervenciones educativas pueden ayudar a superar esa limitación? Sin duda, si queremos que los alumnos usen más, ahora y en el futuro, lo que aprenden sobre la ciencia en la solución de problemas cotidianos, debemos de conceder más importancia y significado a la solución de problemas en su formación científica. Como se comentaba en el capítulo 1, los estudios sobre aprendizaje han mostrado que cuanto mayor sea la similitud entre la situación de aprendizaje y la de recuperación del conocimiento, más probable es que el alumno o aprendiz



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

haga uso de un conocimiento adquirido. Por tanto, si pretendemos que los alumnos usen sus conocimientos para resolver problemas, será necesario enseñarles ciencias resolviendo problemas.

La solución de problemas es, de hecho, una actividad tradicional en las aulas de ciencias a todas las edades. Sin embargo, los problemas que se resuelven en el aula no parecen ser suficientes para asegurar la transferencia del conocimiento a situaciones cotidianas. La razón podemos encontrarla en lo que se entiende por problema en uno y otro contexto. Antes de pasar a analizar los procesos implicados en la solución de problemas científicos en el aula, conviene detenernos, por tanto, en los diferentes significados que el término “problema” adopta en contextos escolares, cotidianos y también científicos, ya que tal vez se trate de tareas bien diferentes desde el punto de vista de quien las resuelve. ¿Los científicos, cuando están resolviendo un problema, lo hacen a través de los mismos procesos mediante los que los alumnos resuelven sus problemas escolares? ¿Y son estos procesos similares a los que se requieren para resolver problemas cotidianos relacionados con la ciencia y la tecnología?

## Los Problemas Escolares: Diferencias Con Los Problemas Científicos Y Cotidianos

Tal vez sea útil partir de un ejemplo que nos enmarque las características de cada uno de estos tipos de problemas. Tomemos el caso del movimiento de un cuerpo sometido a la acción de la gravedad: el tiro de proyectiles.

**Problema escolar.** En la escuela, el estudio del movimiento de un proyectil resulta un problema relativamente complejo y queda relegado, por lo general, a los últimos cursos de la Enseñanza Secundaria. Un ejemplo de problema escolar podría ser: “Si dejamos rodar una bola sobre la superficie de la mesa, al llegar a su extremo caerá, alcanzando el suelo a una cierta distancia de la mesa. Determina la relación que existe entre la altura de la mesa y la distancia que recorre la bola antes de llegar al suelo”.

**Problema científico.** Determinar las leyes que rigen este tipo de movimiento fue en su tiempo un verdadero problema científico. De hecho, constituye una de las historias más estudiadas por los epistemólogos y metodólogos de la ciencia, no sólo por estar vinculada al desarrollo de la mecánica newtoniana, sino porque en torno a ella tuvieron lugar algunos de los cambios más relevantes de la “revolución metodológica” vinculada al origen de la ciencia moderna. Hoy en día el problema puede ser tecnológico; por ejemplo, cómo gobernar con precisión el movimiento de un electrón (sometido a la acción de campos eléctricos y magnéticos) dentro del tubo de rayos catódicos de un televisor.

**Problema cotidiano.** Mientras que, como ya hemos dicho, en la escuela, el movimiento de un proyectil es un problema que suele dejarse para los últimos años de Secundaria, en la vida cotidiana resulta un problema bastante corriente para cualquier niño de ocho años, por ejemplo. Muchos niños de esta edad, incluso menores, se enfrentan al problema de acertar con un arco y una flecha, con una pistola de juguete o con una piedra a una lata de refrescos. O, cómo no, un problema habitual a muchas edades: tratar de encestar un balón en una canasta de baloncesto. Debido a la poca velocidad inicial, el proyectil describe una trayectoria parabólica bastante cerrada, lo que hace que resulte bastante difícil encestar.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Obviamente, en los tres casos nos encontramos con situaciones o “problemas” aparentemente similares, pero cuyo tratamiento y desarrollo es bien diferente. Comencemos por analizar el que supuestamente es el caso más conocido: la solución de problemas científicos. ¿Cómo resuelve la ciencia sus problemas? Son muchos los autores que sostienen que lo que caracteriza al discurso científico -y lo diferencia de otros sistemas de conocimiento complejos, como el arte y la religión- es precisamente su recurso a un método propio para la solución de sus problemas, el llamado “método científico” (una brillante argumentación de este carácter esencial del método para la ciencia puede encontrarse en WAGENSBERG, 1993). Si en algo se diferencia una solución científica de otras soluciones es en la forma en que es obtenida. Las leyes explicativas del movimiento y caída de los objetos postuladas por los científicos son sometidas a un diálogo con la realidad basado en la realización de experimentos, es decir, actividades programadas de modo deliberado para contrastar, de la forma más objetiva y rigurosa posible, la validez de los modelos propuestos. De modo forzosamente idealizado, el método de la ciencia suele reducirse a las siguientes fases:

a) Observación de la naturaleza y planteamiento del problema (¿Por qué ocurren las cosas?). La labor científica se origina en la toma de conciencia de que se desconoce algo que se necesita explicar. Hay una necesidad de encontrar respuesta a una pregunta determinada por motivos teóricos, académicos, tecnológicos, económicos, políticos, etc.

b) Formulación de hipótesis. Una vez definido el problema, los científicos, basándose en las leyes y modelos aceptados por la comunidad científica, formulan hipótesis sobre las posibles soluciones al problema y elaboran un plan para someter a prueba la validez de dichas hipótesis.

c) Diseño de experimentos y ejecución de los mismos. El científico diseña experiencias que le permitan discriminar entre las distintas hipótesis formuladas. Para ello recurre al aislamiento y control de las posibles variables intervinientes, creando normalmente unas condiciones idealizadas, en el laboratorio, que permitan una réplica exacta de las condiciones experimentales por otros investigadores. Igualmente se realizan mediciones lo más precisas posible de los resultados obtenidos para incrementar la objetividad de los mismos.

d) Contrastación de las hipótesis a partir de los resultados obtenidos. Cuando los resultados no se ajustan a lo previsto por las hipótesis previamente formuladas, es necesario reflexionar sobre las mismas, buscando explicaciones que justifiquen ese desajuste y, en su caso, buscando otras hipótesis alternativas y abandonando las anteriores.

Estas fases representan una aproximación idealizada a la forma del trabajo científico. Obviamente, el desarrollo de este método en el contexto de una investigación determinada puede sufrir variaciones. Existen restricciones a las manipulaciones experimentales posibles, ya sea por razones éticas (por ejemplo, en investigación médica o genética), de imposibilidad material (como en astronomía o en geología) o de otra naturaleza. Además, los procedimientos técnicos necesarios para realizar las observaciones, los controles experimentales o las mediciones de resultados difieren considerablemente no sólo de una ciencia a otra, sino, con el desarrollo tecnológico, de una época a otra. Los problemas actuales sobre los movimientos de los electrones en un tubo de rayos catódicos eran inaccesibles para los estudiosos de la mecánica hace un siglo, ya que los procedimientos disponibles no les permitían entonces abordarlos.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Pero más allá de esta evolución y de esas diferencias se supone que desde el siglo XVII la ciencia sigue teniendo un método propio. De hecho, este método consiste en una estrategia de resolución de problemas. Si comparamos las fases del método científico con las fases de la solución de un problema propuestas por POLYA (1945; véase el capítulo 1) encontramos un notable paralelismo: reconocimiento y definición del problema; elaboración de una estrategia; aplicación de la misma; evaluación de los resultados (véase la tabla 3.1.).

Lo característico del método científico es, en primer lugar, la estrategia mediante la que resuelve los problemas, basada fundamentalmente en la formulación de hipótesis derivadas de modelos teóricos, la experimentación y las medidas cuantitativas. Pero también es propio y característico de la ciencia la forma en que este método se usa para resolver problemas. Lo propio de la ciencia es que diseña o elabora sus propios problemas. En otras palabras, el método científico no es sólo una forma de resolver problemas sino también de plantearlos. Aparte de servir para responder, se utiliza sobre todo para preguntar. La ciencia genera o elabora sus propios problemas, sus experimentos, consistentes normalmente en escenarios idealizados. Pero, además de generar de modo deliberado sus propios problemas, la ciencia lo hace con un propósito característico. No se trata tanto de conocer la realidad -cómo suceden las cosas- sino de conocer el grado de precisión de los modelos diseñados para interpretarla o representarla. En otras palabras, la ciencia no resuelve problemas reales, sino teóricos. No interroga a la realidad sino a sus propios modelos. En ello el conocimiento científico va a diferir considerablemente del conocimiento personal o cotidiano de los alumnos, al que nos referiremos más adelante.

Ahora bien, si la ciencia tiene una forma tan característica de actuar, cuya historia puede rastrearse (una fuente excelente para profesores es CHALMERS, 1976), un corolario educativo inmediato es que para enseñar a los alumnos a resolver problemas científicos habrá que indicarles el método de resolución de problemas propio de la ciencia. De hecho, no hay currículo de ciencias que no incluya de una u otra forma la enseñanza del método científico como uno de sus objetivos. Precisamente, los nuevos currículos de ciencias hacen referencia explícita al dominio del método científico, que debe introducirse progresivamente en la Educación Primaria a través del Conocimiento del Medio, para consolidarse y perfeccionarse como estrategias autónomas en el área de Ciencias de la Naturaleza en la ESO.

TABLA 3.1 FASES DEL MÉTODO CIENTÍFICO COMO SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	
Fases del método científico	Fases de la solución de un problema (según POLYA)
1. Observación y planteamiento del problema.	1. Comprensión del problema.
2. Formulación de hipótesis.	2. Concepción de un plan.
3. Diseño y ejecución de experimentos.	3. Ejecución del plan.
4. Contrastación de hipótesis.	4. Examen de la solución obtenida.

Sin embargo, la inclusión del “método científico” como un contenido más, aunque sea procedimental, no asegura en sí misma que los alumnos vayan a enfrentarse de un modo científico ni a los problemas cotidianos ni a los escolares. De hecho, cuando el llamado “método científico” se traslada al

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

aula como estrategia para resolver problemas escolares suele hacerse de un modo característico, que difiere notablemente del modo en que los propios científicos emplean ese mismo método. En definitiva, el contexto escolar difiere en aspectos muy importantes del contexto de investigación científica, por lo que los problemas que se plantean en uno y otro son también diferentes.

En primer lugar, se presenta a los alumnos el “método científico” como una secuencia cerrada, una serie de pasos necesarios y suficientes para alcanzar un resultado. Esta concepción rígida del método científico difiere considerablemente de la forma en que los propios científicos lo aplican. Aunque la mayor parte de ellos estarían de acuerdo en que sus diseños se apoyan en los cuatro pasos mencionados, lo cierto es que las investigaciones concretas que hacen se alejan bastante de ese modelo idealizado. Como es sabido, los historiadores y filósofos de la ciencia han puesto en duda el carácter normativo de ese modelo, relativizando la importancia de sus aspectos formales o metodológicos. Así, se pone en duda que la investigación científica tenga por finalidad esencial la falsación o puesta a prueba de las hipótesis, la objetividad de la observación científica o el propio significado de los experimentos (por ejemplo, HANSON, 1958; LAKATOS, 1978).

En general, tiende a enfatizarse que la observación, la experimentación y la interpretación de los datos están desde el primer momento cargadas de teoría y que el “método científico” no es un procedimiento formal suficiente para la solución de cualquier problema. La investigación científica se apoya sobre todo en la elaboración de modelos teóricos para interpretar los hechos de la naturaleza. El método no es sino un instrumento útil para afinar esos modelos. Lo que hizo avanzar la mecánica, hasta formular los modelos teóricos que conocemos para predecir y explicar el movimiento de los proyectiles no fue tanto la realización de determinados experimentos cuanto la elaboración de modelos teóricos que daban sentido a esos experimentos. Según LAKATOS (1978), no son los experimentos lo que ha hecho cambiar las teorías científicas, sino la aparición de otros modelos teóricos alternativos.

Sin embargo, en la enseñanza del método científico suele haber una vulgarización y mecanización del experimento, convirtiendo la ciencia en un sinónimo de actividad de laboratorio. Esta identificación entre ciencia y experimento de laboratorio es uno de los rasgos que identifican la imagen social de la ciencia. La historia de la Mecánica está asociada para muchas personas a la caída de la manzana de Newton o a la falsa experiencia de Galileo en la torre de Pisa. Igualmente, cada vez que se habla en televisión de ciencia, se ilustra con imágenes de un científico, con bata blanca, rodeado de probetas y aparatos electrónicos.

De este modo, se entiende que la aplicación del método científico, en lugar de ser un medio que debe usarse de modo flexible o estratégico para resolver un problema, es un fin en sí mismo; aplicar el método científico, siguiendo fielmente los cuatro pasos instruidos, es hacer ciencia. Sin embargo, esa aplicación escolar del método científico muchas veces no pasa de ser una mera caricatura de la propia investigación científica, consistente en replicar, en una actividad de laboratorio, o en un trabajo práctico, la secuencia de pasos, pero sin el contenido o el significado teórico de la propia investigación científica. Retomando el ejemplo anterior sobre el problema escolar relativo a la caída de proyectiles podemos ver sus diferencias con un verdadero problema científico.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

De acuerdo con los modelos de solución de problemas, el primer paso sería la recogida de información y el reconocimiento del problema. Ahora bien, frente a lo que ocurre en el trabajo científico, aquí los datos y la información los proporciona el profesor, un libro o ambos a la vez. El alumno, por lo general, no “encuentra” un problema que “sienta la necesidad” de resolver, sino que “le plantean” un problema que “debe” resolver. Cuando le presentamos el problema citado y le describimos la bola que rueda por la mesa, ¿reconoce el alumno ese problema como suyo? ¿Qué significado y qué sentido tienen para él la relación entre altura y distancia de caída? Aunque el alumno se implique en la realización de la tarea, su motivación es bien distinta de la que guía la actividad de un científico. De hecho, podríamos decir que en buena parte de las situaciones escolares, el alumno se enfrenta a un “pseudo-problema”, ya que no se siente implicado en su solución, de forma que el resultado obtenido le resulta indiferente, teniendo poco significado para él y desde luego ningún sentido. La necesidad que tiene el alumno para resolver el problema es satisfacer una demanda escolar, no una inquietud intelectual.

Con respecto a la formulación de hipótesis y al desarrollo de estrategias de resolución, las condiciones en que se encuentra un estudiante son bastante cerradas. El contexto en que se plantea y el propio enunciado del problema, por muy abierto que sea, suelen eliminar muchas de las posibilidades de formulación de hipótesis. La pregunta focaliza la atención del alumno sobre la relación entre altura y distancia, relegando otros posibles factores. Como veremos, esto no es negativo en sí mismo, simplemente es diferente a lo que ocurre en el trabajo científico, donde las restricciones a la tarea vienen impuestas por el propio marco teórico en que se mueve el experimentador. Lo mismo ocurre con las estrategias de resolución del problema. Cuando el alumno, en el ejemplo que estamos utilizando, debe diseñar un experimento para estudiar el comportamiento de la bola, dispone de poco tiempo y de un instrumental limitado que tan sólo le permite realizar medidas aproximadas, lo que también elimina muchas de las hipótesis posibles.

Otra de las diferencias entre el trabajo escolar y el trabajo científico reside en los procedimientos de comprobación de hipótesis. En ocasiones, los estudiantes tienen pocas oportunidades de comprobar realmente sus hipótesis. En muchos trabajos experimentales, la magnitud de los errores de medida hace difícil la distinción entre dos hipótesis que no sean radicalmente opuestas. Esto hace que la única posibilidad de comprobación, como ocurre en la mayoría de los problemas de lápiz y papel, sea recurrir a los libros o al profesor. Lo que además de marcar una importante diferencia con el trabajo científico, confiere una gran importancia a la labor del profesor en el aprendizaje de los alumnos. Pero, cuando los alumnos pueden realizar experiencias para, por ejemplo, establecer la relación entre altura y distancia de caída de un proyectil, las tareas escolares suelen diferir de las científicas en la finalidad de esas experiencias. Los experimentos tienen, en el ámbito de la ciencia, la función de poner a prueba las hipótesis; para los alumnos suelen servir más bien para demostrar una teoría o un postulado.

En otras palabras, en muchos casos, las actividades prácticas o de laboratorio sirven para ilustrar o ejemplificar un determinado modelo teórico, no para ponerlo en duda. De esta forma, el resultado de las mismas está de algún modo prefijado. Son tareas más bien cerradas, en las que el método científico pasa a ser una rutina que debe conducir necesariamente a un determinado resultado. Con ello se vulnera si no la letra, sí el espíritu de lo que es la investigación científica como proceso de resolución de problemas, convirtiendo estas actividades más en ejercicios cerrados que en problemas verdaderamente abiertos.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

En este punto los problemas escolares suelen ser diferentes de la actividad científica como tal, y también de los propios problemas personales que los alumnos afrontan en su vida cotidiana. Al contrario de lo que ocurre con los problemas escolares, los de la vida cotidiana sí pueden ser asumidos siempre por los sujetos como “sus problemas”, con sus correspondientes consecuencias en cuanto a la motivación y la necesidad de resolverlos. En los ejemplos citados anteriormente, no queda duda de que el niño “necesita” alcanzar la lata o encestar en la canasta y, por tanto, resolver su problema. Existe, por consiguiente, una necesidad de alcanzar un determinado resultado en una situación relativamente abierta. Pero el resultado que satisface o “resuelve” un problema cotidiano es bien distinto del que se busca en una investigación científica.

Lo que el niño pretende al lanzar el balón a canasta es, utilizando la terminología de PIAGET (1974), tener éxito, lograr que el balón entre a canasta el mayor número de veces posible, de modo que si descubre o aprende un procedimiento eficaz para obtener ese éxito tenderá a reproducirlo, convirtiendo la tarea en un mero ejercicio. En cambio, la resolución de problemas científicos tiene por finalidad no tanto obtener éxito como comprender por qué se produce ese éxito. No basta con alcanzar un resultado práctico, es preciso darle significado teórico para ser capaz de generalizarlo como un principio aplicable a nuevas situaciones.

Esta comprensión implica una reflexión sobre los resultados que suele estar ausente en la solución de problemas cotidianos. Volviendo a un ejemplo planteado al comienzo de este capítulo, si descubrimos que podemos evitar las pequeñas descargas eléctricas del proyector de transparencias usando un objeto metálico para señalar, nuestro problema queda resuelto. Posiblemente quedemos intrigados con el extraño y desagradable comportamiento del proyector, pero en la medida en que hemos tenido éxito, el problema está resuelto. En cambio, si actuáramos científicamente, ese resultado no terminaría la investigación, sino que, al contrario, sería el punto de inicio de nuevas indagaciones. ¿Por qué sucede eso con un objeto metálico? ¿Sucederá también con un lápiz de madera? Deberíamos seguir no sólo experimentando sino también haciéndonos preguntas hasta descubrir una explicación congruente con todo lo observado.

En los problemas corrientes esto no sucede, porque el conocimiento cotidiano suele estar más orientado hacia el éxito que hacia la explicación. En este sentido, muchas veces implica encontrar procedimientos eficaces, aunque ignoremos por qué funcionan. Tenemos trucos para hacer que el molinillo de café estropeado siga funcionando o para fusionar párrafos mediante el procesador de textos, pero no sabemos por qué funcionan. Este conocimiento práctico, de naturaleza en gran medida procedimental -con todos los rasgos que ello implica (véase el capítulo 5)-, es muy útil en situaciones similares, o sea ejercicios, pero se generaliza difícilmente a problemas nuevos. ¿Servirá ese mismo truco para hacer funcionar el tostador de pan estropeado? ¿Podemos fundir referencias bibliográficas en la base de datos como hacemos con el procesador de textos? ¿Me dará una descarga el proyector ahora que está apagado?

Como en otros muchos aspectos, la solución de problemas escolares se halla en este punto a medio camino entre los problemas científicos y los cotidianos. Aunque se trata supuestamente de investigación científica realizada en el aula, el alumno, por su motivación, sus actitudes y sus conocimientos previos, suele estar más orientado hacia la obtención de resultados concretos (el éxito) que hacia su significado (la comprensión). A ello también contribuye sin duda la forma en

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

que es evaluado su rendimiento. Como veremos en el último apartado, la evaluación de la solución de problemas debe estar más dirigida hacia el proceso de solución seguido por el alumno que hacia el resultado obtenido. De lo contrario, la naturaleza abierta o divergente de la solución de problemas quedará diluida en las exigencias de un sistema de evaluación centrado en el producto final.

La diferencia existente en el objetivo de la solución de problemas cotidianos y científicos alcanza también a los procesos que se ponen en marcha para resolver los problemas. En nuestra actividad cotidiana la solución de problemas es un proceso menos reflexivo y, por tanto, menos guiado por hipótesis. Aunque obviamente activamos conocimientos y esquemas para interpretar los fenómenos naturales y tecnológicos que nos rodean, esos conocimientos no funcionan como hipótesis explícitamente defendidas, sino más bien como ideas implícitas, con lo que su papel en la solución de problemas es bien diferente (véase al respecto el próximo apartado). Observando a un niño de 8 años tratando de dar a una lata con su pistola de juguete, vemos que primero apunta a la lata y comprueba que el proyectil queda corto. Después, realiza varios intentos con distintas inclinaciones, más arriba o más abajo, hasta que consigue dar en el blanco. Sus intentos están guiados por un modelo implícito sobre el movimiento y caída de los objetos, pero no puede decirse que ese modelo actúe como una hipótesis científica. Al no ser consciente, es mucho más difícil establecer su conexión con los datos y experiencias observados. Como ha mostrado la abundante investigación sobre las ideas o concepciones previas de los alumnos sobre la ciencia, a las que nos referiremos en el próximo apartado, es frecuente que ante los problemas escolares los alumnos se comporten de modo similar a las situaciones cotidianas, activando difusos modelos implícitos, que les permiten predecir muchos fenómenos -por ejemplo, el rebote de un balón de baloncesto en el tablero- pero no explicarlos. De esta forma es más difícil percibir las anomalías o insuficiencias del propio conocimiento. Sin embargo, las tareas o problemas científicos tienen por finalidad precisamente hacer más ostensibles esas anomalías.

Una última diferencia entre la solución de problemas cotidianos relacionados con la ciencia y la investigación científica está relacionada con los propios procedimientos de indagación utilizados en uno y otro caso. La ciencia se basa en un razonamiento lo más sistemático, riguroso y objetivo posible. Para ello, como hemos visto, se diseñan escenarios ideales, sobre los que se realizan controles y mediciones precisas y rigurosas. Frente a ello, la solución de problemas cotidianos recurre más bien al análisis de casos que a la experimentación. Por ejemplo, si tenemos un problema de salud que queremos resolver -por ejemplo, mareos- analizaremos situaciones anteriores en que se produjo y qué cosas fueron eficaces para superarlos, pero no es probable que realicemos ningún experimento para comprobar nuestras conjeturas. Además, no solemos utilizar mediciones ni controles rigurosos, sino meras aproximaciones cualitativas. El niño que intenta encestar el balón, en el mejor de los casos, si no actúa por ensayo y error, va ajustando de modo aproximado sus movimientos y esfuerzos en función del resultado de los mismos, pero es improbable que realice mediciones, ni siquiera que haga un registro cuantitativo, de sus intentos. Nuevamente los problemas escolares suelen demandar de los alumnos que actúen de modo científico cuando ellos, de forma espontánea, tienden a un acercamiento cotidiano al que están más habituados.

Con estos rasgos diferenciales no es extraño que los alumnos no apliquen los conocimientos científicos a la solución de problemas cotidianos para los que serían relevantes. Están acostumbrados a que los problemas científicos vengan “empaquetados” en un formato muy

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

diferente. Como señala CLAXTON (1991), es necesario tender un puente entre la ciencia y el conocimiento cotidiano, pero la distancia es tan grande que resulta ingenuo suponer que ese trayecto será fácilmente recorrido por los alumnos. Sin duda, los problemas escolares, que en más de un aspecto se hallan a medio camino entre estos dos extremos, pueden y deben servir para construir ese puente. Pero para ello deben apoyarse en las dos orillas y saber que, aunque es un puente de dos direcciones, los alumnos están inicialmente situados en una de las orillas y deben cruzar a la otra. En su formato habitual, los problemas escolares muchas veces dan por supuesto que el alumno ya está en la orilla de la ciencia, que le interesa ésta y que quiere resolver los problemas de la ciencia. Para un alumno no interesado por la ciencia, que no está sintonizado con su discurso y sus modos de hacer, los problemas escolares constituyen actividades artificiosas, cuando no esotéricas, que en el mejor de los casos pueden llegar a ser curiosas o intrigantes, pero que difícilmente encajan con lo que, según la definición planteada en el capítulo 1, es un problema.

El diseño y planificación de los problemas escolares debe basarse en la convicción de que los alumnos se hallan más cerca del saber cotidiano, que sus problemas no son los de la ciencia, y partiendo de su saber y de sus problemas, generar escenarios que les ayuden progresivamente, a lo largo de la Educación Primaria y Secundaria, a cruzar ese puente. En otro de sus libros, CLAXTON (1984) afirma que motivar es cambiar las prioridades de una persona. En el sentido etimológico de la motivación –“moverse hacia”- para que los alumnos se enfrenten a problemas científicos como verdaderos problemas hay que cambiar antes sus prioridades. Ello implica no sólo cambios en los procedimientos disponibles, sino también en sus conocimientos conceptuales y en sus actitudes. En el marco del cambio curricular, un elemento esencial para ayudar a los alumnos a cruzar ese puente es el diseño de tareas o problemas escolares, concebidos no como una emulación o una aproximación forzada a la investigación científica sino como un modo de ayudar a los alumnos a adquirir hábitos y estrategias de solución de problemas más cercanos a los de la ciencia, así como a discriminar los contextos y tareas en los que esos métodos resultan más eficaces que una aproximación cotidiana.

En lo que resta de capítulo, nos centraremos en analizar los tipos de problemas escolares que pueden plantearse, destacando no sólo sus características y las dificultades de aprendizaje con que se enfrentan, sino también algunos criterios para hacer más eficaz la enseñanza y evaluación de la solución de problemas.

## Tipos De Problemas Escolares

Anteriormente hemos hecho distinción entre tres tipos de problemas de ciencias: los problemas científicos, los problemas de la vida cotidiana y los problemas escolares. Estos últimos, los problemas escolares, se encontrarían a mitad de camino, en muchos aspectos, entre los otros dos tipos y su objetivo sería generar en los alumnos conceptos, procedimientos y actitudes propios de la ciencia que les sirvieran no sólo para abordar los problemas escolares sino también para comprender y resolver mejor las preguntas que fueran capaces de plantearse con respecto al funcionamiento de la naturaleza y de la tecnología en su mundo cotidiano.



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Centrándonos en el contexto escolar y en los problemas que se plantean en las clases de ciencias, podemos tratar de estudiar y clasificar los tipos de problemas que pueden presentarse en un aula de ciencias a los alumnos. Existen varias clasificaciones posibles desde el punto de vista de la estructura del problema o de los requisitos necesarios para su solución (por ejemplo, CAAMAÑO y ALBADALEJO, 1992): problemas abiertos y cerrados; problemas bien y mal definidos; ejercicios y verdaderos problemas; problemas de lápiz y papel y problemas prácticos, etc. Teniendo en cuenta la forma en que se trabajan en el aula y sus objetivos educativos en el contexto del currículo de Conocimiento del Medio Natural, resulta útil clasificarlos en problemas cualitativos, problemas cuantitativos y pequeñas investigaciones. Esta distinción ayuda a entender la naturaleza de los distintos tipos de problemas planteados en el aula, aunque no siempre esté clara la distinción entre ellos y, de hecho, en algunas tareas, especialmente las más complejas, requieran de la solución de todos estos tipos de problemas (por ejemplo, una pequeña investigación puede requerir algún análisis cualitativo previo y algún tipo de cuantificación).

### *Problemas cualitativos*

Denominamos problemas cualitativos a aquellos que el alumno debe resolver por medio de razonamientos teóricos, basándose en sus conocimientos, sin necesidad de apoyarse en cálculos numéricos y que no requieren para su solución la realización de experiencias o manipulaciones experimentales. Son, en general, problemas abiertos en los que se debe predecir o explicar un hecho, analizar situaciones cotidianas o científicas e interpretarlas a partir de los conocimientos personales y/o del marco conceptual que proporciona la ciencia. El cuadro 3.1 presenta tres ejemplos de problemas cualitativos, indicando las edades para las que serían adecuados.

#### CUADRO 3.1. EJEMPLOS DE PROBLEMAS CUALITATIVOS

1. Explica razonadamente por qué la ropa se seca más rápidamente en los días en que hace aire que en los días en que no lo hace (varias edades).
2. Si tomamos una maceta (recién regada) con una planta, envolvemos el tallo y las hojas con una bolsa de plástico y la ponemos al sol, al cabo de unas horas observamos que el plástico se ha empañado y en el interior se han formado pequeñas gotas de agua. ¿Por qué crees que aparece el agua? ¿De dónde proceden el agua y el vapor? (11 años). (Adaptado de MELCHOR, BELLOD y ARA, 1992).
3. Todos sabemos cómo funciona un termómetro: cuando aumenta la temperatura, sube el nivel del mercurio. ¿Por qué creéis que ocurre esto? ¿Qué otras maneras de medir la temperatura se os ocurren? (11-12 años).

El objetivo principal de estas cuestiones es que el alumno relacione los conceptos científicos con fenómenos más o menos cotidianos. Para ello debe buscar y establecer dicha relación, recurriendo a sus conocimientos previos, vinculándolos con la información que recibe y formulando las hipótesis correspondientes. Por ejemplo, en el problema número 2, el alumno puede buscar posibles explicaciones para la aparición del agua en el plástico, para lo cual partirá de sus

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

conocimientos previos, que deberá poner en cuestión (por ejemplo, es agua del riego que sube a través del tallo: es el «sudor de la planta», concebido de modo semejante a la función fisiológica de los humanos; es agua que ha entrado a través del plástico, etc.).

Entre las ventajas de este tipo de problemas debemos citar que suelen ser un buen instrumento para que el alumno trabaje los conceptos científicos, sea consciente de cuáles son sus ideas y discuta con los compañeros. Además, muchos de ellos, en la medida en que pueden plantearse de un modo bastante abierto, resultan adecuados tanto para el trabajo con alumnos de distintas edades como para el trabajo en una misma clase con alumnos de conocimientos y habilidades distintos. Las diferencias en las formas de abordar el problema y en las soluciones, en cada caso, vendrán dadas por el propio nivel de los alumnos y las expectativas y objetivos del profesor. Así, la cuestión 1 (que hace referencia al secado de la ropa) puede utilizarse, por ejemplo, con alumnos de 12 años centrando el problema en el papel del aire en la evaporación del agua, o con alumnos de 15-16 años buscando soluciones desde la teoría cinético-molecular de la materia. Además, se trata de un recurso muy útil para generar problemas en áreas en las que es difícil, si no imposible, presentar a los alumnos escenarios en los que puedan manipular experimentalmente las variables existentes. Son actividades muy útiles para introducir al alumno en un ámbito de reflexión o un tema nuevo y que pueden después complementarse con otro tipo de actividades didácticas, como problemas de otra naturaleza, exposiciones teóricas, debates, etc.

Una de las principales dificultades para el uso didáctico de este tipo de situaciones es que, en general, se trata de problemas con un carácter muy abierto, a veces con enunciado ambiguo y que pueden resolverse desde muchos puntos de vista (lo que en el fondo, según lo que busquemos, puede resultar también una ventaja). Esto hace que, en ocasiones, los alumnos “se queden en blanco”, no sepan cómo abordarlos o la pregunta les resulte tan vaga que no reconozcan el problema.

Por ello, requieren de una definición muy clara de los objetivos del problema antes de su planteamiento a los alumnos, así como de una cuidadosa labor de apoyo a éstos durante su resolución, unas veces cerrando más el problema mediante nuevas preguntas, otras ayudando al alumno a reconocer qué es lo que se le pregunta, otras sugiriendo analogías que permitan una mejor comprensión, otras proporcionando información complementaria que permita valorar las hipótesis que puedan ir surgiendo en las discusiones de los alumnos, etc.

Esta ayuda pedagógica, graduada de modo diferencial para alumnos con necesidades distintas, requerirá un material de apoyo que enriquezca el proceso de solución. En general, la labor del profesor en una enseñanza basada en la solución de problemas es más compleja, diversificada y sutil que en una enseñanza expositiva tradicional, pero esta mayor complejidad es especialmente notable en el caso de los problemas cualitativos.

### *Problemas cuantitativos*

Entendemos por problema cuantitativo aquel en el que el alumno debe manipular datos numéricos y trabajar con ellos para alcanzar una solución, tanto si ésta es numérica como si no lo es. Son problemas en los que la información que se recibe es sobre todo cuantitativa, aunque el resultado pueda no serlo. Por ello, la estrategia de resolución va a estar fundamentalmente basada en los

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

cálculos matemáticos, en la comparación de datos y en la utilización de fórmulas. El cuadro 3.2, p. 104, presenta algunos ejemplos de este tipo de problemas.

Cada una de las actividades tiene sus propios requisitos. Unas implican resultados numéricos, como la actividad 1, en la que el alumno debe, en primer lugar, reconocer que tiene que calcular el volumen del recipiente y relacionarlo con el volumen de agua, para terminar dando un resultado numérico después de efectuar el correspondiente cambio de unidades. Otras requieren una predicción, como la actividad 3, aunque para ello se deba calcular en primer lugar cuál es la presión a los 40 segundos. También pueden establecerse diferencias en la forma de obtener los datos: mientras los problemas 1 y 2 proporcionan explícitamente todos los datos necesarios, el problema 3 proporciona un exceso de datos que el alumno, además, debe leer en una tabla. En otras ocasiones, el enunciado del problema puede no proporcionar todos los datos necesarios y el alumno debe, por tanto, buscarlos en otra fuente de información. Este último caso podría ilustrarse con el ejemplo número 2, en el que, si no se proporcionara el valor de la velocidad del sonido, el alumno tendría que recurrir a otras fuentes (por ejemplo, un libro) para obtener los datos necesarios y poder encontrar la solución.

CUADRO 3.2. EJEMPLOS DE PROBLEMAS CUANTITATIVOS

1. ¿Cuántos litros de agua caben en un cubo hueco de 20 centímetros de arista? (11 años).
2. En una tormenta observamos que el tiempo transcurrido desde que se ve el rayo hasta que se oye el trueno es de 10 segundos. ¿A cuántos kilómetros se encuentra la tormenta del observador, sabiendo que la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s? (13 años).
3. Un depósito cerrado contiene aire a la presión atmosférica. Sus gruesas paredes pueden soportar presiones elevadas, pero no superiores a las 20 atm. Mediante una bomba adecuada se inyecta aire uniformemente con lo que la presión en el interior aumenta según la siguiente tabla:

t (seg)	0	1	2	3	4	5	6	7
P (atm)	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5

Si la bomba funciona durante 40 segundos, ¿podrán aguantar las paredes del depósito? Determina la ley que relaciona el tiempo con la presión y exprésala en lenguaje científico (15 años).

Tradicionalmente, por diferentes causas que no podemos analizar aquí, este tipo de problemas ha sido el más utilizado en el contexto del aula de ciencias. A pesar de este abuso, estos problemas pueden ser útiles a la hora de alcanzar objetivos concretos como, por ejemplo, ayudar al alumno a comprender los conceptos científicos por medio de la aplicación a los cálculos de determinadas magnitudes; permitir el aprendizaje de destrezas, técnicas y algoritmos básicos para la aplicación de la ciencia a problemas concretos; familiarizar al alumno con la importancia de la medida, la precisión, las magnitudes y las unidades en que se miden, etc.

La utilización de los problemas numéricos tiene diversas ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas debemos citar que son un buen instrumento para alcanzar los objetivos señalados en el párrafo anterior. En general, son un medio de entrenamiento que, al familiarizar a los alumnos con el manejo de una serie de técnicas y algoritmos, les ayuda y les dota de los instrumentos

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

necesarios para abordar problemas más complejos y difíciles. La cuantificación, a su vez, permite establecer relaciones sencillas entre las diversas magnitudes científicas, lo que facilita la comprensión de las leyes de la naturaleza.

Pero, como hemos dicho, este tipo de problemas también tiene sus inconvenientes. Uno de los principales radica en el hecho de que en los problemas cuantitativos aparecen juntos y, en bastantes ocasiones, superpuestos el problema matemático y el científico. ¿Dónde está la frontera entre ellos? ¿Dónde termina uno y dónde empieza el otro? Son preguntas que no siempre resultan fáciles de contestar, que en ocasiones los profesores tampoco tenemos en cuenta y que, por supuesto, los estudiantes están lejos de plantearse cuando resuelven un problema. De hecho, resulta bastante habitual ver cómo los alumnos consideran que el problema está terminado cuando obtienen un número (solución matemática), sin pararse a analizar el significado de ese número dentro del contexto científico en el que se encuentra encuadrado el problema (solución científica). El peligro es que las dificultades matemáticas (tratadas en el capítulo 2) enmascaren el problema de ciencias, que el alumno, y a veces el propio profesor, perciba y evalúe el problema como una tarea esencialmente matemática. Ante estos problemas es preciso preguntarse si la cuantificación debe ser un medio para aprender ciencias o un fin en sí mismo.

En otras palabras, ¿qué pretendemos enseñando a resolver problemas numéricos: enseñar ciencias, enseñar a calcular determinados datos o enseñar a resolver problemas en general? Parece que, sin olvidar la necesaria coordinación con el aprendizaje y solución de problemas en Matemáticas, la cuantificación en los problemas de ciencias es un medio para facilitar la comprensión y la aproximación a los conceptos científicos, pero no el fin del problema. Si queremos enseñar ciencias y a resolver problemas de ciencias debemos tener en cuenta que los datos numéricos y las fórmulas son un mero instrumento de trabajo que nos ayuda a encontrar el sentido del problema y su solución. En definitiva, más allá de los números es donde está el sentido. Sólo si los profesores estamos convencidos de ello y actuamos en consecuencia, los alumnos comenzarán a percibir en los problemas cuantitativos algo más que problemas matemáticos.

Otro de los inconvenientes que tienen los problemas cuantitativos es su utilización masiva e indiscriminada en el aula. Por ejemplo, en Física y Química, durante mucho tiempo se han utilizado como único instrumento de aprendizaje; por ello, es normal encontrar numerosos libros de texto en los que apenas aparecen otro tipo de actividades para el alumno. Este abuso lleva a que, en la mayoría de los casos, las actividades propuestas ni siquiera lleguen a ser verdaderos problemas, sino simples ejercicios -por otra parte, también necesarios para el aprendizaje, pero no en cantidades tan masivas ni como un fin en sí mismos (véase el capítulo 5)- en los que el alumno se limita a repetir determinados algoritmos sobreaprendidos.

### *Pequeñas investigaciones*

Denominamos pequeñas investigaciones a aquellos trabajos en los que el alumno debe obtener las respuestas a un problema por medio de un trabajo práctico (tanto en el laboratorio escolar como fuera de él). No pueden llegar a calificarse de “investigaciones” en la acepción utilizada en la ciencia, pero sí son una aproximación, aunque simplificada, al trabajo científico, en la que el alumno, a escala muy reducida, debe formular hipótesis, diseñar una estrategia de trabajo y

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

reflexionar sobre los resultados obtenidos. Implican tanto un aprendizaje de habilidades y estrategias como de conceptos, tomando también algunas de las características de los otros dos tipos de problemas descritos: la búsqueda de una conexión entre los conocimientos previos y los fenómenos a estudiar y la necesidad, en muchas ocasiones, de medir y someter dichas medidas a cálculos cuantitativos como instrumento para inferir leyes o comprobar hipótesis. El cuadro 3.3 ilustra este tipo de problemas.

#### CUADRO 3.3 EJEMPLOS DE PEQUEÑAS INVESTIGACIONES

1. Estudio del efecto de la luz y de la oscuridad en la germinación de una judía. Tras proporcionar al alumno las instrucciones necesarias para que plante dos judías y observe su crecimiento (longitud del tallo), una con luz y otra a oscuras, se le pide que realice las gráficas de la longitud del tallo frente al tiempo y que las compare. ¿Qué efecto tiene la luz en el crecimiento de las plantas? ¿Por qué crees que ocurre esto? (9 años). (Tomado de Rosa SENSAT, 1979).

2. A un grupo de alumnos se les proporcionan cuatro bloques de madera de tamaño y forma semejante, pero de distinta densidad, un recipiente con agua, una balanza de resorte, una regla y una hoja de actividades. Se les pide que metan los bloques en el agua y que, entre otras, respondan a las siguientes preguntas: ¿Flotan igual todos los bloques? ¿En qué se diferencian? ¿Hay alguna constante entre las diferencias?, etc. (11 años). (Adaptado de HARLEN. 1985).

3. Diseña una experiencia que te permita comparar los contenidos energéticos de varias sustancias combustibles y averiguar cuál es la más eficaz y la más barata a la hora de calentar un objeto (por ejemplo, un recipiente con agua). Las sustancias que vas a utilizar son: alcohol etílico (de farmacia), parafina (velas) y gas butano (mechero del laboratorio). ¿Cuál es la más económica? ¿Cuál es la más rápida? ¿Cuál tiene mayor contenido energético? (15 años). (Según GÓMEZ CRESPO et al., 1991).

En el primer ejemplo, los alumnos deben, a partir de la observación y la medida, extraer conclusiones y formular hipótesis sobre las causas de lo observado. El segundo caso es un ejemplo en el que los alumnos deben formular unas hipótesis previas, diseñar una estrategia para comprobarlas y extraer las conclusiones correspondientes (HARLEN, 1985, incluye una transcripción de los intentos de solución por parte de los alumnos). Por último, el ejemplo tercero presenta un caso de investigación fundamentalmente cuantitativa, que implica un mayor énfasis en el diseño de la experiencia por parte de los alumnos y en el análisis de los resultados.

¿Cuáles son los objetivos que se pretenden alcanzar con la introducción de este tipo de problemas en el aula? Lo que se pretende con este tipo de actividades no es que el alumno sea un científico o que utilice el método científico en sus actividades, sino más bien acercar al alumno a la metodología del trabajo científico a través de la observación y la formulación de hipótesis. Se pretende también que los estudiantes adquieran ciertas actitudes (indagación, reflexión sobre lo observado, etc.) y aprendan algunos procedimientos (estrategias de búsqueda, sistematización y análisis de datos, etc.), útiles tanto para un posible y futuro trabajo científico como para la comprensión e interacción con el mundo que nos rodea.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

En todo caso, aunque existen posiciones diversas al respecto, parece que la realización de pequeñas investigaciones, con todas sus limitaciones, es la mejor aproximación posible al trabajo científico, lo que permitirá que el alumno domine algunos de los procedimientos y conceptos de la ciencia, y también que tenga una visión menos idealizada o falseada de los procesos de construcción del conocimiento científico. En este sentido, la investigación por parte de los alumnos puede servir de complemento a otro tipo de estrategias didácticas o constituir el núcleo de un currículo de Ciencias de la Naturaleza (para una propuesta de currículo de Ciencias de la Naturaleza basado en la resolución de problemas por parte de los alumnos a partir del trabajo de investigación, véase GIL y MARTÍNEZ TORREGROSA, 1987).

La utilización de este tipo de problemas tiene también, como es lógico, sus ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas, hay que destacar que resultan muy útiles en la enseñanza de las Ciencias: relacionan los conceptos teóricos con sus aplicaciones prácticas, ayudan a la transferencia de los conocimientos escolares a ámbitos más cotidianos en algunas ocasiones, y resultan muy motivadoras para los alumnos. Esto último hace que sean un buen instrumento en la enseñanza de la resolución de problemas. Tradicionalmente han sido utilizadas para enseñar a los alumnos el método científico y para que lo practiquen.

Sin embargo, remitiéndonos a sus inconvenientes, estas actividades tan sólo representan una aproximación ficticia y forzada al método científico. Ficticia porque no se dan las condiciones necesarias (tiempo, material, etc.) y forzada porque en la mayoría de las ocasiones el problema (muy simplificado) se le impone al alumno. Las pequeñas investigaciones pueden servir como ilustración de lo que puede llegar a ser el método científico, pero ni el alumno sería capaz probablemente de aplicarlo, ni el problema y sus condiciones lo hacen posible (CLAXTON, 1991). No todo el trabajo práctico, tanto si se realiza en los laboratorios escolares como fuera de ellos, puede considerarse como un problema de este tipo. En muchas ocasiones la parte experimental es un mero ejercicio ilustrado, en el que el alumno recibe todo tipo de instrucciones para desarrollarlo sin que se lleguen a alcanzar las condiciones básicas para considerarlo un problema.

La mayoría de las veces, tras los trabajos prácticos en el laboratorio se oculta una simple ilustración o “demostración” de un principio o ley científica, o la reproducción demasiado simplificada de un experimento conocido. Pero más paradójicas resultan aquellas actividades que pretenden plantear un trabajo de investigación o de aplicación del método científico, cuando sólo presentan un ejercicio.

Un ejemplo típico puede ser el estudio de la ley de Hooke, que muchos libros de texto presentan como ilustración o aplicación del método científico. En la mayoría de los casos dista mucho de ser un verdadero problema: se le va indicando al alumno paso a paso lo que tiene que hacer, se le indica que dibuje una gráfica y se le pide que “compruebe”, que se cumple la expresión matemática que aparece “al final de la página”. Ni el alumno tiene un problema ni lo tendrá. Aunque en muchos casos se habla de formular hipótesis, sólo hay una posible: la que, por lo general, viene dada en algún punto del ejercicio; por tanto, tampoco hay que comprobar nada.

No se necesita desarrollar una estrategia de resolución, sólo hay que seguir al pie de la letra los pasos que se indican. Y, desde luego, ni se aplica el método científico ni es un ejemplo de lo que

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

éste es y de lo que representa. Como veremos a continuación, la solución de problemas, en la medida en que implica una actividad relativamente abierta, requiere del alumno definir el problema por sus propios medios, buscar estrategias que le conduzcan a la solución y evaluar en todo momento el grado en que está alcanzando dicha solución.

## La Enseñanza Y El Aprendizaje De La Solución De Problemas: Del Conocimiento Cotidiano Al Científico

Los diversos tipos de problemas escolares relativos a las Ciencias de la Naturaleza requieren de los alumnos conocimientos y habilidades diversas, cuya adquisición plantea en muchos casos dificultades de aprendizaje. Como veíamos más atrás, al margen de otras dificultades más específicas que no podemos detallar aquí en su totalidad, uno de los aspectos que en mayor medida condiciona el diseño y utilización didáctica de los problemas en el aula de ciencias es el lugar intermedio que esos problemas deben ocupar entre el conocimiento cotidiano y el científico. Se trataría de generar en los alumnos hábitos y estrategias más próximos a la forma científica de resolver los problemas. Pero para ello ha de partirse del bagaje conceptual y metodológico que los alumnos usan habitualmente. Así, muchas de las dificultades que tienen los alumnos al resolver problemas científicos están relacionadas con ese paso o cambio del conocimiento personal al científico.

Partiendo de los esquemas generales sobre las fases implicadas en la solución de un problema, así como del propio funcionamiento de la metodología científica (véase la tabla 3.1, p. 92), podemos identificar, a efectos de esta exposición, tres aspectos o procesos fundamentales en la solución de un problema científico: la definición del problema y formulación de hipótesis; la investigación y comprobación de las hipótesis; y la reflexión sobre los resultados y la toma de decisiones. Obviamente, en el contexto de una actividad escolar concreta no tienen por qué ser tres fases sucesivas, sino que, al igual que sucede en la ciencia, existe una continua reformulación de cada una de ellas a partir de las anteriores.

Tampoco debe entenderse que todo problema escolar aborde estos tres aspectos de la misma forma. De hecho, en la exposición que sigue intentaremos mostrar cómo los tres tipos de problemas anteriormente enunciados difieren en la forma en que desarrollan estos componentes de la solución de problemas. Sin embargo, aun siendo un esquema ideal, creemos que todo problema que se plantee en el aula de ciencias debe contener de una u otra forma estos tres componentes: planteamiento del problema a partir de las ideas formuladas por los alumnos, búsqueda de información y/o ideas alternativas que sirvan para contrastar esas ideas y reflexión y reformulación de las propias ideas a partir de esa nueva información. A continuación analizaremos cada uno de estos aspectos, centrándonos en las dificultades que plantean para los alumnos y en la forma en que la enseñanza puede ayudar a superar alguna de esas dificultades.

### *Definición del problema y formulación de hipótesis*

La primera fase en la resolución de un problema es su definición. Todo problema plantea una pregunta, y resolver el problema implica encontrar una respuesta a esa pregunta. Por ello, el primer paso a seguir es reconocer la pregunta, ser consciente de que existe un problema. Esto

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

está claro para el científico que investiga y que busca, en el contexto social de producción del saber científico, sus propios problemas y los vive como tales. Lo mismo ocurre para una persona en su vida cotidiana cuando se encuentra que el limpiaparabrisas del coche no funciona en un día de lluvia. Sabe que ha surgido un problema y que debe solucionarlo de una u otra manera si quiere utilizar el vehículo. Sin embargo, los problemas escolares surgen de modo diferente y es esencial que, tras el enunciado de un problema escolar, los alumnos reconozcan la existencia de un problema, es decir, de algo que ignoran y que merece la pena ser entendido o conocido.

Los enunciados o las instrucciones de los problemas tienen como función proporcionar al alumno la información necesaria para generar un espacio o escenario de problema. Sin embargo, cuando esas instrucciones definen la tarea de manera muy cerrada, es poco probable que lleven al alumno a plantearse un problema sino más bien a completar un ejercicio. Así, la tarea 1 del cuadro 3.4 puede ser resuelta por un alumno que ni siquiera se plantee la propagación del sonido; un cálculo proporcional o la resolución de una ecuación conducen a la “solución”.

#### CUADRO 3.4 DIFERENTES PROBLEMAS SEGÚN EL GRADO DE “APERTURA” DE LAS INSTRUCCIONES

##### Tarea 1. Problema cerrado

Teniendo en cuenta que la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/seg y que entre el rayo y el trueno transcurren 3 seg, calcular la distancia a la que se halla la tormenta.

##### Tarea 2. Problema abierto

Con ocasión de una tormenta, habrás observado que suele transcurrir un pequeño intervalo de tiempo entre el rayo y el trueno. ¿A qué crees que se debe esto? ¿Crees que ese intervalo puede variar o es siempre el mismo? ¿Por qué crees eso?

##### Tarea 3. Problema semiabierto

Piensa de qué modo podríamos medir la distancia a la que se encuentra una tormenta, teniendo en cuenta la velocidad del sonido en el aire.

En cambio, las tareas muy abiertas enfrentan al alumno a una situación bien diferente (por ejemplo, la tarea 2 del cuadro 3.4); son muy útiles para conocer los marcos interpretativos de los que parten los alumnos, así como las vías de búsqueda o solución que son capaces de poner en marcha y la capacidad crítica con las que las juzgan. Sin embargo, este carácter abierto puede tener también sus inconvenientes para ciertos objetivos didácticos. Así, la poca concreción de las instrucciones del problema puede dificultar que el alumno se centre en los objetivos instruccionales previstos, al definir el problema en un escenario o “espacio” diferente del que se pretende. En el ejemplo mencionado, los alumnos pueden plantear el problema en términos alejados de la Física, buscando, por ejemplo, soluciones que tengan que ver con cómo percibimos la luz o el sonido.

Por ello, a veces es preciso buscar instrucciones o enunciados que contengan los elementos necesarios para la definición del problema pero que obliguen al alumno a generar el escenario del mismo. Estas tareas o problemas “semi-abiertos” (por ejemplo, la tarea 3 del cuadro 3.4) contienen



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

información que restringe los posibles escenarios en los que definir el problema, con lo que ayudan al alumno a centrarse en la tarea prevista, pero confrontándole aún a una tarea abierta y no a un simple ejercicio.

En definitiva, el enunciado del problema no constituye una definición o planteamiento de éste, sino que son los propios alumnos los que deben definir o formular el problema a partir de sus conocimientos previos. De hecho, la investigación ha mostrado sobradamente que distintas personas reconocen problemas distintos ante la misma tarea, dependiendo de diversos factores. Así, según el objetivo de la tarea y de las condiciones didácticas en las que se lleve a cabo, puede interesarnos un mayor o menor grado de cierre en el enunciado del problema, aunque evitando siempre que éste suponga una definición cerrada que impida a los alumnos incorporar ideas o estrategias propias, pero procurando también que las instrucciones no sean muy ambiguas, ya que ello perjudicará especialmente a los menos capacitados. En todo caso, como en otras situaciones de aprendizaje, la solución de un problema comienza con la activación de los conocimientos previos de los alumnos.

#### *¿Qué Entendemos Por Conocimientos Previos?*

Siempre que una persona pretende comprender algo -por ejemplo, el profesor que intenta averiguar las dificultades de sus alumnos en la resolución de problemas, o el alumno que busca comprender por qué se seca una camisa colgada al sol- necesita activar una idea o conocimiento previo que le sirva para organizar esa situación y darle sentido. En los ejemplos que hemos expuesto, la experiencia y los conocimientos previos del profesor y del alumno serán determinantes en la comprensión que tengan de sus respectivos problemas. En definitiva, entendemos que son todos aquellos conocimientos (correctos o incorrectos) que posee cada sujeto, y que ha adquirido a lo largo de su vida en la interacción con el mundo que le rodea y con la escuela. Este conjunto de conocimientos le sirven para conocer el mundo y los fenómenos que observa, a la vez que le ayudan a predecir y controlar los hechos y acontecimientos futuros.

En los últimos años se han realizado numerosos estudios sobre las ideas y los conocimientos previos de los alumnos en muy diversas áreas. En el área de Ciencias de la Naturaleza se dispone de un abundante material con respecto a los conocimientos de Física y Química (por ejemplo: DRIVER, GUESNE y TIBERGHEN. 1985; HIERREZUELO y MONTERO, 1988; LLORENS, 1992; POZO, GÓMEZ CRESPO, LIMON y SANZ, 1991), o Biología (GIORDAN y DE VECCHI, 1987). Hay asimismo diversas obras, además de las ya citadas, en las que pueden encontrarse técnicas y criterios para su evaluación y uso didáctico (por ejemplo, ALBADALEJO y CAAMAÑO, 1992; HARLEN, 1985; OSBORNE y FREYBERG 1985; POZO, 1992).

Los conocimientos previos en cada una de estas áreas difieren, como es lógico, en su contenido, pero también lo hacen en su naturaleza -algunos son más conceptuales y otros más procedimentales; unos son más descriptivos y otros más explicativos; unos son más generales, otros más específicos, etc.-. Sin embargo, pueden encontrarse algunas características comunes entre todos ellos (véase, por ejemplo, POZO et al., 1991), que a grandes rasgos pueden describirse como sigue:

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

- Son construcciones personales de los alumnos elaboradas de forma espontánea en su interacción cotidiana con el mundo que les rodea.
- Son incoherentes desde el punto de vista científico, aunque no tienen por qué serlo desde el punto de vista del alumno; de hecho, suelen ser bastante predictivos con respecto a los fenómenos cotidianos.
- Resultan, en general, estables y resistentes al cambio, persisten a pesar de la instrucción científica.
- Tienen un carácter implícito frente al carácter explícito de las ideas científicas. Muchos estudiantes tienen grandes dificultades para expresar y describir cuáles son sus ideas, no son conscientes de ellas.
- Buscan la utilidad más que la verdad, como supuestamente harían las teorías científicas. Son conocimientos específicos que se refieren a realidades próximas y concretas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se le explican en clase.

Existen muchas sugerencias sobre cómo se forman los conocimientos de los alumnos y las causas de las ideas que poseen sobre muchas situaciones. Entre ellas podemos citar: la predominancia de lo perceptivo, el uso de un razonamiento causal simple, la influencia de la cultura y la sociedad (canalizadas a través del lenguaje y los medios de comunicación) y, cómo no, la influencia de la escuela.

Todas estas causas y otras posibles pueden clasificarse en tres grandes grupos (Pozo et al., 1991), que originan tres tipos de concepciones diferentes, aunque en continua interacción:

- Origen sensorial: concepciones espontáneas. Se adquieren a través de la información que los estudiantes recogen por medio de sus sentidos y se forman en el intento de dar significado a las actividades cotidianas. Son muy importantes para la interacción con el mundo físico.
- Origen cultural: concepciones inducidas. Son concepciones que tienen su origen en el entorno social del alumno y que impregnan sus propias ideas. Las adquiere en la escuela, en interacción con otras personas y a través de los medios de comunicación. Buena parte de las concepciones biológicas de los alumnos sobre la enfermedad, la salud, los seres vivos, etc., tienen un origen social.
- Origen escolar: concepciones analógicas. En algunas áreas de conocimiento el alumno carece de conocimientos específicos, espontáneos o inducidos, por lo que la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sean generadas por los propios alumnos o inducidas por la enseñanza. Por ejemplo, buena parte del conocimiento químico de los alumnos está basado en modelos aprendidos en la escuela, aunque asimilados a sus propias ideas y creencias. En muchos casos, sus conocimientos previos tienen origen en aprendizajes escolares anteriores, si bien suelen consistir en asimilaciones parciales o deformadas del saber científico presentado. Por ello es necesario no sólo una buena secuenciación de contenidos, sino también un currículo que busque explícitamente la conexión de los nuevos aprendizajes con aprendizajes anteriores.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

### *La Activación De Los Conocimientos Previos En La Solución De Un Problema*

Si la comprensión requiere siempre la asimilación de la nueva información (por ejemplo, el enunciado del problema) a esquemas de conocimiento ya disponibles, para que el alumno reconozca una situación problemática y la formule como tal problema es preciso que active algún conocimiento que pueda relacionar con el enunciado que se le ha presentado. Si no existen tales conocimientos o no son activados, para el alumno no habrá problema. En el aula resulta habitual la situación en la que, tras enunciar el profesor un problema y pedir a los alumnos que formulen hipótesis (por ejemplo, “¿Por qué se seca la ropa mejor cuando hace aire?”), los alumnos se quedan callados y no saben qué decir o responden a una pregunta distinta de la que se espera (“Porque dentro de casa mojaría el suelo” o “Cuanto más calor haga, mejor”). Simplemente, no reconocen esa pregunta como un problema significativo.

En esta situación cobra gran importancia el papel del profesor que ayuda a activar los conocimientos previos de los alumnos. Para ello, puede formular preguntas más concretas (“Cuando te lavas el pelo, ¿cómo haces para secártelo más rápidamente? ¿Has visto alguna vez un túnel de lavado de coches? ¿Cómo secan los coches?”) buscando contextos familiares a los alumnos que les ayuden a tomar conciencia del problema científico, y fomentar la interacción y la discusión con los otros compañeros, cuyas ideas se encontrarán más próximas a ellos que las del propio profesor. Dado que las ideas de los alumnos suelen ser más concretas o específicas que los conceptos científicos sobre los que queremos que trabajen, resulta más fácil que se planteen el problema cuando éste se define en un escenario concreto, cercano a su realidad, aunque luego intentemos que sus reflexiones adquieran una dimensión más general (véase el apartado relativo a la reflexión sobre el propio conocimiento, p. 126).

Aunque varíe su importancia de un problema a otro, en los tres tipos de problemas mencionados en el apartado anterior es necesario que el enunciado active un conocimiento en los alumnos que les sirva para formular el problema. Así, en los problemas cualitativos, en la medida en que admiten planteamientos muy abiertos, el alumno reformula su problema en función de los esquemas a los que asimila la situación. El problema de la ropa secándose puede ser asimilado por un alumno de Primaria a la evaporación y el ciclo del agua, mientras que en Secundaria puede que el alumno recurra a sus incipientes conocimientos sobre partículas y moléculas para interpretar el fenómeno. De hecho, por su propia naturaleza, los problemas cualitativos están dirigidos a movilizar los conocimientos previos y hacer que los alumnos reflexionen sobre ellos a través de la interacción, la comunicación y la explicitación de sus ideas.

También en los problemas cuantitativos los conocimientos previos de los alumnos determinan la formulación que hacen del problema. Como se ha visto en el capítulo 2, la comprensión de un problema cuantitativo está determinada tanto por la estructura lingüística del enunciado como por los conocimientos conceptuales implicados. Para determinar los litros que caben en un cubo hueco de 20 cm de arista es necesario tener una representación geométrica del cubo e información factual sobre las equivalencias entre unidades de medida. La propia necesidad de cuantificar las relaciones entre conceptos (por ejemplo:  $v = e/t$ ) sólo cobra sentido cuando el alumno ha logrado diferenciar conceptos que previamente se hallan indiferenciados.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

Por último, en las pequeñas investigaciones, el alumno debe utilizar sus conocimientos previos para restringir el ámbito de variables que deben ser consideradas, establecer los parámetros que deben observarse, etc. Al detallar las fases de las investigaciones científicas suele hablarse de que la primera fase del método científico es la “observación”. De hecho, al trasladarse al aula el método científico como forma de realizar investigaciones se ha pretendido comenzar su enseñanza por la observación. Sin embargo, toda observación está cargada de teoría. En nuestra opinión, una investigación científica no parte de una observación, como señalaban los modelos positivistas de hacer ciencia, sino de un conocimiento previo que da sentido a algún hecho o dato observado. Si hacemos que unos niños observen cómo se infla un globo cuando aplicamos su boca a una fuente de calor, lo que éstos observen dependerá de sus ideas sobre los gases, y la investigación que inicien para determinar qué ha pasado con el aire dentro del globo dependerá de estas ideas.

Lo importante no es que los alumnos observen un fenómeno -pueden haberlo presenciado cientos de veces sin fijarse en él- sino que lo hagan desde determinados esquemas. Volviendo a un ejemplo mencionado anteriormente, si le pedimos a alumnos que han visto caer varias bolas lanzadas desde una mesa que nos dibujen su trayectoria para calcular las relaciones entre altura y distancia de caída, podemos comprobar que dibujan trayectorias diferentes según sean sus esquemas conceptuales, aunque obviamente todos han visto caer las bolas siguiendo una trayectoria parabólica (POZO, 1987). La investigación que emprendan a partir de aquí dependerá más de lo que crean haber visto que de lo que han visto realmente.

En definitiva, siguiendo una perspectiva constructivista, la solución de problemas, como toda forma de aprendizaje, se inicia con la activación de conocimientos previos. Desde un punto de vista didáctico, debe procurarse que las tareas o situaciones diseñadas requieran inicialmente de los alumnos una predicción, una estimación o un juicio concreto más que una explicación verbal. Puesto que los conocimientos personales son en buena medida implícitos, es posible que los alumnos no logren explicitarlos como tales; pero si les pedimos que hagan una predicción cotidiana a partir de ellos, al ser altamente predictivos en estos contextos, serán capaces de hacer un juicio o estimación que sirva de punto de partida para la reflexión y toma de conciencia sobre sus propias ideas.

Si les pedimos que nos digan, ante un grupo de objetos, cuáles flotarán y cuáles se hundirán, no tendrán demasiadas dificultades en hacer predicciones, aunque algunas de ellas sean erróneas. En cambio, si les pedimos directamente que nos expliquen la flotación de los cuerpos, pueden ser incapaces de encontrar una explicación o incluso darnos la explicación científica aprendida en clase, pero en la que, realmente, a la luz de sus predicciones, no creen.

Un buen ejercicio, tanto para ayudar a los estudiantes a definir los problemas como para facilitar la toma de conciencia de sus propias ideas, es fomentar la formulación de hipótesis explicativas. Para ello, debemos facilitar que los alumnos discutan entre sí, permitiendo que la mayoría exponga sus ideas y ayudando a que surjan ideas nuevas, incluso contradictorias con las anteriores. La comunicación de sus hipótesis puede resultar un buen instrumento de reflexión y de aprendizaje para el alumno. De hecho, la finalidad del problema en esta primera fase es no sólo activar los conocimientos previos de los alumnos sino sobre todo hacer que los hagan explícitos, que reflexionen sobre ellos al tener que comunicarlos a los demás y a sí mismos. Con estas tareas no son sólo los profesores quienes conocen las ideas implícitas que tienen sus alumnos; son

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

también los propios alumnos. Para ello es muy importante el trabajo en grupo, la necesidad de argumentar y convencer. Pero también es esencial la labor del profesor, induciendo una mayor precisión y diferenciación conceptual, sugiriendo otros argumentos y, en definitiva, haciendo de mediador en el aprendizaje y la toma de conciencia de los alumnos sobre sus propias ideas.

#### *Adquisición de estrategias para la solución de problemas*

Si los alumnos recurren a sus conocimientos personales (muchos de ellos generados en contextos no escolares) para formular el problema, también es frecuente que recurran a estrategias personales cuando se trata de resolverlo. En el capítulo 1 se señalaban las diferencias entre las estrategias de razonamiento causal, matemático y lógico usadas en contextos cotidianos y científicos. En el trabajo científico, como ya dijimos anteriormente, se diseñan experimentos, se toman medidas y se someten a prueba las hipótesis. Es un trabajo riguroso, generalmente poco apresurado, en el que se intenta seguir secuencias lógicas de razonamiento, se controlan las distintas variables, estableciendo relaciones causales complejas dentro de sistemas en interacción, etc. En la vida cotidiana, sin embargo, nos encontramos un panorama algo diferente. El proceso tiene muy poca (o ninguna) relevancia; lo que verdaderamente importa es el resultado, la utilidad -que el limpiaparabrisas funcione o el televisor se encienda, aunque sea dándole un golpe más o menos estratégico-. De hecho, la pregunta sería: “¿En nuestra vida cotidiana, formulamos y comprobamos hipótesis?”.

Probablemente sí, en algunos casos y no de modo exhaustivo. En otros, tan sólo tanteamos en busca de “la suerte”. Cuando tratamos de comprobar una hipótesis, ¿la ponemos a prueba o tan sólo tratamos de que los resultados se ajusten a ella? Como veremos, hoy en día disponemos de suficiente investigación como para tener respuestas a estas preguntas, aunque no sean demasiado satisfactorias para quienes creen en la racionalidad lógica del comportamiento humano (esa investigación puede encontrarse de modo extenso en CARRETERO y GARCÍA MADRUGA, 1984; PÉREZ ECHEVERRÍA, 1990; POZO, 1987).

¿Qué ocurre con los problemas escolares? Como ya se ha señalado, desde el punto de vista de los requisitos necesarios para su resolución, se encuentran más próximos a los problemas científicos. Para determinar la relación entre altura y distancia de caída de un proyectil es necesario identificar variables y controlarlas, formular hipótesis, realizar experimentos, observar, medir y registrar los datos, contrastarlos con las hipótesis formuladas, etc. ¿Pero hacen eso los alumnos? Parece que no de modo generalizado, incluso al final de la adolescencia o después de una considerable instrucción científica. En estas situaciones y otras similares los alumnos siguen más próximos al razonamiento cotidiano, simplificando la tarea y reduciéndola a aquellos factores relevantes para ellos, sin controlar o tener en cuenta otras variables, formulando la primera explicación que se les ocurre sin apenas reflexionar sobre ella, haciendo apreciaciones cualitativas y poco rigurosas que no les permiten contrastar sus explicaciones, e incluso no modificando éstas a pesar de encontrarse con datos en contra. Los hábitos de razonamiento de los alumnos -y no sólo de éstos sino incluso de algunos adultos instruidos- parecen alejarse bastante de las formas del razonamiento hipotético-deductivo (para un análisis detallado de esas dificultades de razonamiento científico en el ámbito del desarrollo cognitivo, véase CARRETERO, 1985).

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Cada tipo de problema (cuantitativo, cualitativo o pequeña investigación, según nuestra clasificación) suele requerir estrategias de solución distintas, así como técnicas de recogida y análisis de la información diferentes. Dejaremos a un lado las estrategias relacionadas con la solución de problemas cuantitativos, ya que se han tratado extensamente en el capítulo 2. Tal como allí se apunta, los alumnos tienden a utilizar reglas aproximativas en su razonamiento, en vez de seguir la lógica deductiva propia del razonamiento formal. Son los más utilizados en el aula y muchas de las dificultades que presentan se deben a la conexión y distinción entre el problema matemático y el científico. De hecho, los alumnos tienden a resolver los problemas científicos como si fueran problemas matemáticos. El contenido conceptual queda así relegado en beneficio de la formalización, de forma que el alumno busca un dato exacto y considera resuelto el problema con la obtención de ese dato, sin preocuparse o preguntarse después por su significado. De este modo puede alcanzar sin inmutarse resultados imposibles, en los que la masa de un objeto que cae sea negativa o desmesurada.

En este tipo de tareas, muchas veces es difícil distinguir entre el ejercicio y el problema. Puesto que los alumnos no dan ningún significado a las  $f$ ,  $m$ , o  $a$  cuyo valor están calculando, la tarea se reduce a un ejercicio matemático sin sentido. Posiblemente uno de los defectos más graves de la enseñanza de la ciencia vigente es la prematura cuantificación y formalización de conceptos que el alumno no comprende. Aunque la investigación constructivista sobre la enseñanza de la ciencia viene haciendo hincapié en la comprensión y en los aspectos cualitativos, en las aulas se sigue dedicando, desde edades muy tempranas, demasiado tiempo a formalizar lo que el alumno no comprende y, poco a poco, va aprendiendo a odiar. Las Matemáticas deberían ser un instrumento que ayudara a la comprensión de la ciencia, en lugar de ser uno de sus obstáculos fundamentales.

En los problemas cualitativos, en los que el alumno tiene que buscar explicación a un determinado fenómeno, las dificultades que aparecen son fundamentalmente conceptuales. La estrategia de resolución consiste en buscar las conexiones entre el fenómeno y sus conocimientos. Por ello, este tipo de tareas resulta un instrumento muy útil para detectar los conocimientos previos de los estudiantes.

Ante esta clase de problemas es frecuente que los alumnos, en vez de realizar una búsqueda exhaustiva de los posibles factores para encontrar argumentos a favor y en contra de cada uno de ellos, se dejen guiar nuevamente por reglas heurísticas que proporcionan respuestas rápidas, aunque no siempre rigurosas. Este tipo de reglas son muy comunes en el razonamiento causal cotidiano. Cuando en nuestra vida diaria nos enfrentamos a un hecho o efecto sorprendente que constituye un problema -el televisor no funciona, una planta se nos está muriendo, el proyector de transparencias nos da descargas- iniciamos un proceso de búsqueda causal, de identificación de posibles factores causales y sus posibles remedios. Para ello, recurrimos a los contenidos de nuestra memoria, a casos anteriores que nos han sucedido, en definitiva, una vez más, a nuestros conocimientos previos.

Ante los problemas cualitativos -e incluso en las pequeñas investigaciones antes de comenzar las manipulaciones- el alumno recurrirá también a “rastrear” su memoria en busca de datos o ideas que le permitan dar sentido al problema. Pero el rastreo, ni en la vida cotidiana ni en situaciones escolares, suele ser exhaustivo o riguroso, sino que se rige por reglas heurísticas, que permiten un fácil y rápido acceso a nuestros conocimientos anteriores. La figura 3.1 resume algunos de esos

Autor. Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

heurísticos de búsqueda causal (para un mayor detalle sobre los heurísticos, véanse los capítulos 1 y 2, o en su fuente original, TVERSKY y KAHNEMAN, 1974; para su aplicación al pensamiento causal, véase POZO, 1987; POZO et al., 1991).

En principio, será más fácil que el alumno, para dar sentido a un problema, recupere aquella información que resulta más accesible. La accesibilidad será mayor cuanto más frecuente sea su recuperación -si juega habitualmente al baloncesto, relacionará antes la caída del proyectil con el lanzamiento a canasta-, cuanto más reciente haya sido -si acaba de jugar al baloncesto en el recreo, la recuperará más fácilmente- y cuanto más sobresaliente o destacado resulte un hecho para él -por ejemplo, puede asociar la tarea del inflado del globo de la p. 116, con una vez que vio cómo las llamas hacían subir un globo aerostático-. Dado que la búsqueda de información relacionada con el problema no es exhaustiva, un conocimiento mínimo del entorno y de los intereses cotidianos de los alumnos permite identificar algunos de sus conocimientos previos más accesibles.

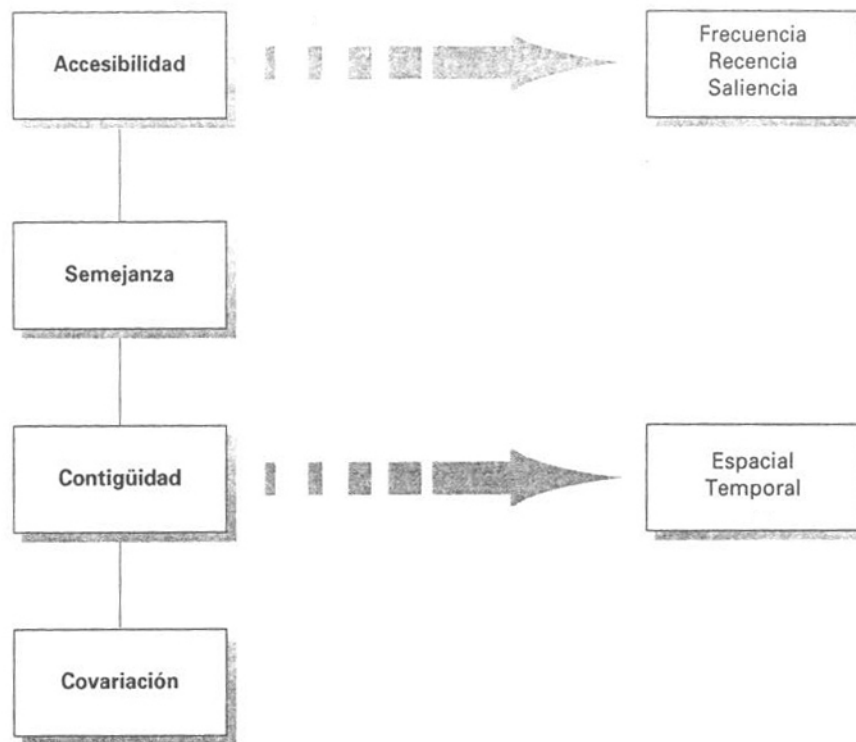


FIGURA 3.1. Algunas reglas heurísticas del pensamiento causal cotidiano.

Pero no todos los conocimientos accesibles son representativos o relevantes para todos los problemas. Otra regla que empleamos para buscar causas o modelos explicativos de los hechos problemáticos es la semejanza. En nuestros análisis causales tendemos a creer que existe una semejanza básica entre las causas y los efectos, por lo que, ante un efecto novedoso, buscamos causas similares a él en algunos aspectos. Una de las implicaciones de esta regla es que las personas tendemos a creer que existe una semejanza entre los hechos y los modelos que los explican. Lo primero que pensamos cuando recibimos la pequeña descarga del proyector de transparencias es que su origen está en la conexión a la corriente eléctrica. También, cuando le presentamos al alumno el problema de la trans-

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

piración de las plantas (véase p. 101), es probable que active modelos de situaciones semejantes y nos diga que “las plantas sudan”, y por consiguiente “sudarán menos por la noche porque hace más frío”. O que, ante el problema de la caída del proyectil, recupere su conocimiento cotidiano sobre el tiro a canasta en baloncesto. El uso de esta regla de semejanza está relacionado con la activación de modelos analógicos, uno de los orígenes de las ideas de los alumnos a los que nos referimos anteriormente. Obviamente, esas semejanzas suelen ser más superficiales que profundas, de forma que conducen a errores de interpretación y explicación.

Otra de las reglas habituales en el razonamiento causal cotidiano de los alumnos es la contigüidad espacial entre causa y efecto. La causa debe estar próxima, si no en contacto directo con el efecto. Así, ante un circuito eléctrico, los alumnos creen que cuanto más alejada está una bombilla de la fuente de energía menos lucirá y que una pérdida de contacto entre causa y efecto disminuye o hace desaparecer la relación causal. El razonamiento secuencial de los alumnos sobre circuitos eléctricos no es el único ejemplo de la necesidad de ese contacto. Otros similares se encontrarían en Mecánica (un objeto en movimiento lleva una fuerza o ímpetu en sí mismo), o en Biología, en relación, por ejemplo, con las ideas sobre el contagio como causa de buena parte de las enfermedades.

Muy conectada con lo que acabamos de decir está la regla de contigüidad temporal entre causa y efecto, según la cual no sólo estarían próximos en el espacio sino también en el tiempo. Esta tendencia suele ser útil en la causalidad mecánica, pero plantea dificultades cuando los fenómenos que deben explicarse se inscriben en períodos notablemente largos. Así sucede en la solución de problemas cualitativos en Biología o Geología.

Una última regla se vincula con el uso que las personas hacemos de la covariación simple. Aunque stricto sensu la covariación entre dos hechos, por sistemática que sea, no implica una relación causal entre ellos (por ejemplo, el rayo y el trueno no están causalmente relacionados entre sí, sino que ambos son efectos de otra causa común), las personas, alumnos incluidos, tendemos a atribuir causalidad a los hechos que suceden sistemáticamente juntos. Así, ante el problema 3 del cuadro 3.1, p., 101, habituados a ver subir el mercurio al aumentar la temperatura, los alumnos creerán que el “calor hace subir” el mercurio, por lo que les resultará difícil imaginar otras maneras de medir la temperatura que impliquen formas diferentes de expansión.

A pesar de la importancia de estas reglas, posiblemente no agoten todas las que los alumnos utilizan, de modo casi automático y no consciente, para resolver problemas cualitativos. Puesto que estos problemas se caracterizan por la dificultad o imposibilidad manifiesta de realizar experiencias manipulativas reales, se parecen mucho al formato de muchas tareas cotidianas -determinar las causas de mi fatiga, interpretar los estados de ánimo y los motivos de los demás- y se basan en la recogida de información y su interpretación. Como consecuencia de estas reglas tan simples, los alumnos tienden a recoger información limitada y sesgada. Es labor del profesor enriquecer esas fuentes de información no sólo proporcionando otros datos menos inmediatos a los alumnos o recordándoles información que ahora no les resulta accesible, sino, sobre todo, habituándoles a ser más exigentes, sistemáticos y exhaustivos en sus búsquedas de información relevante, entrenándoles en técnicas que permitan acceder a nueva información cuando sea necesario (véase el capítulo 5) e instruyéndoles en analizar la relevancia y fiabilidad de las fuentes



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

de información. En definitiva, se trataría de inducir en los alumnos un cambio metodológico que vaya más allá de esta “metodología de la superficialidad” que tienden a utilizar (GIL, 1986; GIL y CARRASCOSA, 1985).

Todas estas consideraciones que acabamos de hacer son relevantes también para la realización de pequeñas investigaciones. Sin embargo, en este tipo de tareas, dado su carácter manipulativo y experimental, se añaden nuevas dificultades. Los alumnos no están acostumbrados a realizar experiencias planificadas y controladas, ya que en la vida cotidiana no suelen ser muy frecuentes. De hecho, podríamos decir que en los problemas cotidianos no suele estar muy definida la frontera entre las ideas y los datos que las sustentan, mientras que en la solución de problemas científicos, aunque no exista la tajante distinción entre ambos que suponían los positivistas, hay técnicas y procedimientos para someter a prueba las ideas, contrastándolas con los datos, en condiciones de control experimental. Es ésta una diferencia importante entre el razonamiento cotidiano y el científico (por ejemplo, KUHN, AMSEL y O'LOUGHLIN, 1988) que nuevamente tiene incidencia sobre los problemas escolares, y que requiere entrenar a los alumnos en el uso del razonamiento hipotético-deductivo, fundamento lógico del llamado “método científico”.

A este respecto, existen dos formas de abordar la enseñanza del pensamiento hipotético-deductivo necesario para llevar a cabo pequeñas investigaciones en el aula. Hay quienes creen, principalmente a partir de la teoría de Piaget sobre el desarrollo del pensamiento formal, que se trata de una capacidad global que debe enseñarse de forma integrada. Por el contrario, desde otra perspectiva se concibe que ese pensamiento se compone, en realidad, de una serie de técnicas o destrezas (observación, registro de datos, análisis de información, inferencia deductiva, etc.) que pueden ser enseñadas de una a una. Como no podemos extendernos sobre la lógica que sustenta a cada uno de estos enfoques, nos limitaremos a resumir sus implicaciones didácticas (un análisis más extenso puede encontrarse en VELLINGTON, 1989, o en castellano, en ALBADALEJO y CAAMAÑO, 1992).

Desde la primera perspectiva, enseñar a los alumnos a resolver problemas implica hacerles capaces de usar el pensamiento formal, tal como lo define la teoría genética de JEAN PIAGET (por ejemplo, INHELDER y PIAGET, 1955; para un resumen y un análisis crítico de esta teoría, que es imposible hacer aquí, véase CARRETERO, 1985). La tabla 3.2 resume las características de ese pensamiento formal como pensamiento científico. Se trata, sin duda, del modelo más elaborado proporcionado por la psicología para comprender los procesos implicados en la solución de problemas científicos, con amplias consecuencias para el diseño del currículo (véase por ejemplo, Pozo, 1992). Sin embargo, aunque se ha intentado conectar ese modelo con las demandas de las tareas escolares (por ejemplo, SHAYER y ADEY, 1981), parece que los alumnos no siempre utilizan el pensamiento formal cuando se enfrentan a un problema escolar, por diversos motivos. A partir de los estudios realizados podría afirmarse que el desarrollo del pensamiento formal, como capacidad general de razonamiento hipotético-deductivo, es una condición necesaria pero no suficiente para resolver problemas científicos (véase CARRETERO, 1985; POZO y CARRETERO, 1987). Entre la capacidad o competencia del alumno y su rendimiento o actuación real median una serie de variables, tanto del alumno como de la tarea, que pueden explicar las dificultades que encuentra al resolver un problema escolar determinado. La tabla 3.3 resume algunas de esas variables (para un análisis más detallado de las mismas, véase CARRETERO, 1985; POZO, 1987).

Autor. Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

TABLA 3.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL PENSAMIENTO FORMAL	
Pensamiento concreto	Pensamiento formal
• Centrado en la realidad concreta.	• Se refiere a lo posible, no a lo real.
• Se basa en los objetos realmente presentados.	• Carácter proposicional: se basa en algún tipo de lenguaje.
• Incapacidad para formular y comprobar hipótesis.	• Naturaleza hipotético deductiva: - Formulación. - Comprobación

TABLA 3.3. VARIABLES DEL ALUMNO Y VARIABLES DE LA TAREA	
Variables del alumno	
• Medio socioeconómico.	
• Sexo.	
• C.I. (Cociente intelectual).	
• Formación previa.	
• Estilos cognitivos	Dependencia de campo/Independencia. Impulsividad/Reflexividad.
Variables de la tarea	
• Claridad de las instrucciones.	
• Verbal frente a manipulativa.	
• Posibilidad de tomar notas.	
• Número de variables o factores.	
• Contenido de la tarea.	

Entre estas variables que requieren un tratamiento didáctico, una de las más relevantes es el contenido conceptual y las técnicas específicas necesarias para resolver un problema dado. En la tarea 2 del cuadro 3.3, sobre la flotación de los bloques (p. 106), puede que el alumno no compruebe adecuadamente las hipótesis porque no es capaz de separar conceptualmente las variables relevantes. O puede que ante el problema de las sustancias combustibles (problema 3 del cuadro 3.3, p. 106) carezca de las técnicas matemáticas necesarias para operar con los datos.

Esto nos lleva al segundo enfoque mencionado, que entiende que el llamado “método científico” puede fragmentarse en una serie de habilidades que pueden enseñarse a los alumnos de modo separado o discreto, para luego juntarlas en secuencias cada vez más complejas. Aunque en nuestra opinión no tiene sentido concebir el “método científico” como una suma de pasos necesarios (observación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, etc.) que deban ser enseñados por separado, sino más bien como un enfoque o manera global de abordar los problemas, sí tiene sentido entrenar al alumno en técnicas específicas que le permitan completar cada una de las fases de la solución de un problema determinado (por ejemplo, observar a través de un microscopio, representar gráficamente información cuantitativa, hacer un esquema del diseño experimental, utilizar una hoja de registro para recoger los datos, adoptar un determinado

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

formato expositivo en la presentación de los resultados, etcétera). No se trataría tanto de enseñar las fases del método científico como de instruir al alumno en las técnicas instrumentales precisas. Sin duda, el dominio de las técnicas no asegura que el alumno use una estrategia científica de solución de problemas, pero, como muestra la solución de problemas por sujetos expertos (véase el capítulo 1), en muchos casos el uso de esa estrategia se verá dificultado o imposibilitado si el alumno no domina ciertas técnicas auxiliares, tanto cuantitativas como cualitativas (para mayor detalle y ejemplificación de esas técnicas en el currículo, véase el capítulo 5).

De esta forma, el uso del pensamiento hipotético-deductivo por parte de los alumnos requiere tanto asimilar la lógica del pensamiento científico como dominar algunas de las técnicas más usuales para acometer cada uno de los pasos necesarios, y completar así un proceso científico de solución del problema. Este equilibrio entre medios y fines quedará especialmente reflejado en la reflexión y evaluación que el propio alumno haga sobre el proceso de solución seguido.

#### *Reflexión, evaluación de los resultados y toma de decisiones*

Señalábamos en su momento que otra diferencia importante entre el proceso científico de la solución de problemas y la de problemas cotidianos es su finalidad. En la vida diaria, cuando nos enfrentamos a un problema -nos duele la cabeza, el coche no arranca o la mayonesa se nos corta- buscamos alcanzar un resultado deseado y sólo nos esforzamos en comprender en la medida en que sea necesario para obtener ese resultado. El problema acaba cuando cesa la jaqueca, el televisor funciona o arreglamos la mayonesa con algún truco casero. Es poco probable que, una vez arreglado el televisor, sigamos haciéndonos preguntas sobre su funcionamiento, a no ser que surja una nueva dificultad. La solución de problemas cotidianos está dirigida al éxito o logro de una meta y requiere sólo la comprensión mínima para lograr esa meta. En cambio, la finalidad de la investigación científica es obtener el máximo de comprensión sobre el problema estudiado. En sentido estricto, la ciencia nunca acaba por solucionar sus enigmas, ya que cada solución provisional abre nuevas dudas, cada respuesta es el origen de nuevas preguntas. La ciencia está buscando continuamente nuevos problemas; en la vida cotidiana, en cambio, intentamos evitarlos (CLAXTON, 1991). Los problemas científicos se buscan, en cierta medida el científico elige sus propios problemas; en la vida cotidiana, en cambio, nos encontramos con problemas, son ellos los que nos buscan a nosotros.

Una vez más, en esa posición intermedia en que hemos situado los problemas escolares, los alumnos tenderán inicialmente a resolverlos como hacen con sus problemas cotidianos, por lo que será necesario generar en ellos una actitud más activa de búsqueda de problemas y de reflexión sobre su significado. De hecho, normalmente los alumnos no “buscan” problemas escolares, sino que más bien se los encuentran cuando el profesor o el libro se los pone delante. En este sentido, la solución de problemas escolares debe tener como objetivo un cambio progresivo en la función de los mismos y en lo que se entiende por solución, un nuevo cambio de prioridades en la mente de los alumnos. La función de los problemas escolares no debería ser tanto alcanzar un determinado resultado como comprender el proceso que conduce a ese resultado. Los alumnos ya saben que los objetos se secan al aire, que los bloques de madera flotan o, incluso, que cuanto mayor es la altura de caída, más lejos llegará el objeto. Sus conocimientos previos son bastante predictivos. La pregunta que hay que responder de modo convincente es ¿por qué...?

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

En otras palabras, la función de los problemas escolares, como de otros tipos de aprendizaje, debe ser promover la reflexión y toma de conciencia sobre los propios conocimientos. Suele denominarse metaconocimiento a esa reflexión sobre el propio conocimiento. Según el psicólogo ruso VIGOTSKI (1934), mientras que los conceptos cotidianos se extraen generalmente de la búsqueda de regularidades y constantes en el comportamiento de los objetos, los conceptos científicos son más bien producto de la reflexión que hacemos sobre nuestras ideas con respecto al comportamiento de los objetos. O podemos decir también con CLAXTON (1991) que en la vida cotidiana pensamos con los conceptos, mientras que en la ciencia se piensa sobre los propios conceptos. Llevado a la solución de problemas, esto significa que enseñar a los alumnos a resolver problemas de un modo más científico implica inducir en ellos un cambio “metacognitivo” (o si se prefiere, metaconceptual): pasar de resolver los problemas que tienen con los objetos a resolver los problemas que tienen con sus conceptos.

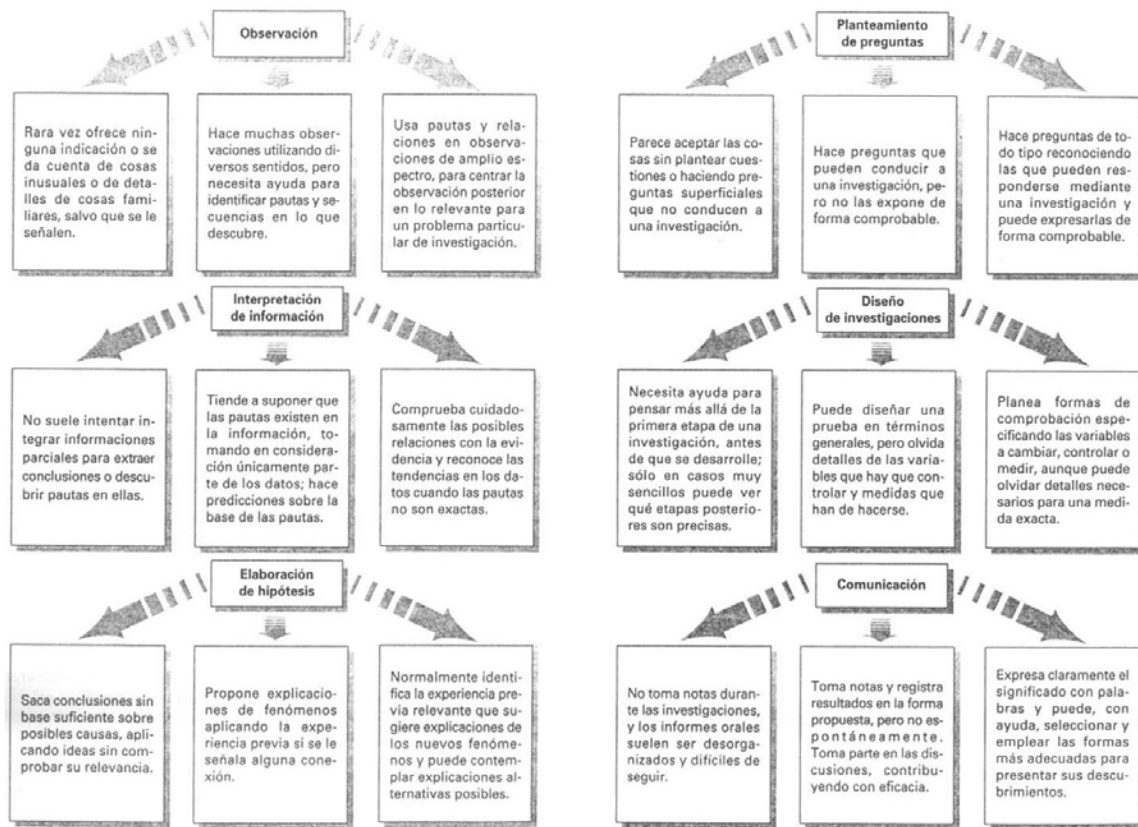


FIGURA 3.2. criterios para evaluar el dominio de cada una de las fases de solución de un problema en el aula de Ciencias (tomado de HARLEN, 1985)

En este punto la labor de la enseñanza es muy importante. Ese cambio no se producirá a menos que ese metaconocimiento o reflexión sobre el propio conocimiento se genere en el contexto de la interacción social y la comunicación con los compañeros pero también, y de modo muy fundamental, bajo la guía y supervisión del profesor. Debe ser el profesor, a través de los

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

problemas que plantea, pero también de las preguntas que hace sobre la marcha a medida que los alumnos buscan soluciones, y de la información e ideas que sugiere a los alumnos para su solución, quien induzca esa reflexión, ese preguntarse sobre lo que se sabe, para que vaya siendo interiorizado por los alumnos.

Uno de los vehículos más importantes para transmitir esa actitud reflexiva es la evaluación del proceso de aprendizaje. Como hemos visto en las fases anteriores, tanto la definición del problema como la planificación y puesta en marcha de una estrategia para su solución deben implicar ya una cierta reflexión, tanto por parte del profesor como de los alumnos. Pero obviamente, es a partir de la obtención de resultados cuando las propias hipótesis deben reformularse, evaluando su grado de ajuste a los datos obtenidos. Entendemos que la evaluación debe ser un proceso de análisis y valoración cualitativa del proceso de aprendizaje y no sólo una medida de niveles finales de rendimiento. Evaluar es algo más que calificar. Así, la evaluación de la solución de problemas debe consistir en una valoración del proceso seguido por los alumnos, analizando cada una de sus fases y no sólo el resultado final obtenido. De hecho, una evaluación centrada sólo en el resultado final tenderá a restringir la tarea, a los ojos de los alumnos, a un ejercicio cerrado en el que lo importante es alcanzar determinado resultado esperado por alguien.

La figura 3.2., pp. 1281-29, presenta una lista de criterios para evaluar cada una de las fases de la solución de un problema, según HARLEN (1985). No nos extenderemos a justificar cada uno de esos criterios, ya que en buena medida concuerdan con muchas ideas recogidas en la exposición precedente. Como puede verse en cada fase de la solución de problemas, se establecen tres criterios que implican una autonomía y una asimilación crecientes de las estrategias implicadas en esa fase. Así, por ejemplo, en la elaboración o formulación de hipótesis se pasará de la extracción apresurada de conclusiones no fundamentadas a la búsqueda de conexiones con otros conocimientos cuando el contexto de la tarea sugiere alguna relación, para finalmente buscar de modo autónomo o espontáneo relaciones o conexiones significativas entre los hechos observados y otros conocimientos, generando posibles explicaciones.

Esta lista es meramente indicativa y en el contexto de actividades concretas debería ser ampliada según los propios criterios u objetivos de la tarea, detallando indicadores más precisos del logro de los objetivos. Pero a pesar de su necesaria generalidad, la figura 3.2 pone de manifiesto la necesidad de que los profesores dispongamos de criterios relativamente detallados que guíen nuestra observación del proceso de solución por parte de los alumnos. También destaca la necesidad de evaluar todo el proceso de solución y no sólo la fase final de “comunicación” de la respuesta encontrada.

Por último, cabe destacar la necesidad de que esa evaluación no sea sólo externa al alumno, sino que la propia comunicación entre profesor y alumnos permita una interiorización por parte de los alumnos de esos criterios de evaluación. Como se observará en la figura 3.2, el aprendizaje de la solución de problemas implica una autonomía creciente en la aplicación de las estrategias adecuadas. No se trata sólo de que el alumno disponga de las técnicas y los conocimientos precisos, sino también de que tome, de modo cada vez más autónomo, las decisiones encaminadas a resolver los problemas. Esta autonomía en el proceso de solución debe implicar una transferencia progresiva del control de la tarea al alumno (BROWN et al., 1989), que debe apoyarse en la

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

retroalimentación que el profesor proporciona dentro de un proceso de evaluación continua (véase el capítulo 5). En definitiva, tal como iniciábamos este capítulo, si la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Primaria y Secundaria se propone lograr que los alumnos usen sus conocimientos científicos en la solución de problemas cotidianos, será necesario que los alumnos aprendan a usar con cierta autonomía sus estrategias para transferirlas a contextos en los que no se encontrarán con la guía o el apoyo del profesor o del libro de texto. Sólo así, la solución de problemas escolares habrá contribuido a que los alumnos aprendan a aprender.

## Notas

\* Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid.

\*\* Instituto de Bachillerato "Victoria Kent", Torrejón de Ardoz, Madrid.

(1) Real Decreto 1006/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Primaria (BOE de 26 de junio de 1991, anexo, p. 4).

(2) Real Decreto 1007/199, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE de 26 de junio de 1991, anexo, p. 36).

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

## 4. La Solución De Problemas En Ciencias Sociales \*

Jesús Domínguez Castillo \* \*

Introducción. La solución de problemas en los currículos de Ciencias Sociales de la Educación Obligatoria. Los problemas en la enseñanza de Ciencias Sociales. La enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas sociales. Diseño y planteamiento de problemas escolares en la enseñanza de Ciencias Sociales. Conclusión.

### Introducción

El ejercicio es ampliamente conocido, pues ha quedado para muchos profesores como arquetipo cuando no caricatura de un prestigioso proyecto inglés para la enseñanza de la Historia: la unidad comienza con la lectura en común del informe del comisario de policía, quien da cuenta del descubrimiento en aguas del puerto de Barcelona del cadáver de un joven, presuntamente ahogado. En el informe se detallan las circunstancias conocidas hasta el momento (lugar y hora en que fue encontrado el cadáver, el hallazgo posterior de una motocicleta hundida junto al muelle en esa misma zona del puerto...) y se relacionan algunos objetos y papeles personales hallados en una pequeña mochila que llevaba el joven.

A partir de los datos que proporciona el informe, los alumnos adelantan sus primeras hipótesis en respuesta a las preguntas más elementales del enigma: quién es el joven; cuándo, dónde, cómo y por qué ha muerto. Las primeras fuentes disponibles para intentar aclarar el misterio son los papeles y objetos que pertenecieron al infortunado muchacho; durante los próximos días los alumnos se afanan en el escrutinio de esos “documentos” y, a partir de ellos, en deducir y obtener por inferencia las primeras respuestas provisionales (“No pudo llegar al puerto antes de las... porque hasta esa hora estuvo en...”; “Debió caer al agua conduciendo su moto borracho o drogado al salir de la fiesta de rock de la que tenía una invitación”; “Puede que se suicidara, pues sabemos que acudía a un psiquiatra y, a juzgar también por la carta que le escribió esa chica, debía andar bastante deprimido”, etc.). Durante esos primeros días son continuas las discusiones y aclaraciones en la clase.

Finalmente, cuando el profesor considera ya maduro el trabajo, pide a los alumnos que escriban su propio informe, exponiendo sus conclusiones o hipótesis sobre el caso y justificándolas adecuadamente a partir de los documentos y objetos encontrados con el cadáver. La unidad didáctica concluye con una puesta en común final en la que el profesor subraya -como si de una moraleja se tratara- las similitudes entre el trabajo del historiador y el del detective. En sucesivas unidades el trabajo prosigue abordando problemas e investigaciones ya propiamente históricos, a través de los cuales los alumnos van introduciéndose de manera práctica en las características y dificultades que presenta la metodología histórica. A grandes rasgos así comenzaba el proyecto History 13-16 del que su primer módulo -What is history- fue traducido y adaptado al castellano hace ya unos años (Schools Council History 13-16 Project, 1976). (1)

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

En el contexto de una tradición de enseñanza de la Historia cuyo objetivo exclusivo e incuestionado era enseñar a los alumnos hechos, personajes y explicaciones sobre nuestro pasado, este cambio de acento que el proyecto History 13-16 proponía, para hacerlo recaer en el aprendizaje de los procedimientos de investigación histórica, no podía dejar de resultar innovador y, en buena medida, incomprendido. En efecto, para una mayoría de los profesores que acogieron con agrado dicho proyecto, su nuevo enfoque “problematizador” se percibió sobre todo como una renovación en los métodos didácticos; durante bastante tiempo fue difícil darse cuenta de que, para el History 13-16, aquello no era un simple cambio en la forma de enseñar, sino que afectaba claramente al objeto mismo de la enseñanza; y es que el aprendizaje de los métodos de la Historia era uno de los rasgos más característicos del proyecto inglés.

Las reacciones de extrañeza ante ese nuevo enfoque eran perfectamente comprensibles. Durante muchos años los ejercicios escolares relacionados con problemas -los “problemas” en su acepción más habitual entre los alumnos- habían sido algo exclusivo de la clase de Matemáticas y, como mucho, también de la de Física. “Hacer problemas” era algo completamente ajeno a las materias de Sociales, donde al alumno sólo se le exigía “aprenderse bien la lección”, es decir, tratar de recordar los datos y explicaciones que el profesor y el libro de texto le proporcionaran. Irónicamente, en la clase de Sociales (en realidad, de Geografía y de Historia) no se hacían problemas, siendo así que la mayoría de los problemas con los que uno se topa en la vida diaria son de tipo social: tienen que ver con la elección de alternativas (personales, profesionales, políticas, etc.), con la economía, con las relaciones personales, con el manejo de la información, etc. Afortunadamente, las cosas han empezado a cambiar en los últimos años y muchos profesores hacen un uso cada vez mayor de actividades y ejercicios planteados a modo de problemas, de manera que podríamos decir que “hacer problemas” ya no es algo totalmente ajeno a las enseñanzas sociales.

La figura 4.1 destaca las grandes cuestiones que abordamos en este capítulo, ordenadas en el orden en que se irán desarrollando a lo largo de las próximas páginas. Parece razonable iniciar nuestro trabajo analizando el papel que asignan a la solución de problemas los nuevos currículos de nuestras materias, establecidos tras la aprobación de la LOGSE; a fin de cuentas, en ellos se concreta la normativa básica sobre el contenido y las características que han de tener nuestras enseñanzas, lo que, a buen seguro, nos proporcionará algunas pistas valiosas sobre el tema. El segundo apartado estará dedicado a describir y analizar los rasgos que presentan los problemas en las disciplinas sociales y a señalar, a partir de ellos, los tipos de actividades o problemas más frecuentes en la enseñanza de Ciencias Sociales; de acuerdo con la perspectiva adoptada en esta obra, conviene vincular estrechamente la enseñanza de la solución de problemas a las distintas áreas y disciplinas del conocimiento, pues cada una de éstas parece conformar sus problemas de manera específica. El tercer y último apartado es el más extenso del capítulo y está dedicado a la enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas.



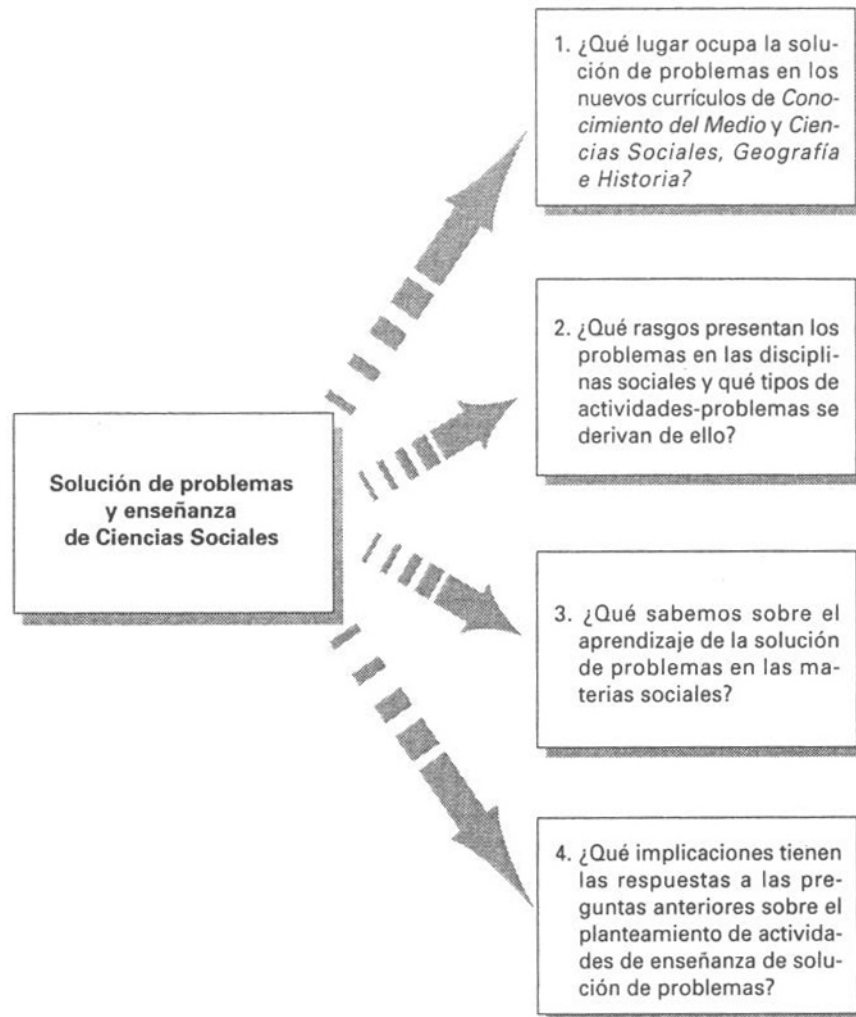


FIGURA 4.1. Cuestiones básicas de la solución de problemas en Ciencias Sociales.

Dentro de él se abordan, inicialmente, algunas cuestiones sobre el aprendizaje; en concreto se hace alusión a algunas investigaciones sobre las destrezas cognitivas que la solución de problemas conlleva y, en especial, al aprendizaje de la explicación histórica, por ser éste el ámbito más investigado y conocido por nuestra parte. Por último, se hacen comentarios y sugerencias sobre el diseño y desarrollo de actividades de enseñanza para la solución de problemas en nuestras materias.

### La Solución De Problemas En Los Currículos De Ciencias Sociales De La Educación Obligatoria

Uno de los rasgos que probablemente mejor caracterice a los currículos de las distintas áreas y materias establecidas tras la aprobación de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) es el considerable impulso que en ellos se da a la solución de problemas, entendida ésta en un sentido amplio. Ello es, sin duda, reflejo de las nuevas corrientes pedagógicas, para las que

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

la educación no tendría como cometido principal transmitir conocimientos a los alumnos sino procurar a éstos experiencias y aprendizajes que impliquen retos intelectuales y de otro tipo (motóricos, afectivos, de relación social, etc.), con los que favorecer el desarrollo de sus potencialidades y la adquisición de nuevos conocimientos. En concordancia con ello, la solución de problemas tiene, como veremos enseguida, un destacado lugar en los nuevos programas o currículos de Conocimiento del Medio en Educación Primaria y de Ciencias Sociales, Geografía e Historia en Secundaria Obligatoria.

Como apuntábamos más atrás, la presencia de la solución de problemas en la enseñanza suele revestir dos formas esenciales: como fin en sí mismo, es decir, como objeto mismo de aprendizaje, o como medio para la adquisición de otros conocimientos. En el primer caso, el objetivo es obvio: que los alumnos aprendan a abordar y resolver las situaciones problemáticas con que se encuentran o pueden encontrarse fuera de la escuela; la segunda opción subraya -y a menudo limita- el papel de la solución de problemas como técnica o estrategia de enseñanza, destacando sus ventajas para que los alumnos aprendan mejor determinados contenidos del programa. Ambas acepciones no son necesariamente excluyentes; de hecho podríamos decir que, a efectos prácticos, la una conlleva necesariamente a la otra: no se puede enseñar a resolver problemas si no es utilizando en el aula esa misma estrategia didáctica, de modo que considerar la solución de problemas como fin implica utilizarla también como medio; y, al revés, si se trabajan problemas en clase los alumnos acaban aprendiendo a planteárselos y resolverlos, aun cuando el fin perseguido por el profesor sea el aprendizaje de otros conocimientos (por ejemplo, determinados hechos y conceptos). Con todo, a pesar de este emparejamiento real de ambas acepciones, la diferencia entre una y otra es importante: en el primer caso, el profesor asume conscientemente que el aprendizaje de tales destrezas es un objetivo destacado de su tarea, pone los medios para que así sea y, lo que suele ser casi siempre determinante, se plantea la evaluación del aprendizaje de los alumnos en concordancia con ello.

Pues bien, ¿cuál es la opción tomada por el currículo oficial? En nuestra opinión, claramente la primera; como se puede apreciar en la figura 4.2, p. 140, a diferencia de otros planes de estudio y programas educativos anteriores, la solución de problemas figura como objeto mismo de enseñanza y aprendizaje, es decir, como parte de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de dichos programas. Esto no impide -al contrario- que también se le dé importancia dentro de las orientaciones y sugerencias sobre metodología de enseñanza y de evaluación. Las referencias a las actividades que se fundamentan en el planteamiento de problemas, como los “proyectos de investigación” y las estrategias de indagación (“tareas sin solución clara o cerrada” y “estudios de casos”) tienen una presencia relevante en las orientaciones didácticas (generales y específicas de cada ámbito de contenidos) y en los referentes e instrumentos para la evaluación del aprendizaje.

Es evidente que, así planteada, la solución de problemas tiene ya una cierta tradición en la didáctica de Ciencias Sociales, y ha estado siempre presente, de múltiples formas, en la llamada “metodología activa”. En este sentido las orientaciones incluidas en el currículo no hacen sino recoger en la norma oficial algo que va siendo una práctica cada vez más extendida en colegios e institutos. Pero lo que a mi juicio merece que aquí subrayemos es lo primero: la inclusión de la solución de problemas como parte importante del qué enseñar; ello es, sin duda, una de las novedades más destacadas de los nuevos programas de enseñanza y es justo que nos detengamos a analizarlo con más detenimiento.

Autor: Juan Ignacio Pozo Mucio (Coordinador)

De acuerdo con el modelo de currículo adoptado por el Ministerio, los objetivos y contenidos establecen el qué enseñar (MEC, 1989), es decir, las capacidades educativas que se espera que los alumnos adquieran (objetivos) y los conocimientos (contenidos de enseñanza) que se consideran más adecuados para el desarrollo de dichas capacidades.

Pues bien, la solución de problemas en el ámbito de lo social va a formar parte de los objetivos y contenidos que el nuevo currículo establece.

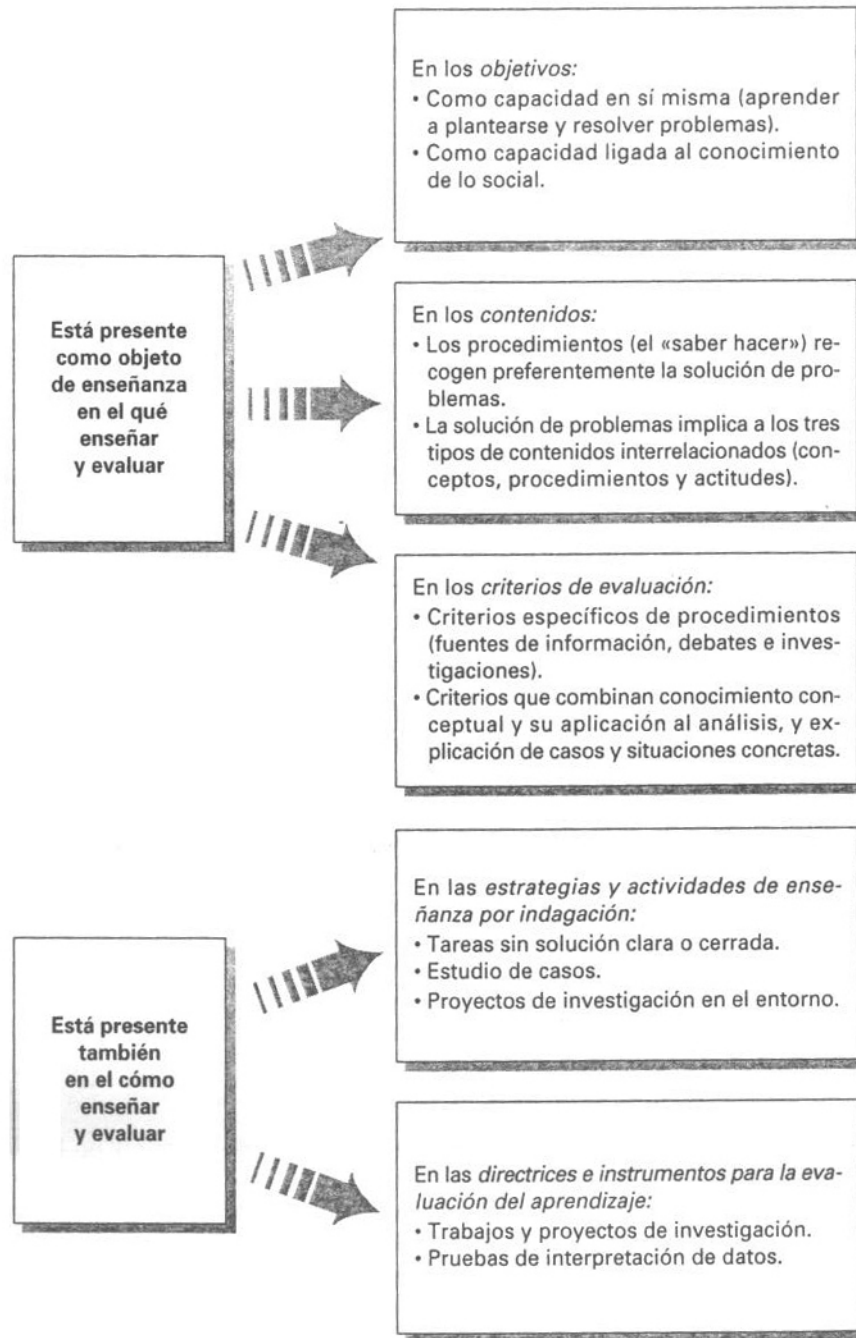


FIGURA 4.2. El lugar asignado a la solución de problemas en el nuevo currículo.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

### *Los objetivos*

Respecto a los objetivos, el aprendizaje de la solución de problemas es una capacidad muy destacada tanto en Conocimiento del Medio como en Ciencias Sociales, Geografía e Historia, según se puede observar en las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Primaria y a la Secundaria Obligatoria (2). En efecto, en las dos áreas hay un objetivo que lo señala expresamente; por ejemplo, en Conocimiento del Medio, el objetivo general 8 reza así: “Identificar, plantearse y resolver interrogantes y problemas relacionados con elementos significativos de su entorno, utilizando estrategias, progresivamente más sistemáticas y complejas, de búsqueda, almacenamiento y tratamiento de información, de formulación de conjeturas, de puesta a prueba de las mismas y de exploración de soluciones alternativas”.

Pero además, un buen número de los objetivos restantes también aluden, de forma más o menos indirecta, a la solución de problemas en el contexto de otras capacidades; así, por ejemplo, en Ciencias Sociales, Geografía e Historia, además del objetivo 7, especialmente ocupado de dicha capacidad, podemos leer otros como el objetivo 2: “Identificar los procesos y mecanismos básicos que rigen el funcionamiento de los hechos sociales, utilizar este conocimiento para comprender las sociedades contemporáneas, analizar los problemas más acuciantes de las mismas y formarse un juicio personal crítico y razonado”, o el objetivo 8: “Obtener y relacionar información verbal, icónica, estadística, cartográfica, etc., a partir de distintas fuentes, y en especial de los actuales medios de comunicación, tratarla de manera autónoma y crítica de acuerdo con la finalidad perseguida y comunicarla a los demás de manera organizada e inteligible”.

La incorporación de estos objetivos al currículo constituye, en nuestra opinión, un cambio destacable en la tradición de nuestros programas escolares y planes de estudio precedentes: la finalidad de la educación ya no es sólo que los alumnos adquieran conocimiento y comprensión (en nuestro caso, de los hechos humanos y sociales), sino también que puedan servirse de ese conocimiento para afrontar mejor algunos de los problemas y cuestiones controvertidas de la vida social. Aun cuando, como tantas veces ocurre, los objetivos puedan acabar siendo simples “buenas intenciones” nunca realizadas, en este caso, los otros elementos del currículo -contenidos y criterios de evaluación- también convergen en la misma dirección, como vamos a ver seguidamente.

### *Los contenidos*

Los contenidos han sido tradicionalmente la pieza central del plan de estudios, el elemento más prescriptivo del mismo y el más reconocible para los profesores; razón por la cual toda reforma del currículo había de pasar necesariamente por modificar de manera sustancial los contenidos. El nuevo currículo no ha modificado esa realidad; sin embargo, los todopoderosos contenidos muestran coherencia con la importancia que los objetivos conceden a la solución de problemas. En efecto, la distinción expresa que se ha hecho entre contenidos de conceptos, de procedimientos y de actitudes es una de las originalidades y, seguramente también, uno de los mayores aciertos de este currículo.

Por lo que a la solución de problemas se refiere, podríamos afirmar que el desarrollo y profundidad con que ésta se recoge en los procedimientos es prueba evidente de que el nuevo currículo no se ha limitado a hacerla figurar sólo en sus enunciados más retóricos. Otro tema será probablemente

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

su generalización a la actividad práctica en las aulas pero, por sí solo, el énfasis dado a los procedimientos permite al menos confiar en que esas intenciones puedan ir más allá de la simple letra del BOE. Y es que, desde el punto de vista de la innovación didáctica, estamos convencidos de que los procedimientos son el instrumento potencialmente más fértil del nuevo plan de estudios, y el que puede hacer realidad que la solución de problemas reciba la atención que se merece en las aulas.

Como es bien conocido, se entiende por contenidos educativos el conjunto de saberes, de aspectos de la cultura y de la experiencia humana que la escuela se encarga de enseñar. Tal conjunto incluye, por una parte, saberes declarativos (el saber decir, por ejemplo: “El 23 de febrero de 1981 algunos mandos militares y de la Guardia Civil se sublevaron contra el Gobierno, tomando por unas horas el Parlamento”), o sea, datos, acontecimientos, conceptos, hipótesis explicativas, etc., y que el currículo denomina de forma genérica conceptos; por otra, incluye saberes de tipo práctico o técnico (el saber hacer, por ejemplo: “Cotejar distintas fuentes como periódicos, fuentes orales, grabaciones en vídeo y radiofónicas, etc., para analizar las circunstancias, intenciones de los sublevados, etc.”), o sea habilidades, estrategias y técnicas de trabajo denominadas comúnmente procedimientos en el currículo (COLL y VALLS, 1991); finalmente, ese conjunto de saberes comprende también hábitos, actitudes, valores, etc. (el saber conducirse, por ejemplo: “Adoptar los principios democráticos como criterios para la valoración de actitudes y comportamientos políticos, actuales o pretéritos”) y que el currículo llama genéricamente actitudes. Como se puede observar por los ejemplos anteriores relativos a la historia reciente española, esos saberes que incluimos en los contenidos educativos están estrechamente relacionados entre sí, de forma que los que hemos denominado “saber decir”, “saber hacer” y “saber conducirse” se apoyan y complementan el uno en los otros, pues, como afirma la psicología cognitiva (CARRETERO, POZO y ASENSIO, 1989; POZO, 1987), el conocimiento funciona siempre mediante estructuras o esquemas cognitivos que ponen en estrecha interrelación los distintos tipos de contenidos (datos, conceptos, destrezas, valores, etc.).

Sin poner en duda la interrelación de estos tres tipos de contenidos es necesario hacer notar que los procedimientos, al subrayar el aspecto práctico del conocimiento, dan a la enseñanza una dimensión más funcional y “problematizadora”, corrigiendo la tradicional tendencia de ésta a inclinarse demasiado del lado del “saber decir”. Por consiguiente, son los procedimientos los contenidos más adecuados para incorporar al currículo la solución de problemas como objeto de enseñanza. Su presencia nos recuerda que, entre los “saberes” (contenidos) que es preciso trabajar en clase, está el saber hacer, plantearse, abordar, etc., ciertos ejercicios y actividades problemáticas.

Como se aprecia en el cuadro 4.1, p. 144, las dos áreas de Sociales, tanto en Primaria como en Secundaria Obligatoria, incluyen numerosos procedimientos que tienen, o pueden tener, una estrecha relación con la solución de problemas.

Este tipo de procedimientos se habrán de traducir en la práctica en actividades de enseñanza que pueden ser más o menos mecánicas, problemáticas para el alumno; como se explicará más adelante, ello va a depender sobre todo de la naturaleza de la actividad (según sea repetitiva o creativa, abierta o cerrada, etc.), aunque también de los propios conocimientos del alumno. Sin embargo, a pesar de las diferencias que pueda haber en las actividades que concreten en el aula la enseñanza de estos procedimientos, es evidente que todos ellos tratan, en último extremo, de

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

que los alumnos adquieran el saber y la experiencia práctica necesarios para solucionar o, cuando menos, afrontar adecuadamente situaciones y cuestiones problemáticas que son características de nuestra área de conocimientos.

#### CUADRO 4.1. EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS CON LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

##### Área de Conocimiento del Medio

Bloque 2. El paisaje: “Elaboración e interpretación de planos e interpretación de mapas sencillos utilizando signos convencionales y aplicando nociones básicas de escala”.

Bloque 8. Organización social: “Dramatización y simulación de la cooperación, así como de los conflictos entre grupos sociales”.

Bloque 9. Medios de comunicación y transporte: “Utilización de los distintos medios de comunicación como fuentes de información útiles para el estudio y el conocimiento de problemas y temas particulares”.

Bloque 10. Cambios y paisajes históricos: “Introducción al trabajo con documentos históricos (materiales y escritos) como fuente de información para reconstruir el pasado”.

##### Área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia

Bloque 1. Sociedad y territorio: “Análisis de las interacciones entre el medio y la acción humana que se producen en procesos y manifestaciones geográficas como la contaminación y degradación del medio ambiente, la configuración de un paisaje determinado o la localización y distribución de determinados hechos geográficos”.

Bloque 2. Sociedades históricas y cambio en el tiempo: “Análisis y comparación de fuentes históricas señalando lagunas, errores y contradicciones entre ellas”.

Bloque 3. El mundo actual: “Preparación y realización de debates, negociaciones simuladas, etc., sobre cuestiones de actualidad, apoyando con datos sus argumentos y opiniones”.

*Ejemplos tomados de los Reales Decretos de Enseñanzas Mínima (R. D. 1006/1991 y 1007/1991) de Primaria y secundaria, respectivamente.*

#### *Los criterios de evaluación*

La preocupación por incorporar la solución de problemas al “qué enseñar”, es decir, en tanto que objeto mismo de enseñanza, queda asimismo reflejada en numerosos criterios de evaluación, el tercer elemento, junto con objetivos y contenidos, del nuevo currículo. Sin entrar en absoluto a analizar y valorar tales criterios de evaluación -para muchos, uno de los elementos más

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

controvertidos del nuevo currículo- (ABALO, 1991) digamos que una de las funciones principales de éstos es concretar y precisar mejor los aprendizajes recogidos de forma más vaga en objetivos y contenidos; aunque esa mayor precisión dejará, en contrapartida, más cerrado y rígido al currículo. Sin embargo, desde la perspectiva de la solución de problemas en la enseñanza, que aquí estamos contemplando, los criterios de evaluación pueden tener un papel marcadamente positivo, pues acentúan la importancia que ya tenían estos aprendizajes en objetivos y contenidos. A nuestro entender, una mayoría de criterios de evaluación en las áreas de Sociales, tanto en Primaria como en Secundaria Obligatoria, incluyen capacidades claramente relacionadas con la solución de problemas. Es oportuno distinguir dos tipos de criterios: los dedicados de forma específica al aprendizaje de procedimientos y los que combinan conceptos y procedimientos.

Los primeros son criterios relacionados en exclusiva con el aprendizaje de procedimientos que son imprescindibles para abordar con rigor muchos problemas de nuestro ámbito de conocimientos: adquirir información, tratar y evaluar de manera crítica todo tipo de documentos, plantearse y conducir pequeñas investigaciones, participar e intervenir con rigor en debates sobre cuestiones controvertidas, etc. Este grupo de criterios son limitados en número, pues se aplican a muy distintos ámbitos de trabajo y tienen, por tanto, un “radio de acción” muy extenso. Este es el caso, por ejemplo, del criterio 17 de Conocimiento del Medio: “Abordar problemas sencillos, referidos al entorno inmediato recogiendo información de diversas fuentes (encuestas, cuestionarios, imágenes, documentos escritos), elaborando la información recogida (tablas, gráficos, resúmenes), sacando conclusiones y formulando posibles soluciones”.

El segundo tipo de criterios de evaluación combina estrechamente un determinado conocimiento conceptual (por ejemplo, sobre los modelos del crecimiento demográfico, en el número 3 de Ciencias Sociales, Geografía e Historia) y la capacidad para resolver problemas, es decir, su aplicación a unos hechos o casos concretos (en ese mismo criterio, al análisis de los problemas de superpoblación y envejecimiento). La abundancia (sobre todo en Secundaria Obligatoria) de este tipo de criterios de evaluación expresa, por un lado, la estrecha conexión de los distintos contenidos (conceptos, procedimientos...) a que antes aludíamos y, por otro, la necesidad de que el aprendizaje de conceptos sea funcional, es decir, utilizable para aclarar y resolver problemas y cuestiones a las que nos enfrentamos en la vida diaria. De esta manera, creemos, los criterios de evaluación nos advierten de que la solución de problemas no debe abordarse en clase como si de un ejercicio de gimnasia intelectual se tratara, pues requiere disponer de instrumentos teóricos (conceptos e hipótesis explicativas) con los que organizar y establecer relaciones de significado entre los datos o fenómenos estudiados.

Como acabamos de ver, el nuevo currículo asigna un destacado papel a la enseñanza de la solución de problemas, llegando a situar esas destrezas entre los contenidos centrales de enseñanza; pues bien, la pregunta que a continuación nos hacemos es: ¿Qué entendemos por “problemas” en la enseñanza de Ciencias Sociales? ¿Qué peculiaridades parecen presentar tales problemas en nuestras materias?

Autor. Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

## Los Problemas En La Enseñanza De Ciencias Sociales

### *¿Qué entendemos por problemas?*

Parece que la definición de “problema” concita un notable acuerdo entre los estudiosos que se vienen ocupando del caso; de las que habitualmente se manejan, hay una que nos parece especialmente feliz por su brevedad y capacidad de evocación: “un problema es un viaje, no un destino” (GRUPO 0, 1987); hay también definiciones más precisas, como ésta: “una situación que un individuo o un grupo quiere o necesita resolver y para la cual no dispone de un camino rápido y directo que le lleve a la solución” (LESTER, 1983), pero todas coinciden en destacar que se trata de una situación para la que no hay una vía de solución prefijada, cuyos pasos uno pueda aprender y aplicar de forma casi automática, sino que se trata siempre de cuestiones cuya respuesta debe ser necesariamente explorada. Por ello parece útil, en principio, la distinción entre problema y ejercicio; según ésta, un ejercicio sería una tarea para cuya realización se han de seguir unos pasos bien establecidos y delimitados y que, por consiguiente, uno llega a realizar de forma mecánica o automática. Así, por ejemplo, consideraríamos ejercicios la realización de un eje cronológico o de una pirámide de población a partir de los datos de una tabla; la elaboración de un esquema con la información básica que proporciona un texto escrito; la descripción formal de los elementos arquitectónicos de la fachada de una iglesia renacentista; el registro de los datos de una excavación arqueológica; el trazado del perfil topográfico entre dos puntos de un mapa, etc. Tales tareas pueden ser más o menos difíciles en función de los datos manejados y, por supuesto, ser ejecutadas con mayor o menor rigor y perfección; pero, en principio, tanto sus soluciones como los pasos para llegar a ellas parecen bien definidos y precisados.

No ocurre lo mismo con tareas como, por ejemplo, elegir el emplazamiento más adecuado para una nueva gasolinera en Zaragoza a partir de datos como: un mapa de carreteras con indicación de las gasolineras existentes, flujos de tráfico, precios del suelo, etc.; seleccionar entre varios cuadros de Rafael el que mejor expresa los rasgos del arte renacentista; sopesar entre distintos hechos y circunstancias las causas más determinantes de la quiebra de la monarquía absoluta en España; cotejar dos artículos de la prensa diaria que discrepen en sus análisis sobre los resultados de unas elecciones políticas y discernir en ellos las valoraciones que puedan ser más objetivas y fundamentadas, etc. Estas últimas actividades se nos presentan, al contrario que las anteriores, como tareas sin una respuesta unívoca, a la que uno puede llegar por itinerarios diferentes.

La distinción entre problemas y ejercicios, pese a su aparente claridad, exige hacer una importante matización: aun cuando existan diferencias notables en la naturaleza de uno y otro tipo de tarea (unas más abiertas o discutibles que otras), no es menos cierto que esas tareas pueden ser más o menos problemáticas en función del conocimiento y experiencia de quien las afronta; así, a un alumno con poca experiencia le puede resultar un verdadero problema la simple elaboración de un eje cronológico sencillo, mientras que, por el contrario, un especialista en Geografía dará en seguida, con rapidez y aparente automatismo, varias alternativas para el emplazamiento de nuestra gasolinera. Por consiguiente, podemos decir que la distinción entre ejercicios y problemas es, en buena medida, una cuestión de grado y dependiente de los conocimientos y experiencia del sujeto.



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Teniendo en cuenta estas reflexiones, puede sernos de gran ayuda distinguir, por un lado, “problema real”, es decir, situación problemática en un contexto real, susceptible o no de ser abordada por especialistas, y por el otro, “actividad-problema”, o sea, tarea o actividad de enseñanza que se propone como cuestión o problema que han de resolver los alumnos.

Como trata de mostrar la tabla 4.1., el rasgo esencial que caracteriza a las actividades-problema no es que éstas tengan o no su correlato en problemas reales, sino la naturaleza de la actividad mental -rutinaria o exploratoria- que exijan al alumno. Es importante subrayar esto, pues tanto los problemas reales como los meros ejercicios técnicos pueden traducirse en problemas escolares o en ejercicios rutinarios. Por desgracia esto último ocurre con demasiada frecuencia y vemos cómo situaciones, a veces apasionantes en la vida diaria (real), se convierten en tareas escolares monótonas y sin interés.

Lo anterior tiene inmediatas e importantes implicaciones didácticas. La primera y más importante, que el profesor hará bien en abordar como verdaderos problemas, tareas que, desde un punto de vista técnico como el suyo, no dejan de ser meros ejercicios de aplicación de una técnica; tomemos, por ejemplo, la realización de un eje cronológico simple: en lugar de enfocar su elaboración (y, sobre todo, su corrección) como una tarea perfectamente cerrada y definida, es preferible contemplarla como un problema en el que las distintas respuestas puedan ser discutidas y valoradas por los propios alumnos.

La segunda consecuencia es que buena parte de los “problemas” que los alumnos encuentran, lo son dadas las ideas previas que, inevitablemente, ponen en juego; por ejemplo, en la realización del eje cronológico, los alumnos suelen considerar que el tiempo transcurrido no es independiente sino proporcional al número de acontecimientos que se señalan, otras veces no diferencian entre la representación gráfica de períodos (un siglo, una época, etc.) y la de hechos puntuales (la muerte de una persona, un descubrimiento técnico...), etc. Como veremos más adelante, el planteamiento de muchas actividades y problemas didácticos sólo tiene sentido en la medida en que, al chocar con las expectativas habituales de los alumnos, permiten hacer a éstos más conscientes de su nivel de comprensión.

TABLA 4.1 LOS REFERENTES DISCIPLINAR Y DIDÁCTICO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS		
MODELOS DE APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA	CONTEXTO REAL Y DISCIPLINAR	
	Aplicación de una técnica	Problemas o cuestiones abiertas
Por repetición	Ejercicios rutinarios.	Ejercicios rutinarios.
Por indagación y por reconstrucción	Problemas escolares.	Problemas escolares.

GRAVES (1980), por ejemplo, menciona una actividad a partir del plano de Nueva Orleans, cuyo objetivo era poner en cuestión las expectativas de muchos alumnos norteamericanos, según las cuales los negros necesariamente residen en los barrios pobres y deprimidos de las ciudades; en Historia, son también característicos de este tipo de problemas los dilemas empáticos (SHEMILT, 1984; DICKINSON y LEE, 1984; DOMÍNGUEZ, 1986, entre otros); en este tipo de problemas, tras

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

una adecuada información que sitúe el contexto, se pide a los alumnos que elijan entre varias alternativas las respuestas que más les convenzan a preguntas como las siguientes: “¿Qué crees que debió pesar más en el ánimo de Felipe II cuando decidió enviar los tercios para imponer su autoridad en los Países Bajos?”; “En el conflicto entre liberales y absolutistas (carlistas), ¿qué posición adoptaría el pequeño campesinado del norte y este de España?”; “¿Cómo juzgas el comportamiento de aquellos padres y madres que, en los primeros tiempos de la revolución industrial, mandaban a sus hijos de corta edad a trabajar agotadoras jornadas en fábricas y minas? ¿Qué hubieras hecho tú en su lugar?”.

Como se ha visto por los ejemplos anteriores, no importa que los problemas escolares tengan o no su correlato en “problemas reales”: unos han sido adaptados de los que afrontan los expertos (ubicación de la gasolinera), otros son, de hecho, problemas irreales o ficticios (los especialistas conocen bien el apoyo de muchos campesinos al carlismo), otros son en realidad ejercicios de aplicación técnica (eje cronológico).

Lo importante es, como ya dijimos, que tales problemas demanden del alumno una actividad creativa y exploratoria. Hasta aquí hemos intentado esclarecer lo que entendemos por problemas desde un punto de vista didáctico; ahora es necesario que veamos qué entendemos por problemas en las disciplinas sociales.

De acuerdo con la distinción que hemos hecho, analizaremos en primer lugar las características que presentan dichos problemas en sus contextos reales y disciplinares y, en relación con ellos, señalaremos los tipos de problemas escolares más frecuentes en la enseñanza de las Ciencias Sociales.

*Características que presentan los problemas de Ciencias Sociales y tipos de problemas escolares que se derivan.*

Los problemas habituales y característicos en Historia, Geografía y otras Ciencias Sociales presentan ciertos rasgos que los distinguen de los que encontramos en otras áreas o disciplinas de conocimiento. Sin ánimo de establecer clasificaciones pero sí de caracterizar y hacer más inteligibles tales diferencias, parece oportuno agrupar sus características en torno a tres conjuntos de rasgos que creemos que son definitorios de los problemas que afrontan las disciplinas sociales: a) son problemas mal definidos desde un punto de vista teórico; b) las soluciones o respuestas conllevan necesariamente opciones de valor, y c) son problemas mediatizados por las fuentes de información. El análisis de cada uno de estos rasgos nos permitirá ir delimitando en paralelo grandes grupos de actividades-problema que surgen en función de aquéllos.

### **SON PROBLEMAS MAL DEFINIDOS**

Para empezar, en todas las disciplinas o Ciencias Sociales está mal definida la relación entre teoría y dato empírico. Las hipótesis científicas y conceptos no son en ellas “modelos acabados” sino, como han subrayado reconocidos especialistas nada sospechosos de empirismo simplista (por ejemplo, CARR, 1961; BUNGE, 1962; THOMPSON, 1981), aquéllos se comportan más bien como marcos de expectativas para la investigación de los datos empíricos; su función es señalar las determinaciones más relevantes -obtenidas a partir de la generalización de numerosos

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

ejemplos- pero sin menospreciar las circunstancias particulares que intervienen, pues también éstas son necesarias para dar cuenta del hecho concreto ocurrido. En suma, el investigador necesita modelos teóricos como instrumentos para explicar los hechos particulares, pero esos modelos han de acomodarse a las condiciones específicas de cada caso.

A diferencia de lo que ocurre generalmente en Ciencias de la Naturaleza, el interés del investigador en conocer no sólo cómo y por qué ocurren por lo general las cosas en los hechos humanos y sociales, sino también en explicar por qué éste o aquel hecho ha ocurrido u ocurre “así-y-no-de-otro-modo”, como diría WEBER (1973), impide que las circunstancias particulares de cada hecho o fenómeno estudiado queden ocultas, subsumidas bajo la correspondiente ley científica; ahí reside en buena medida la dificultad de definir con precisión las premisas o condiciones iniciales de los problemas históricos, económicos, geográficos, etc.

Ahora bien, ¿en qué se traduce a efectos prácticos el hecho de que los problemas de las disciplinas sociales estén “mal definidos”? En nuestra opinión, en dos rasgos principales: que el número de variables o circunstancias que intervienen sea bastante indeterminado y que resulte muy difícil decir cuáles son, entre dichas variables, las más determinantes; a ello es a lo que habitualmente nos referimos con expresiones más o menos acertadas como “causalidad múltiple” o “complejidad multicausal”. En consecuencia, la explicación multicausal conllevaría tres principales tareas o procedimientos: identificar los factores que intervienen distinguiéndolos de otros hechos irrelevantes, analizar la red de conexiones entre tales factores y evaluar el peso relativo de los mismos, es decir, sopesar cuáles sean más o menos determinantes en la ocurrencia del hecho o fenómeno estudiado (DOMÍNGUEZ, 1993).

Como desarrollaremos más adelante en el apartado sobre las actividades de enseñanza, de lo anterior se derivan algunas implicaciones didácticas inmediatas. Un importante grupo de actividades-problema en la enseñanza de Ciencias Sociales está relacionado con la explicación multicausal: es de gran utilidad ejercitar a los alumnos en el análisis de las numerosas y complejas conexiones que habitualmente están en la raíz de los problemas humanos y sociales. Como veremos al tratar el aprendizaje de estas destrezas, los alumnos tienden a utilizar esquemas pobres y simplistas sobre las relaciones causa-efecto; por ejemplo, en Historia, parece profundamente arraigado en ellos el modelo de causalidad lineal o cadena de conexiones simple (SHEMILT, 1980; POZO, ASENSIO y CARRETERO, 1986; POZO y CARRETERO, 1989; DOMÍNGUEZ, 1993).

Otro aspecto vinculado a la indefinición de los problemas sociales es la gran dificultad -y a menudo imposibilidad- que presentan esos problemas para comprobar experimentalmente la validez de las soluciones arbitradas. Es cierto que hay disciplinas (Sociología y Economía, sobre todo) en las que las hipótesis de trabajo (las soluciones a un problema o cuestión) pueden tratar de validarse mediante el diseño de experiencias piloto, pero no es frecuente; a diferencia de lo que ocurre en Ciencias de la Naturaleza, en nuestras materias el control y manipulación experimental de los elementos en juego o es improcedente o tiene escasa o nula utilidad a la hora de verificar la idoneidad de una respuesta. Las implicaciones didácticas de esta realidad se han señalado en varias ocasiones. Por un lado, nos advierte de las desventajas que tenemos frente a los profesores de otras materias: nunca podremos hacer ver a nuestros alumnos -con la contundencia que permiten, por ejemplo, los experimentos físicos o químicos- que este o aquel factor o circunstancia

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

fuera el principal determinante de la guerra civil española, del desarrollo urbano de tal o cual área, de aquella decisión política tan polémica, etc. (POZO y CARRETERO, 1989). Por el otro, nos recuerda la necesidad de ser conscientes de la especificidad de nuestros métodos de investigación (de crítica de fuentes, comparativo, estadístico, de campo...). Estas peculiaridades que presenta la metodología de investigación en las disciplinas sociales caracteriza, por tanto, a un grupo importante de problemas escolares: los relacionados con la investigación; se aborde ésta de forma completa o parcial, los proyectos de investigación realizados por los alumnos han de atenerse a las “reglas del juego” que utilizan los científicos sociales, especialmente en lo que se refiere a la validación de las hipótesis no mediante experimentación controlada sino sobre los datos recogidos experimentalmente con distintos medios y técnicas (análisis críticos de las fuentes, trabajo de campo, muestreo y encuestas, tratamiento estadístico de los datos...).

### *LAS SOLUCIONES CONLLEVAN NECESARIAMENTE OPCIONES DE VALOR*

Una segunda característica de los problemas en las materias sociales tiene que ver con el hecho de que las soluciones, interpretaciones, etc., de los mismos difícilmente resultan neutras desde un punto de vista moral o ideológico. Esto, que en sí mismo está presente, de una u otra forma, en toda manifestación del conocimiento racional y científico, adquiere especial relieve en el caso de las ciencias humanas y sociales: el punto de vista del investigador introduce -desde el mismo momento de la elección del objeto y la perspectiva de su investigación- opciones y criterios que son en parte cambiantes y subjetivos. No obstante, esto no invalida -por relativista o subjetivista- el conocimiento científico de lo social, fundamentado en el cumplimiento de unos procedimientos metodológicos rigurosos y compartidos por la comunidad científica (WEBER, 1973; CARR, 1961; SCHAF, 1976). La presencia ineludible de opciones de valor en el conocimiento social tiene, a nuestro entender, dos importantes consecuencias en los problemas: la primera, que no hay soluciones “correctas” a los mismos, y la segunda, que la solución a muchos de ellos pasa por tomar en consideración otros puntos de vista distintos al propio.

Que los problemas de las disciplinas sociales nunca o casi nunca presenten una respuesta unívoca o correcta es manifestación de las diferencias en los marcos teóricos y las opciones de valor, pero también de la multiplicidad de variables a la que antes aludíamos, que intervienen en todo hecho o situación de ámbito histórico, geográfico, político, etc. La controversia y el debate entre los especialistas es, por tanto, el “estado natural” de la investigación en nuestras disciplinas. Ello no debe hacernos concluir que todas las respuestas sean válidas o no por igual; por el contrario, es importante destacar que siempre hay mejores y peores soluciones a un problema o cuestión, y ello, tanto desde criterios técnicos (exactitud, coherencia, rigor, economía, etc.), como desde criterios que tengan que ver con posiciones ideológicas y morales (justicia, respeto al medio ambiente, libertad, eficacia, rentabilidad, etc.).

La inexistencia de soluciones correctas en muchos problemas de las disciplinas sociales tiene su traducción en dos grandes tipos de problemas escolares. El primer grupo lo forman aquellas que tienen por objetivo hacer conscientes a los alumnos de, primero, que ante numerosos problemas caben varias respuestas; segundo, que esas respuestas pueden ser mejores o peores en función de los criterios elegidos, y tercero, que son escasas las ocasiones en que es posible aplicar criterios ampliamente o totalmente aceptados.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Los debates, negociaciones, juegos de rol, toma de decisiones, etc., pertenecen a este tipo de actividades; así por ejemplo, pueden encontrarse numerosos emplazamientos en los alrededores de una ciudad adecuados en grado similar para construir una gasolinera, como se pueden apuntar varios factores determinantes por igual de la quiebra de la monarquía absoluta en 1820, etc. Por consiguiente, la discusión no debe plantearse sobre cuál sea la respuesta, sino sobre cuál sea la mejor de las respuestas. Sólo una advertencia: tan preciso es hacer conscientes a los alumnos de que no hay respuestas verdaderas en sentido absoluto como lo es evitar transmitirles la impresión de que todo es opinable y discutible por igual en el campo de las Ciencias Sociales.

Hay un segundo grupo de problemas escolares relacionados con la presencia de opciones de valor en los problemas de Ciencias Sociales: son los problemas de explicación intencional o de comprensión por empatía, que en los últimos años están adquiriendo una creciente consideración en la enseñanza de nuestras materias. Se entiende por empatía la disposición a tomar en consideración los puntos de vista, creencias, motivos, etc., de otras personas, junto con las circunstancias que pueden condicionar sus actitudes o decisiones en un determinado momento. En su momento veremos qué tipos de actividades de enseñanza pueden utilizarse para abordar este tipo de problemas (desde los juegos de rol en problemas geográficos, políticos, etc., hasta los ejercicios de explicación intencional en Historia).

Apuntemos una última advertencia: la conveniencia de comprender otros puntos de vista, creencias, etc., no es contraria, en modo alguno, a la firmeza en las convicciones y criterios propios. Uno puede intentar comprender, por ejemplo, las razones de los fundamentalistas de cualquier signo o religión sin por ello dejar de combatirlos con firmeza.

### *LOS PROBLEMAS ESTÁN MEDIATIZADOS POR LAS FUENTES DE INFORMACIÓN*

Un tercer rasgo destacable de los problemas característicos de Ciencias Sociales tiene que ver con el decisivo papel que juegan las fuentes de información como elementos mediadores entre el dato empírico y el conocimiento. Con la excepción de la Geografía y la Historia del Arte, disciplinas en las que el investigador tiene acceso “directo” es decir, perceptivo a una parte importante de los datos que maneja, se puede afirmar que los datos empíricos de la realidad social se ofrecen siempre a nuestro conocimiento codificados en distintos formatos: textos escritos u orales, fotografías, imágenes, objetos materiales, mapas, gráficos, tablas de datos estadísticos, etc.

No debe verse en esta distinción entre datos perceptibles y codificados ninguna consideración positivista que asigne a los primeros mayor objetividad que a los segundos, pues sabemos que los datos de la realidad empírica no son algo absolutamente independiente de la mirada -sea ésta física o mental del investigador.

La distinción tiene por objeto subrayar la necesidad de contar con una mínima experiencia en la lectura y manejo de variados códigos de información para tener acceso, por elemental que éste sea, al conocimiento de la realidad social. No parece necesario insistir, por obvio, en el papel crucial que tiene el conocimiento de la lengua, del lenguaje gráfico, visual, cartográfico, etc., en el aprendizaje de nuestras materias.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Este rasgo característico del conocimiento social conlleva, por tanto, la existencia de un conjunto de problemas escolares relacionados con el manejo de la información. Cabe distinguir en ellas dos tipos: en primer lugar, los que tienen que ver con el dominio técnico de los códigos informativos utilizados (por ejemplo, con los mapas: problemas de orientación, de localización de puntos, de seguimiento de itinerarios, de cálculo de distancias y superficies a partir de la escala, de cálculo de pendientes a partir de las curvas de nivel, etc.); en segundo lugar, los problemas que podríamos caracterizar a grandes rasgos como de interpretación y evaluación de la información.

Aunque no se pueda hacer una separación radical entre ambos grupos de problemas, pues los segundos implican necesariamente un cierto dominio técnico, creo que es una distinción útil a efectos didácticos. Veamos con algo más de detalle estos dos tipos de problemas escolares.

Los problemas relacionados con el “dominio técnico de los códigos informativos” vienen a coincidir con lo que tradicionalmente se denominan ejercicios sobre destrezas o técnicas: desde los relacionados con la expresión oral o escrita (elaboración de esquemas, guiones de intervención, presentación y guión básico de informes y otros trabajos, etc.), hasta aquellos, de corte matemático, relacionados con tablas, gráficos y fórmulas estadísticas. En este tipo de actividades es donde abundan los ejercicios propiamente dichos (con el sentido que más atrás asignábamos a este término), es decir, como problemas cerrados y perfectamente pautados, a veces casi logarítmicos.

En cuanto a los problemas de “interpretación y evaluación de la información”, digamos que son aquellos relacionados con el análisis del contenido de las fuentes informativas. Dentro de ellos podemos distinguir, a su vez, los que tienen que ver con la obtención de información implícita y explícita de las fuentes y los que tienen por objeto el análisis crítico y la evaluación del contenido de la información.

Respecto de los primeros, hay que destacar la importancia que tiene ejercitar a los alumnos en la interpretación del significado explícito de los textos, así como en la observación y el análisis descriptivo de mapas, gráficos, imágenes, objetos materiales, restos arquitectónicos, etc.; pero, a veces, tanto o más interés que la información explícita puede tener la información implícita que podemos obtener por inferencia de tales documentos. Por ejemplo, del análisis de un paisaje rural se pueden hacer inferencias sobre el tipo de clima, la estructura de la propiedad, el grado de desarrollo técnico, etc.

A propósito del análisis crítico y la evaluación del contenido de la información, nos parece crucial aquí la noción de evidencia o prueba documental. Aunque a veces se usan indistintamente los términos “evidencia” y “fuente”, éstos no son totalmente equivalentes: la fuente informativa (texto, imagen...) es una realidad absoluta e independiente del investigador, la prueba o evidencia es siempre algo relativo y dependiente de una afirmación o argumento. Se podría decir que la fuente se convierte en prueba o evidencia cuando alguien la utiliza para fundamentar una proposición o argumento; sin investigador no hay evidencia (CARR, 1961; DICKINSON, GARD y LEE, 1978, entre otros). La distinción no es irrelevante, pues hace destacar la importancia que tiene enseñar a los alumnos que toda interpretación de la realidad social debe ir acompañada de sus correspondientes pruebas, es decir, de las fuentes en que se apoya; sin ellas la interpretación no puede ser evaluada ni positiva ni negativamente.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Aunque los conceptos “fuente” y “evidencia” remiten principalmente al conocimiento histórico, lo dicho sirve tanto para el análisis y evaluación de informaciones e interpretaciones sobre el pasado histórico como para aquellas relativas a la actualidad social, económica, política, etc. Son muy numerosas y variadas las actividades que se pueden plantear en clase en relación con las capacidades de evaluación y síntesis de varias informaciones sobre un mismo asunto: la distinción entre hechos o datos objetivos y opiniones; la detección de errores, lagunas, sesgos y manipulaciones en la información; la valoración de la relevancia y fiabilidad de la información según las características de la fuente y su autor, la armonización y síntesis de los datos ofrecidos por varias fuentes, etc.

Podemos concluir aquí este segundo apartado dedicado al análisis de los rasgos que presentan los problemas en Ciencias Sociales. Al intentar definir lo que serían los problemas en las Ciencias Sociales hemos establecido dos tipos de distinciones: la que diferenciaba, por un lado, entre ejercicios y problemas, y la que distinguía situaciones o contextos reales y didácticos; la matriz resultante del cruce de estos elementos (tabla 4.1, p. 149) nos mostraba que los problemas escolares en la enseñanza de Ciencias Sociales dependen más del modelo de enseñanza y aprendizaje escogido que de que tengan o no su correlato en problemas o ejercicios reales. Con todo, como muestra la tabla 4.2, p. 158, el análisis de las características que presentan los problemas en las disciplinas sociales nos ha deparado ya una primera clasificación de tipos de problemas escolares característicos de nuestras materias.

## La Enseñanza y El Aprendizaje De La Solución De Problemas Sociales

De las numerosas cuestiones que pueden abordarse en torno al aprendizaje, una de ellas tiene un interés particular para la enseñanza de la solución de problemas; podemos formularla así: ¿Qué ingredientes intelectuales se requieren para la resolución de problemas en las materias sociales? Tengan que ver esos problemas con la explicación (multicausal) de un hecho o fenómeno, con el planteamiento de una investigación, con la argumentación en un debate, etc., parece imprescindible conocer qué aspectos del conocimiento intervienen de forma preferente en estas situaciones; en suma, nos interesa saber qué debemos enseñar a los alumnos para que sean capaces de abordar adecuadamente la solución de este tipo de problemas.

Como en la mayor parte de las cuestiones que venimos abordando en estas páginas, en absoluto se puede decir que haya soluciones definitivas; sin embargo, es posible avanzar algunas respuestas suficientemente sólidas y contrastadas. Por otra parte, es obvio que la respuesta que se dé a la pregunta anterior estará totalmente condicionada por la concepción del aprendizaje y el modelo didáctico a ella asociado que adoptemos.

TABLA 4.2. RASGOS Y TIPOS DE PROBLEMAS CARACTERÍSTICOS EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS SOCIALES	
Rasgos característicos de los problemas en las disciplinas sociales	Tipos de actividades-problema en la enseñanza de Ciencias Sociales
Son problemas mal definidos desde un punto de vista teórico.	<p>Problemas de explicación <i>multicausal</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar factores.</li> <li>• Analizar sus conexiones.</li> <li>• Evaluar su grado de determinación.</li> </ul> <p>Problemas de <i>investigación</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planteamiento y desarrollo de la tarea.</li> <li>• Verificación empírica de la hipótesis (por medio de trabajos de campo, análisis estadístico, encuestas, análisis de fuentes, etc.).</li> </ul>
Las respuestas conllevan necesariamente opciones de valor.	<p>Problemas de <i>respuesta abierta</i> (debates, negociaciones, decisiones).</p> <p>Problemas de <i>explicación intencional</i> o comprensión por empatía.</p>
Son problemas mediatizados por las fuentes de información.	<p>Problemas relacionados con el <i>dominio de la información</i> (destrezas cartográficas, gráficas, lectura de imágenes, textos...).</p> <p>Problemas de <i>interpretación y evaluación de la información</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de información explícita o implícita (inferencia).</li> <li>• Análisis crítico y evaluación de la información (fuentes y evidencias).</li> </ul>

En un trabajo de lectura muy recomendable, por la claridad con que se sintetizan todas estas cuestiones, POZO, ASENSIO y CARRETERO (1989) señalaban tres grandes modelos de aprendizaje y enseñanza que, en su opinión, estarían presentes en las distintas metodologías y enfoques de enseñanza de la Historia, que nosotros demos hacer extensivos a la enseñanza de todas las materias sociales.

Éstos son los modelos: “enseñanza tradicional y aprendizaje memorístico”, “enseñanza por descubrimiento y aprendizaje constructivo” y, finalmente, “enseñanza por exposición y aprendizaje reconstructivo”. En el marco de cada uno de estos modelos, vamos a considerar, a continuación, el lugar que se asigna en ellos a la enseñanza de la solución de problemas, así como los resultados sobre el aprendizaje de ésta que aportan las investigaciones conducidas desde la perspectiva de dichos modelos didácticos.



*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

*El modelo de enseñanza tradicional y aprendizaje memorístico*

El modelo de enseñanza tradicional, transmisiva y memorística, se caracterizaría -según POZO, ASENSIO y CARRETERO- por estar fundamentada en una “concepción asociacionista del aprendizaje”, según la cual, “aprender es tomar algo del entorno e incorporarlo, sin modificación alguna, al almacén individual de saberes”. Por ello, la modificación del objeto de aprendizaje (que en otra época fueran reinados, batallas, listas de golfos y cabos..., y más recientemente, estructuras socioeconómicas, modelos de sociedades, etc.) no cambia la esencia de este modelo didáctico: la atención sigue centrándose en la disciplina, no en el alumno; la disciplina, o el conjunto de Ciencias Sociales, es presentada como un cuerpo de información organizado, que el alumno debe -en el mejor de los casos- asimilar, hasta lograr reproducirlo sin modificación alguna.

En esta concepción del aprendizaje y la enseñanza, las actividades de solución de problemas apenas si tienen cabida; considerados los problemas como algo impropio de la enseñanza de las materias sociales y sí privativo o al menos más propio de las Matemáticas, sólo de manera ocasional se aceptan en este modelo los ejercicios de tipo técnico, más o menos rutinarios y cerrados: por ejemplo, la realización y comentario de diagramas climáticos, mapas temáticos e históricos, ejes cronológicos, comentarios de texto formalizados, etc. En suma, la solución de problemas, en el sentido de actividades abiertas e inciertas que aquí le hemos dado, puede decirse que es inexistente en el modelo tradicional de enseñanza y aprendizaje de Ciencias Sociales.

*El modelo de enseñanza por descubrimiento y aprendizaje constructivo*

Frente al modelo didáctico anterior, el de “enseñanza por descubrimiento y aprendizaje constructivo” adopta una posición prácticamente opuesta: muy influenciado por las tesis de la psicología genética de PIAGET, vendría a sostener -en sus planteamientos más radicales- que el aprendizaje y la comprensión sólo se logran mediante el propio descubrimiento: “la única forma de aprender sería descubrir”; por consiguiente, el interés prioritario en este modelo de enseñanza y aprendizaje recae, casi de manera exclusiva, sobre los procesos psicológicos del alumno y se despreocupa de las exigencias de las disciplinas. El resultado ha sido “un sinfín de carpetillas, dossiers, documentos, dramatizaciones, juegos, etc., diseñados con el fin de promover en el alumno esa labor de descubrimiento (...). Lamentablemente, en muchos casos la tarea renovadora ha terminado ahí, en la elaboración de nuevos recursos o herramientas didácticas que, si bien son útiles y necesarios, no bastan para articular una alternativa coherente y seria a la enseñanza tradicional” (POZO, ASENSIO y CARRETERO, 1989, p. 220).

En relación con la solución de problemas en la enseñanza de nuestras materias, hay que decir que ésta se ha visto considerablemente impulsada por este modelo de enseñanza y aprendizaje, pues ha sido en él donde las actividades basadas en problemas han hallado su más sólida fundamentación teórica, toda vez que éstas son consideradas las actividades más valiosas y eficaces en el desarrollo y aprendizaje de los alumnos. La vinculación de la solución de problemas con este modelo didáctico es tal que parece justo asociar los problemas escolares (investigaciones reales o ficticias, juegos de simulación, dramatizaciones, debates, etc.) con esta concepción del aprendizaje y la enseñanza; la idea que subyace se podría expresar esquemáticamente así: “enseñemos a pensar a los alumnos, que todo lo demás vendrá por añadidura”.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

Las tesis de PIAGET tuvieron un gran influjo en esta concepción didáctica: la actividad del alumno (interna o externa) es el principal motor en la construcción del conocimiento; el desarrollo intelectual se mide en términos de las operaciones -o sea, acciones internalizadas que el sujeto es capaz de llevar a cabo. El mismo desarrollo de los conceptos, sobre todo antes del estadio del pensamiento formal, estaría totalmente condicionado por la capacidad operativa para procesar la información y, por tanto, supeditado al desarrollo operacional. Por este motivo, PIAGET mismo pero sobre todo sus divulgadores han subrayado la importancia de los métodos de enseñanza activos que faciliten al alumno actuar -física y mentalmente- sobre la realidad. Sin embargo, desde hace algunos años se viene señalando, con razón, cómo este modelo didáctico ha conducido en muchos casos a un cierto reduccionismo “metodologista” o “activista”. Desde otras perspectivas y teorías psicológicas a las que nos referiremos más adelante, se ha vuelto a conceder al conocimiento figurativo e ideacional, es decir, a los “contenidos” en su acepción tradicional (los conceptos, hipótesis interpretativas, etc.) la importancia que el exagerado énfasis en las destrezas les había arrebatado.

Desde el punto de vista de la investigación didáctica, el poderoso marco teórico de la psicología genética proporcionó indudables aportaciones para el estudio de los procesos responsables del aprendizaje; sin embargo, dio lugar también a algunas limitaciones en la investigación sobre el aprendizaje de la solución de problemas. La primera de ellas sería, en nuestra opinión, el desinterés por el papel que juegan los conceptos en la solución de problemas. De la misma manera que se potenció en el aula la enseñanza de los métodos o procedimientos en detrimento de los contenidos conceptuales, así también la investigación de los procesos responsables del aprendizaje en las materias sociales dedicó toda su atención a las destrezas operatorias que mostraban los alumnos en la resolución de las tareas, sin conceder importancia a las ideas, teorías, preconcepciones..., que los alumnos podían utilizar o no al enfrentarse a dichas tareas. La mayor parte de las investigaciones conducidas durante los años sesenta y setenta son ilustrativas de este enfoque investigador (PEEL, 1967; HALLAM, 1970; DE SILVA, 1972). Afortunadamente, como en seguida veremos, trabajos más recientes sobre el aprendizaje de nuestras materias adoptan una posición más equilibrada a propósito del papel que cabe asignar a destrezas y conceptos.

La segunda insuficiencia tiene que ver con la inadecuada adaptación al contexto de nuestras materias de las operaciones lógico-formales del pensamiento, que INHELDER y PIAGET (1955) habían diseñado a partir de tareas físico-matemáticas (las oscilaciones del péndulo, la flotación de los cuerpos, etc.).

En relación con esta cuestión, hay que hacer la salvedad de que, desde el punto de vista de la Geografía, este asunto no ha suscitado grandes problemas (como reflejan, por ejemplo, los trabajos de GRAVES, 1980; NAISH, 1982 y MARTÍN, 1989); sin embargo, referida a la Historia, la situación ha sido muy diferente: puede afirmarse que tal cuestión ha concentrado buena parte de las investigaciones sobre el aprendizaje de esta materia en los últimos años. Numerosos especialistas británicos (WATTS, 1972; DICKINSON y LEE, 1978; BOOTH, 1978 y 1987; SHEMILT, 1980 a) han señalado con más o menos rotundidad la inadecuada “importación”, al contexto particular del conocimiento histórico, de las operaciones formales piagetianas. Desde distintas concepciones de la Historia estos autores intentan definir cuáles serían las destrezas cognitivas características del pensamiento histórico: unos (WATTS y BOOTH, por ejemplo)

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

destacan la importancia de la analogía y el pensamiento por asociación; otros, como DICKINSON y LEE, subrayan el papel de la imaginación coadecuadamente controlada por la razón; en nuestro país, POZO y CARRETERO (1989) y yo mismo (DOMÍNGUEZ, 1993) hemos hecho algunas adaptaciones de las reglas de inferencia propias del pensamiento hipotético-deductivo, a las explicaciones causales en Historia; así, por ejemplo, en la prueba por mí utilizada, el control sistemático de variables y el análisis de las covariaciones -ambas son operaciones habituales en las investigaciones realizadas en un contexto experimental- fueron sustituidas, ante problemas históricos, por tareas que requerían la identificación y el análisis de las conexiones múltiples entre factores y por el análisis contrafactual (“si no hubiera ocurrido esto, ¿se habría producido también el hecho que estudiamos?”). Como puede apreciarse, estas operaciones exigen también hacer conjeturas y pensar en posibilidades (destrezas propias del pensamiento formal), pero son operaciones bastante más “aclimatadas” a las características del conocimiento histórico.

Concluamos aquí resumiendo lo que hemos dicho a propósito del modelo de “enseñanza por descubrimiento y aprendizaje constructivo”. Es preciso reconocer que este modelo ha sido el impulsor tanto de las actividades de enseñanza basadas en problemas como del importante desarrollo que ha tenido la investigación sobre el aprendizaje de la solución de problemas en nuestras materias; no obstante, se han detectado algunas insuficiencias que la investigación didáctica trabaja en estos últimos años; dos de ellas han atraído en particular nuestro interés: la desatención que han recibido las ideas y conceptos como instrumentos cognitivos de primer orden en la solución de problemas y la escasa adecuación a las peculiaridades del conocimiento social de las tareas y operaciones lógico-formales utilizadas para investigar el aprendizaje de dicho conocimiento.

#### *El modelo de enseñanza por exposición y aprendizaje reconstructivo*

Según POZO, CARRETERO y ASENSIO (1989), este modelo trataría de superar algunos de los reduccionismos en que habrían incurrido los modelos anteriores, pues se propone atender por igual a los procesos psicológicos del alumno (el carácter constructivo del aprendizaje) y a la estructura disciplinar de la materia en su doble naturaleza: conceptual y metodológica. En consonancia con los postulados de la enseñanza receptiva de AUSUBEL, NOVAK y HANESIAN (1978), nuestros autores señalan que “el alumno debe asimilar la estructura lógica de la disciplina en su propia estructura psicológica”; lo cual exigiría, entre otras cosas, una adecuada presentación al alumno de los materiales que tenga muy en cuenta la red jerárquica de los conceptos de la disciplina.

Desde el punto de vista de la enseñanza, la importancia que en este modelo didáctico adquieren los contenidos conceptuales supone, por un lado, la recuperación de la exposición -oral y escrita- de aquellos conceptos y teorías cuyo “descubrimiento” era ingenuo pensar que los alumnos pudieran lograr sólo mediante la solución de tareas más o menos problemáticas (FERNÁNDEZ CORTE, 1987); por el otro, ha supuesto también una llamada de atención sobre la función, a veces determinante, que pueden llegar a tener las ideas y teorías implícitas que el alumno tiene de antemano.

Referente a la investigación sobre el aprendizaje de la resolución de problemas, este modelo didáctico ha abierto una perspectiva de trabajo especialmente fructífera sirviéndose de la comparación entre la resolución de tareas por expertos y novatos. Los resultados que aportan estos estudios muestran cómo las redes conceptuales y la información específica sobre la tarea de

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

que disponen los expertos marcan grandes diferencias frente a las respuestas de otros sujetos, quienes, pese a su evidente desarrollo intelectual (pueden ser, por ejemplo, expertos en otra área de conocimiento), no dominan las teorías y conceptos interpretativos. En esta línea se sitúan, por ejemplo, los trabajos más recientes de POZO, CARRETERO y ASENSIO (1986 y 1989) sobre explicación causal en Historia.

Los resultados aportados por la investigación sobre las capacidades de los alumnos para abordar tareas de explicación causal en Historia permiten constatar la influencia determinante que tiene el conocimiento de las teorías sobre el funcionamiento de los hechos sociales (conocimiento experto) en la solución acertada de las tareas. Sin embargo, los datos de estos mismos trabajos continúan siendo bastante negativos respecto de la capacidad que mostrarían los alumnos, antes de los 16 años, para resolver adecuadamente este tipo de problemas. Estos y otros datos llevaron a POZO, CARRETERO y ASENSIO (1989) a señalar dos serias objeciones en la aplicación de este modelo a la enseñanza de la Historia, que podemos hacer extensiva a la de las otras Ciencias Sociales. La primera, la inexistencia en esta disciplina de una jerarquía de conceptos ampliamente aceptada entre los historiadores; la segunda, el que la enseñanza por exposición sólo sea apropiada para alumnos que hayan alcanzado ya un nivel propio del pensamiento formal. Teniendo en cuenta que ninguno de los tres modelos didácticos considerados parece ofrecer respuestas completas, estos autores proponían la adopción de una estrategia de enseñanza que integrara aportaciones de todos. En esta misma dirección apuntan los resultados obtenidos en otra reciente investigación sobre el aprendizaje de la explicación histórica (DOMÍNGUEZ, 1993), a la que nos referiremos brevemente en los párrafos que siguen.

*El papel complementario de conceptos y procedimientos en el aprendizaje de la solución de problemas en las materias sociales*

Subrayemos de entrada la afirmación hecha por POZO, CARRETERO y ASENSIO (1989) según la cual, en la resolución de una tarea histórica o propia de cualquier otra ciencia social, intervienen unas destrezas metódicas (el saber hacer) y un determinado entramado conceptual que permite ordenar y explicar los hechos estudiados, de forma que resulten comprensibles. En efecto, en nuestra opinión, es preciso hallar un punto de equilibrio entre ciertas posturas extremas inspiradas en los modelos de enseñanza “por descubrimiento” y “por exposición”; tan defendible es la posición que aboga por la instrucción directa de los conceptos teóricos como lo es la que insiste en que el conocimiento humano es siempre un proceso constructivo caracterizado por la actividad (externa o interna) del sujeto: sin operaciones no hay conocimiento, pero sin teorías, el desarrollo cognitivo en seguida toca techo.

En la investigación sobre el aprendizaje de la explicación histórica a la que nos acabamos de referir se partía, por tanto, de la hipótesis siguiente: la capacidad para desentrañar un hecho problemático del pasado y dar una explicación satisfactoria del mismo, debe depender sobre todo del conocimiento histórico adquirido de antemano, es decir, de los conceptos explicativos y los datos que se tengan sobre la época y las circunstancias concretas en que se enmarque el problema, pero también de la experiencia que se posea en el uso de los procedimientos y formas de trabajo utilizados por los historiadores, en este caso concreto, de las formas en que se suelen explicar y relacionar entre sí los acontecimientos, circunstancias históricas y actuaciones humanas.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

Nótese que ya no nos referimos aquí a habilidades o procedimientos generales del pensamiento (las operaciones lógico-matemáticas de PIAGET), sino que hablamos de procedimientos específicos, característicos de cada disciplina científica; en nuestro trabajo, como tales se delimitaron, por un lado, ciertos procedimientos de explicación causal (identificación de factores causales, análisis de conexiones entre ellos y análisis contrafactual) y, por el otro, procedimientos de explicación intencional (adoptar el punto de vista -intenciones, circunstancias...- y la mentalidad de las personas de otra época).

Así planteada, nuestra investigación tenía por objetivo analizar el efecto que podía tener en el aprendizaje de la explicación histórica la instrucción deliberada en los dos grandes componentes de tal explicación: los conceptos e hipótesis interpretativas, por un lado, y los procedimientos concretos por el otro. Las pruebas empíricas ("pretest" y "posttest") se administraron a varios grupos de alumnos de Bachillerato, con una edad media de 15,7 años (3), que presentaban características muy similares. A fin de controlar y comparar el efecto que podrían tener en sus aprendizajes los contenidos de enseñanza, cada grupo recibió un tipo de enseñanza distinta (unos, en conceptos y procedimientos, otros sólo en conceptos...). Con objeto de disponer de más puntos de referencia comparativos, uno de los ejercicios se pasó además a otros dos grupos de alumnos, uno de COU y otro de 5° de licenciatura en Historia.

No es éste el lugar más idóneo para dar cuenta detallada de los resultados obtenidos en este estudio, pero sí creemos importante señalar aquellos que tienen directamente que ver con los argumentos que aquí se están defendiendo. En primer lugar, el conjunto de los datos permite afirmar que los efectos más positivos y permanentes se lograron con el grupo que recibió enseñanza en conceptos y procedimientos: tanto en los ejercicios de explicación intencional como en los de explicación causal, este grupo consiguió los aprendizajes más altos. Respecto a los demás grupos, merece la pena destacar que la enseñanza sólo en conceptos o en procedimientos tuvo repercusiones casi opuestas en función del tipo de explicación (causal o intencional) al que se aplicaran. Así, la enseñanza de conceptos e hipótesis interpretativas mostró tener efectos muy positivos en el aprendizaje de la explicación intencional o comprensión por empatía, pero escasos o nulos efectos respecto del aprendizaje de la explicación causal. Curiosamente, el efecto fue inverso en el caso de la enseñanza de los procedimientos explicativos: éstos apenas mostraron repercusiones en el aprendizaje de la explicación intencional pero, por el contrario, sus efectos fueron muy notorios en el aprendizaje de las explicaciones causales.

Como parecen indicar estos resultados, la enseñanza de la solución de problemas requiere proveer al alumno de instrumentos interpretativos con los que dar significado a las relaciones y conexiones entre los datos, pero requiere también ejercitarle en la identificación, análisis y evaluación de tales relaciones. Importa, por tanto, hacer énfasis en la complementariedad que muestran uno y otro tipo de contenidos, a la hora de desarrollar en nuestros alumnos la capacidad de solventar situaciones problemáticas en Ciencias Sociales; pero, sobre todo, importa subrayar que la omisión de uno u otro tipo de enseñanzas tiene efectos muy negativos en el propio aprendizaje de la solución de problemas.

Es útil comentar algunos ejemplos de los errores más característicos que aparecen en el estudio, pues dan idea de algunas de las dificultades con que se topan los alumnos al afrontar este tipo de

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Muncio (Coordinador)

problemas. Así, por ejemplo, con respecto a la explicación causal, los resultados sugieren la idea de que sin enseñanza expresa de los procedimientos característicos de esta explicación causal (identificación de varios factores, análisis de sus interacciones, evaluación de su grado de determinación), la mayoría de alumnos concibe la Historia como una sucesión lineal de hechos, sin relaciones de influencia o determinación entre sí: para estos alumnos los hechos históricos se sucederían unos a otros, al igual que ocurre, por ejemplo, con los días de la semana, sin que por ello estén interrelacionados.

En cuanto a las explicaciones intencionales, parece que sin enseñanza de los conceptos interpretativos -que proporcionan el marco mental de una época y sociedad- el alumno se halla preso de su propio sistema de creencias o, lo que es peor, muy condicionado por los estereotipos habituales sobre hechos históricos más mitificados (“descubrimiento” de América, Revolución francesa, etc.). De igual modo, es interesante hacer notar cómo en los resultados obtenidos se aprecia un desequilibrio anómalo en la comprensión histórica de muchos alumnos de COU y algunos de 5º de licenciatura, quienes, pese a disponer de un conocimiento histórico más o menos elevado, muestran una escasa capacidad para explicar y resolver problemas históricos.

Desde el punto de vista de la enseñanza de la solución de problemas en nuestras materias, la conclusión más inmediata que sugieren los resultados de esta investigación es la conveniencia de adoptar estrategias de enseñanza integradas que permitan obtener el máximo partido de ese carácter complementario que tienen los conceptos y procedimientos en el aprendizaje. Esta es además una conclusión que corrobora y desarrolla las directrices sobre estrategias de enseñanza que nos proporcionaba el análisis de los distintos modelos de enseñanza y aprendizaje que hemos considerado, páginas atrás, en este mismo apartado. Llegados a este punto, el paso siguiente debe ser adentrarnos ya en el estudio de las características que presentan las actividades de enseñanza de la solución de problemas en nuestras materias, que abordaremos a continuación.

## Diseño y Planteamiento De Problemas Escolares En La Enseñanza De Ciencias Sociales

¿De qué modo pueden integrarse las estrategias de enseñanza expositiva y de indagación en el contexto de los problemas escolares? En mi opinión, no hay una respuesta simple aunque, en términos generales, podríamos adelantar que parece apropiado situar la exposición en el momento, o momentos, que mejor encaje dentro de la actividad cognitiva del alumno. Veámoslo con más detalle.

Cualquiera que sea el tipo de actividad que consideremos (en la tabla 4.2, p. 158 distinguíamos varios tipos: problemas de explicación multicausal, de investigación, de respuesta abierta...) es posible discernir tres fases o momentos de su desarrollo que habitualmente, aunque no siempre, se producen de forma sucesiva:

- Presentación y definición del problema.
- Realización y solución del mismo.
- Reflexión y valoración de los resultados.

Junto a estos tres momentos de la actividad añadimos un cuarto:

— La exposición por el profesor del marco teórico (teoría o hipótesis explicativa, conceptos clave, etc.).



FIGURA 4.3. Fases de un problema escolar y sugerencias para su desarrollo.

Como puede fácilmente deducirse, las tres fases o momentos de la actividad señaladas en primer lugar se corresponden con la estrategia didáctica de indagación, mientras que la cuarta se corresponde con la expositiva. La manera en que se articule la organización y secuencia de estas cuatro fases variará mucho en función de algunos criterios, entre otros, las características de la actividad, el tipo de contenido teórico, la monotonía que puede ocasionar en los alumnos la uniformidad en la secuencia de las tareas, etc.

Merece la pena resaltar aquí que la integración de estrategias expositivas y de indagación es siempre necesaria en las actividades de solución de problemas (véase la figura 4.3). Desde luego, no hay duda de que se pueden plantear problemas escolares sólo mediante estrategias de indagación (lo que, por supuesto, no se ha de confundir con un distanciamiento temporal de la fase de exposición teórica respecto de las otras tres); no obstante, creemos que tal cosa no es en

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

absoluto recomendable, puesto que en toda actividad de indagación sabemos que existe siempre, más o menos implícito, un determinado marco interpretativo que guía la realización de la actividad; esto es verdad incluso en los problemas relacionados con el dominio de la información, que pudieran en principio tomarse como los más “técnicos” y, por tanto, más libres de componentes interpretativos. Piénsese, por ejemplo, en las actividades relacionadas con la cartografía (la elaboración del plano de una casa o de una calle, el seguimiento de un itinerario a partir de una hoja de indicaciones y un plano, la comparación de dos mapas realizados con distinta proyección, etc.); en ellas siempre será necesario que el profesor intervenga antes, durante o al final del ejercicio con objeto de presentar a los alumnos los conceptos de perspectiva, escala, coordenadas, simbología, sistemas de proyección..., así como las operaciones asociadas a éstos.

Antes de analizar las características de cada fase, consideremos un ejemplo de cómo pueden concretarse éstas en el planteamiento y desarrollo de una actividad pensada para el último ciclo de la Secundaria Obligatoria. La actividad corresponde a una unidad didáctica sobre las revoluciones liberales burguesas y, en concreto, a uno de sus apartados dedicado a la crisis de la monarquía absoluta en España en 1820. Se trata de un problema de explicación intencional, en el que se pretende analizar las actitudes y comportamientos del pueblo llano ante la expedición militar de Riego por tierras andaluzas intentando doblegar el tambaleante régimen de Fernando VII. En el cuadro 4.2., pp. 170-171 se describen las cuatro fases del desarrollo de la actividad.

#### **CUADRO 4.2 EJEMPLO DE LAS CUATRO FASES DEL DESARROLLO DE UNA ACTIVIDAD**

##### **LAS ACTITUDES DEL PUEBLO DE ANDALUCÍA ANTE LA EXPEDICIÓN REVOLUCIONARIA DE RIEGO EN 1820**

###### **1. Presentación y definición del problema**

La actividad se inicia con la lectura de un texto narrativo donde se presenta la secuencia de circunstancias y acontecimientos que propician la crisis del Antiguo Régimen en España y llevan finalmente a la quiebra de la monarquía absoluta en 1820, en cuyo desenlace tiene un papel destacado el pronunciamiento de Riego y la expedición de éste por Andalucía. El texto omite voluntariamente toda referencia al comportamiento de la población andaluza.

En este momento la preocupación principal del profesor se centra en lo siguiente:

- Que se entiendan bien los hechos presentados.
- Despertar el interés de los alumnos por desvelar la incógnita.
- Que los alumnos exterioricen sus prejuicios sobre la mentalidad y creencias del pueblo llano en aquella época (Estaban oprimidos y ansiaban cambiar radicalmente las cosas, La Iglesia les tenía lavado el cerebro, Eran muy ignorantes, etc.).

###### **2. Exposición del marco teórico**

Tras un primer intercambio de opiniones sobre la respuesta más adecuada, el profesor puede considerar que conviene abrir un paréntesis y presentar cuál es la interpretación historiográfica



sobre la crisis del Antiguo Régimen en España, en la que, por supuesto, habrá alusiones claras a la mentalidad y actitudes político-religiosas del pueblo llano, como la mitificación de la figura del monarca, el papel legitimador de la Iglesia, etc. (FONTANA, 1971 y 1979; TORRAS, 1976).

### **3. Realización y solución del problema**

El tercer momento de la actividad se organiza en torno a la respuesta a estas cuestiones:

- ¿Cuál crees que sería la actitud que tomaron las ciudades y pueblos de Andalucía al paso de Riego y sus tropas? ¿Por qué actuaría así?
- Desde tu punto de vista, ¿hay algo en ese comportamiento que te resulte extraño o sorprenda?

Para facilitar la respuesta, en un texto breve se muestran varias alternativas de solución: una estereotipada, otra anacrónica y otra más acorde a la interpretación historiográfica. Con ello se amplía considerablemente la información de que dispone el alumno, con objeto de que pueda no sólo dar una respuesta sino justificar por qué piensa así.

La forma concreta en que se realice este ejercicio (individualmente, en grupo, etc.) puede adaptarse según se desee.

### **4. Reflexión y valoración de los resultados**

En este caso parece razonable que se realice inmediatamente después de la tarea anterior. Pueden utilizarse varias vías: discusión colectiva de las soluciones propuestas, corrección privada del profesor, autocorrección con intercambio de ejercicios entre los alumnos, etc. Esta es, sin duda, la fase decisiva del conjunto de la actividad y, en ella, el profesor debe atender a varios objetivos:

- Dar a conocer al alumno dónde radican los errores más habituales (prejuicios, estereotipos y anacronismos).
- Subrayar cómo para lograr una respuesta acertada no sólo hay que tener en cuenta las circunstancias y el punto de vista de los agentes históricos (desconcierto ante la impresión de fracaso del pronunciamiento, desconocimiento de la fuerza real de las tropas leales al monarca, muy escasas noticias de lo que podía estar ocurriendo en otras partes del país...), sino que, además, es preciso tratar de pensar y sentir desde la mentalidad y las creencias que los historiadores atribuyen a esa época y a ese sector social.
- Aprovechar el ejercicio para volver sobre la exposición interpretativa de la fase 2 anterior, con objeto de afinar y matizar el alcance de la misma y la comprensión que de ésta han mostrado los alumnos.
- Establecer conexiones con el presente y reflexionar sobre la naturaleza de los procesos históricos, en particular en este ejercicio, sobre el hecho de que los seres humanos intervengamos en los asuntos colectivos con un importante margen de libertad pero muy condicionados por nuestras circunstancias, creencias, actitudes, expectativas, etc.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

El ejemplo de la actividad anterior nos ha permitido ver la forma concreta en que pueden articularse las cuatro fases o momentos que hemos distinguido en el desarrollo de los problemas escolares. Tomando ahora como referencia este ejemplo, estamos en mejores condiciones para comentar las características de cada fase y apuntar algunas sugerencias a considerar en el momento de plantearnos en clase alguna actividad de este tipo. Para una mayor claridad en la exposición seguimos el orden con que se han presentado las fases de la actividad en el ejemplo anterior.

### *Presentación y definición del problema*

La fase de presentación del problema es, posiblemente, la más delicada, pues es en ella cuando se trazan los rasgos definitorios del mismo que facilitarán o inhibirán la actividad cognitiva de los alumnos.

Desde una perspectiva constructivista, el objetivo principal que debe perseguir esta fase es lograr que se plantee a ojos de los alumnos como un problema significativo; ello implica, como sabemos, varias cosas: que les sea presentado como una información con coherencia lógica, que despierte su interés por hallar una respuesta y que active sus conocimientos previos entrando en conexión con ellos. Varias implicaciones didácticas pueden derivarse de lo anterior, que pasamos a comentar a modo de sugerencias para el diseño de problemas escolares.

En primer lugar, digamos que un verdadero problema exige algo más que la capacidad de comprender una información dada. Con excesiva frecuencia, buena parte de las preguntas o tareas que ponemos a nuestros alumnos son preguntas de comprensión cuyo objeto es principalmente que éstos retengan los datos, conceptos e ideas que los documentos presentan ya contruidos y organizados. Es evidente que en toda actividad ha de haber preguntas de comprensión, lo que importa, sin embargo, es que la actividad en su conjunto exija siempre algo más que la simple “captación” de un conocimiento dado, es decir, que exija la reestructuración y reconstrucción de ese conocimiento.

En segundo lugar, conviene definir y delimitar muy bien la capacidad que queremos que el alumno ponga en juego. Un problema escolar debe serle planteado al alumno desprovisto de hojarasca innecesaria, es decir, de tareas y preguntas de relleno que, la mayoría de las veces, sólo consiguen despistarle y fatigarlo innecesariamente. En nuestras materias, la capacidad de comprensión y expresión verbal (sobre todo escritas) es para muchos alumnos una carga excesiva que a menudo llega a impedir que ejerciten las destrezas esenciales en la actividad. Es preciso, por tanto, ser conscientes de ello y facilitar el trabajo del alumno para que su esfuerzo se concentre en aquellas capacidades que verdaderamente nos interesa trabajar. Esta cuestión es vital en el diseño previo que el profesor hace de la actividad y está íntimamente ligada a la formulación concreta de las preguntas, asunto al que nos referiremos en seguida en la fase de realización y solución del problema.

Por otra parte, hay que procurar que la presentación de la actividad conlleve una parte de intriga que suscite el interés y la motivación del alumno. En principio, todo problema tiene en sí mismo un componente importante de intriga; por tanto, lo que se requiere ante todo es cuidar de resaltar ese componente y evitar que éste se vea oscurecido por una presentación anodina o excesivamente “escolar”. En el ejemplo anterior sobre la crisis de la monarquía absoluta se utilizó el recurso de

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

interrumpir el relato de los acontecimientos, dejando así una estela de suspenso en torno a los hechos concretos sobre los que versaba el problema.

Finalmente, la fase de presentación y definición del problema ha de servir sobre todo para hacer aflorar las ideas, juicios y predicciones de los alumnos. Para lograrlo, es recomendable pedir a éstos que avancen sus previsiones y discutan cuáles serían, en principio, sus respuestas. En el ejemplo estudiado, las ideas más frecuentes en los alumnos ponían de manifiesto las dificultades habituales en los ejercicios de empatía: los prejuicios y estereotipos sobre el atraso, la ignorancia, etc., de otras épocas y, sobre todo, los anacronismos, o sea, la dificultad para ver los hechos desde las coordenadas de su tiempo. El conocimiento de estas ideas previas de los alumnos fue vital para preparar la información complementaria que utilizarían en la fase 3 de realización y solución del problema.

### *Exposición teórica*

La exposición teórica del profesor tiene por objeto proporcionar a los alumnos las orientaciones y directrices que les son necesarias para encontrar la solución o la respuesta más apropiada al problema (en el ejemplo anterior tenía que ver con la crisis del Antiguo Régimen y los procesos que llevan a las revoluciones liberales burguesas en España y otros países). La exposición se abre como un paréntesis de reflexión, abstraída de los hechos concretos que se abordan en la actividad. Es importante subrayar esta idea de paréntesis, pues, en ocasiones, la exposición teórica puede llevar aparejada la realización de otras tareas (por ejemplo, elaborar un esquema o mapa conceptual a partir de la lectura de un texto, etc.) que, por tanto, no deben confundirse con las tareas propias del problema sobre el que estamos trabajando.

Esta parte de la actividad puede adoptar distintas formas, entre las más frecuentes: la exposición oral, la lectura y análisis de un texto o también las reflexiones cortas e intermitentes del profesor en momentos apropiados. Más importante que la forma utilizada nos parece el momento en que esta intervención se realice y la manera en que se conecte a las otras tres fases de la actividad. El momento que el profesor escoja para intervenir puede variar mucho: antes de la presentación del problema, con objeto de situar desde el principio las coordenadas teóricas de la actividad; después de la presentación, cuando ya han aparecido las primeras incógnitas y han aflorado quizás algunas preconcepciones; a lo largo de las tareas que conlleve la realización y solución del problema, como apoyo o replanteamiento ante las dificultades que puedan surgir entonces; y, por supuesto, la fase final, completando desde un punto de vista más teórico la reflexión y valoración de los resultados obtenidos.

Se puede dar perfectamente el caso de que varios problemas acompañen a una sola exposición teórica; en nuestro ejemplo, la presentación del marco interpretativo de las revoluciones liberales puede completarse con varias actividades de distinto tipo (análisis causal, juegos de simulación...) y temática (diferentes circunstancias revolucionarias). En estos casos, será sin duda oportuno hacer frecuentes referencias a ese marco teórico, a fin de que su comprensión se vaya progresivamente afinando y enriqueciendo a través de los casos concretos trabajados. De cualquier modo y con independencia del momento en que ésta tenga lugar, el marco interpretativo es una fase vital y necesaria en la enseñanza de la solución de problemas.

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

### *Realización y solución del problema*

La formulación concreta de las preguntas es uno de los aspectos más delicados, pues es en ellas donde se concreta el trabajo que previamente hemos hecho para delimitar la capacidad o capacidades preferentes que queremos desarrollar en la actividad. Preguntas formuladas vagamente del tipo: “Enumerar a partir del texto las causas de...”, o “¿Por qué crees que la población de Andalucía no apoyó a Riego?” son cuestiones que el alumno interpreta como de comprensión del texto, donde se le pide que demuestre que ha captado bien el sentido de la información; habremos de evitarlas puesto que sirven muy poco o nada para desvelar la comprensión profunda que pudieran tener los alumnos sobre aquellos hechos.

Otro aspecto que es preciso cuidar mucho es la información que se proporciona al alumno para resolver el problema. En el ejemplo anterior se ofrecían tres alternativas de respuesta (estereotipada, anacrónica y próxima al contexto histórico) ampliamente explicadas y razonadas. De esta forma, el alumno disponía de suficiente información a partir de la cual pensar y seleccionar su respuesta. La escasez de la información es, generalmente, la dificultad mayor con que se encuentran los alumnos ante muchos problemas de explicación intencional (“Imagina que eres un celtíbero que te has enrolado como mercenario en las legiones romanas: describe una jornada en el campamento”), o en actividades de debate y juegos de rol (“Vamos a hacer un debate sobre las soluciones al problema del paro; por grupos, elaboráis primero vuestras propuestas y después las discutimos toda la clase”). Desprovisto de datos, el alumno se debate casi siempre, en estos casos, entre la pereza y el tópico.

Otra cuestión que hay que apuntar aquí es el efecto determinante que puede tener para la solución de muchos problemas la interacción entre los propios alumnos, el trabajo de éstos en equipo. Algunas investigaciones lo han destacado muy claramente: por ejemplo, a propósito también de la explicación intencional, DICKINSON y LEE (1984) estudiaron los procesos que seguían los alumnos al tratar de dar sentido a los “juicios de Dios” u ordalías de los antiguos sajones. El coloquio y la discusión en pequeños grupos resultaba crucial, según estos autores, y propiciaba en los alumnos un uso constante de la imaginación y la analogía para establecer comparaciones con datos de su experiencia.

La fase de realización y solución del problema puede ser breve o extenderse mucho, según la actividad de que se trate. En el ejemplo que hemos utilizado ésta fue bastante corta (de hecho, se pudo realizar en una sesión de clase) mientras que, en una actividad de investigación, esta fase puede alargarse por un período de tiempo considerable. Esa mayor o menor duración puede modificar radicalmente el desarrollo de la fase; en el caso de una investigación, convendrá ir alternando el tipo de tareas; en ocasiones éstas serán muy abiertas (por ejemplo, planificar y delimitar el objeto de la investigación) y otras más concretas y cerradas (así, las operaciones estadísticas y de elaboración de gráficos, mapas, etc., relacionadas con el tratamiento de los datos obtenidos). En todo caso, el profesor deberá estar muy atento al desarrollo de la actividad y evitar que, como a veces ocurre, una dificultad en una tarea de escaso alcance suponga un verdadero parón en la actividad general.

En el caso de problemas escolares tales como debates, simulación de negociaciones, etc., el papel principal del profesor consistirá, por un lado, en asegurar que se cumplen las reglas del juego (turno de intervenciones, réplicas y contrarréplicas, períodos de consulta...) o ver si es

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

preciso modificarlas y, por el otro, asegurar la “alimentación” informativa de los participantes, con el fin de que el debate o negociación trate con la máxima profundidad y alcance el tema trabajado. En suma, como puede apreciarse, las características de la actividad elegida imponen formas de trabajo muy distintas en unos casos y en otros.

#### *Reflexión y valoración de los resultados*

Esta última fase del desarrollo de la actividad es el momento apropiado para hacer conscientes a los alumnos de cuáles son las nociones e ideas preconcebidas con que han abordado la solución del problema. Los problemas escolares son una vía privilegiada para hacer aflorar tales ideas pues, a diferencia de otras estrategias de enseñanza, en éstas los alumnos no tienen más remedio que poner en juego lo que saben para intentar hallar soluciones a la cuestión planteada.

Es importante, por tanto, que este momento de reflexión no se agote en el simple análisis de la corrección o no de los resultados, y ello a pesar de que, casi siempre, a los alumnos esta cuestión sea la que más les preocupe. El profesor deberá insistir sobre todo en el proceso que se ha seguido en la búsqueda de soluciones y, como se ha dicho, en el análisis de las ideas previas que los alumnos manifiestan tanto sobre los hechos sociales como sobre el propio conocimiento de lo social. Siempre que sea posible, se procurará llevar la reflexión no tanto a los conceptos e hipótesis interpretativas que deseamos enseñarles, como a las ideas que ellos utilizan para explicar o solucionar el problema con el que se han enfrentado. Junto a las ideas y conceptos, nuestra reflexión y valoración deberá detenerse también en el método de trabajo que han seguido los alumnos, es decir, en sus formas concretas de conducir y llevar a cabo la actividad realizada.

## Conclusión

Una de las ideas que hemos venido desarrollando a lo largo de este capítulo es que los problemas escolares en Ciencias Sociales no pueden ser tomados sólo como una vía o forma posible, entre otras, de abordar y conducir la instrucción sino que pertenecen al núcleo más importante de las enseñanzas que queremos transmitir; en otras palabras, son una parte esencial del conocimiento social y no un simple instrumento didáctico atractivo y motivador para los alumnos.

Con bastante frecuencia se tiende a justificar la incorporación de la solución de problemas en el currículo desde posiciones que subrayan la necesidad de que la Enseñanza Obligatoria facilite unos aprendizajes más funcionales y orientados a la incorporación del alumno a la vida activa y profesional. Sin desestimar las razones que apoyan esta apreciación, puede decirse que la importancia creciente que asignamos a la solución de problemas no vendría dictada sólo desde consideraciones vinculadas a la “fuente sociocultural” del currículo, sino que, por los argumentos desarrollados en las páginas que preceden, podemos decir que hay razones de tipo disciplinar y psicopedagógico que abogan decididamente por la inclusión de la solución de problemas en el currículo.

En efecto, como el lector ha podido ver, los problemas escolares son el instrumento más idóneo para transmitir al alumno cuáles son las preguntas que normalmente se hacen los geógrafos, historiadores, economistas, etc., y cuáles son las características particulares de sus respuestas; en

*Autor.* Juan Ignacio Pozo Municio (Coordinador)

otras palabras, la solución de problemas aparece como una vía muy apropiada para enseñar las formas particulares que adopta el conocimiento científico y racional en el ámbito de lo social. Por otra parte, de nuestro rápido análisis de las investigaciones sobre el aprendizaje parece desprenderse que la solución de problemas es una vía privilegiada para hacer más funcionales y significativos los aprendizajes: a través de ella los contenidos conceptuales pueden aplicarse y traducirse a casos y situaciones concretas, convirtiéndose de ese modo en “saber operativo”, mientras, por otra parte, los procedimientos se rodean de un contexto explicativo (conceptual) que los dota de sentido y orientación, evitando el riesgo de quedar convertidos en simple gimnasia intelectual.

Como consecuencia de todo lo anterior, podemos concluir que, desde múltiples y destacados puntos de vista, la solución de problemas ocupa un lugar privilegiado en la enseñanza y el aprendizaje de nuestras materias. Ahora bien, si tan crucial es el papel que asignamos a la solución de problemas en la enseñanza, no debe serlo menos el que ésta reciba en la evaluación del aprendizaje. En un trabajo reciente (DOMÍNGUEZ, 1994) se subraya el carácter de “copia en negativo” que la evaluación tiene respecto de la enseñanza, utilizando para ello la paráfrasis de un refrán bien conocido: “Dime cómo evaluas y te diré qué enseñas”. Pues bien, una afirmación así de rotunda tiene particular aplicación en el asunto que nos ocupa: si decimos que es importante introducir los problemas escolares en la enseñanza de Ciencias Sociales, hemos de concluir también que esto sólo se logrará de forma inequívoca cuando dichos problemas estén presentes también en el seno mismo de la evaluación del aprendizaje.

## Notas

\* Con objeto de despejar posibles equívocos, adelantamos de inmediato que en estas páginas hablaremos de área o materia de “Ciencias Sociales” para referirnos a los contenidos de enseñanza relacionados con todas las disciplinas sociales, pero en los que ocupan un lugar prioritario la Historia y la Geografía. Tales enseñanzas coinciden plenamente con el área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia de la Educación Secundaria Obligatoria y son una parte destacada de la de Conocimiento del Medio en la Educación Primaria, de la que forman parte también otros conocimientos relacionados con las Ciencias de la Naturaleza y la Tecnología.

\*\* Profesor de Educación Secundaria de Geografía e Historia. Destino actual: Subdirección General de Programas Experimentales (MEC).

(1) Ya en 1977 estos materiales fueron directamente traducidos en una edición experimental por parte del ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona. Dos años después se hizo una primera adaptación de este curso de introducción a la Historia, compuesta por una guía didáctica y 12 cuadernillos, entre ellos “La extraña muerte de Luis Puig”, al que corresponde el ejercicio señalado arriba (GRUP ENIA, 1979).

(2) Real Decreto 1006/1991, de 14 de junio, y Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por los que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Primaria y a la Educación Secundaria Obligatoria, respectivamente (BOE de 26 de junio de 1991, suplemento del n° 152).

(3) La edad a la que se prevé que la mayoría de jóvenes finalice la Secundaria Obligatoria, según la LOGSE.