

rio, como para alumnos de Bachillerato y COU, o del Ciclo Superior de EGB.

En estos apéndices se presentan los siguientes datos:

— Una clasificación de los minerales adecuada al Ciclo Superior de EGB y Primer curso de BUP. (Se indica en la clasificación el número que el mineral tiene en la colección de diapositivas, para una fácil selección y proyección selectiva en estos niveles).

— Tablas sistemáticas de las clases mineralógicas. (BUP-COU-Primer Ciclo Universitario).

— Índice alfabético de los minerales descritos. (Al lado de cada nombre figura el número o números con que aparece en la serie de diapositivas, lo que permite una selección rápida de determinados ejemplares).

— Bibliografía esencial de

Mineralogía.

Creemos que será un complemento adecuado para las explicaciones de Mineralogía, especialmente por la falta de buenos ejemplares en las colecciones que suelen poseer la inmensa mayoría de los centros docentes, por cuanto los que aquí se han fotografiado corresponden a algunas de las mejores colecciones del país.

J.B.

## SELECCIONES BIBLIOGRAFICAS TEMATICAS

### RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICAS: UNA BIBLIOGRAFÍA

LUÍS PUIG Y FERNANDO CERDÁN

Esta lista de referencias de libros y artículos sólo pretende ser un ejemplo, entre muchos posibles, de por dónde puede empezarse el estudio del proceso de resolución de problemas de matemáticas. No se ha pretendido, por supuesto, ser exhaustivo, ya que eso excedería ampliamente el espacio reservado para esta nota, ni siquiera ser sistemático como lo son Hill, C (s.f.) y Mason, S.F. (1980). Quien quiera una información más amplia puede consultar estas dos referencias y la bibliografía de trabajos de investigación que hay al final de Lester, F.K. (1980).

Las referencias se han seleccionado intentando que se tuvieran ejemplos, a ser posible significativos, de los distintos terrenos de trabajo en la investigación y en la aplicación de ésta a la enseñanza.

Para las revistas más citadas se han utilizado las siguientes abreviaturas:

Jour. res. Math. Educ. (Journal for Research in Mathematics Education).  
Ed. Stud. in Math. (Educational Studies in Mathematics).

BALK, G.D. (1971): «Application of Heuristics Methods to the Study of Mathematics at School». Ed. Stud. in Math., 3, 2. La utilidad de estar familiarizado con los métodos heurísticos se arguye mediante ideas y ejemplos de analogía, inducción, límites y continuidad.

BANWELL, C.; SAUNDERS, K.; TAKTA, D. (1972): «Starting points». London: Oxford University Press.

Una colección de situaciones problemáticas para enseñar matemáticas. Con sugerencias sobre cómo continuar las situaciones y descripciones de lo que algunos alumnos han hecho en tales situaciones.

BELL, A.W. «The Learning of general Mathematical Strategies». Doctoral Thesis. Shell Center for Mathematical Education. University of Nottingham.

Estudia los resultados obtenidos por alumnos que siguieron un curriculum que no sólo transmite contenidos, sino que enfatiza procesos. Examina la relación entre contenido y proceso, la enseñanza de estrategias y constata la mejora en dichos alumnos del aspecto procesual, sin merma de contenidos.

BURTON, L. (1980): «The Teaching of Mathematics to Young Children Using a Problem Solving Approach». Ed. Stud. in Math., 11, 1.

Los planteamientos de base de un proyecto de curriculum basado en la resolución de problemas, desarrollado en el Politécnico de South Bank, Londres.

BUTTS, T. (1973): «Problem Solving in Mathematics». Glenview, Ill.: Scott, Foresman & Co.

Colección de problemas con discusión sobre su resolución desde los puntos de vista de profesor y alumno.

CALDWELL, J.M.; GOLDIN, J.A. (1979): «Variables Affecting Word problems Difficulty in Elementary School Mathematics». Jour. Res. Math. Educ., 10, 5.

Estudia la influencia que la forma en que están expresados los problemas verbales tienen en la dificultad de su resolución. Para ello, clasifica los enunciados en «abstractos/de hecho», «abstractos/hipotéticos», «concretos/de hecho» y «concretos/hipotéticos».

CARPENTER, T.P.; HIEBERT, J.; MOSER, J.M. (1981): «Problem Structure and

First-Grade Children's Initial Solution Processes for Simple Addition and Subtraction Problems». Jour. Res. Math. educ. 12, 1. Estudia el éxito que obtienen y las estrategias que utilizan los niños al enfrentarse con cuatro tipos diferentes de problemas de adición y sustracción antes de haber sido instruidos en la suma y la resta.

CLEMENT, J. (1982): «Algebra Word Problem Solutions: Thought Processes Underlying a Common Misconception». Jour. res. Math. Educ. 13, 1.

Estudia cuál puede ser el origen del error corriente que consiste en, al escribir la ecuación correspondiente a un enunciado verbal, colocar el factor en el lado equivocado:  $6S = P$ , en vez de  $S = 6P$ , por ejemplo.

DAYS, H.; WHEATLEY, G.H.; KULM, G. (1979): «Problem Structure Cognitive Level and problem Solving Performance». Jour. Res. Math. Educ., 10, 2.

La técnica de «pensar en voz alta» y el análisis de protocolos se utiliza para estudiar la interacción entre estructura del problema y estrategias utilizadas por sujetos que se encuentran, bien en el estadio de las operaciones concretas, bien en el fondo de las formales.

DEPOVER, C. (1977): «Etude de quelques variables d'énoncés dans les situations de problèmes d'arithmétique». Mathématique et Pédagogie, 10.

Estudia la dificultad del problema en función de: el tiempo verbal, el tipo de vocabulario, el tamaño de los números, el orden de presentación de los datos, la presencia de datos superfluos...

ENGEL, A. (1971): «Geometrical Activities for the Upper Elementary School». Ed. Stud. in Math., 3, 4.

Una colección de actividades de resolución de problemas para niños de 11-13 años, que involucran temas de geometría poco familiares.

FREUDENTHAL, H. (1982): «Fiabilité, validité et pertinence - critères de la recher-

che sur l'enseignement de la mathématique». Ed. Stud. in Math., 13, 4.

Se discute cómo la investigación en educación enfatiza a menudo la fiabilidad, la consistencia interna del experimento, a expensas de su validez y su pertinencia. Un estudio del IREM de Grenoble sirve de ejemplo del choque entre texto y contexto, en particular «contexto mágico», en la resolución de problemas por niños de 7 a 10 años.

**GALVIN, W.P.; BELL, A.W.** «Aspects of Difficulties in solution of Problems Involving the Formation of Equations». Shell Center for Mathematical Education. University of Nottingham.

Se señalan las etapas que supone el proceso de resolución de estos problemas y se analizan las dificultades inherentes a cada una de ellas. Se dedica especial atención a la elección de las incógnitas apropiadas.

**GOLDIN, G.A.; McCLINTOCK, C.E.** (1979): «Task Variables in Mathematical Problem Solving». Columbus, Ohio: ERIC/SMEAC.

Estudio del papel que juegan las variables de tarea (factores asociados con la naturaleza del problema) en la naturaleza del proceso de resolución de problemas. Contiene información sobre los resultados obtenidos, los puntos cruciales y las líneas principales de investigación en este campo.

**GREENES, C.E.; GREGORY, J.; SEYMOUR, D.** (1977): «Successful Problem Solving Techniques». Palo Alto, CA: Creative Publications.

Una guía para el profesor que presenta una introducción al método de análisis, ilustrado con problemas paradigmáticos.

**GREENES, C.E.; WILLCUTT, R.E.; SPIKELL, M.A.** (1972): «Problem Solving in the Mathematics Laboratory». Boston: Prindle, Weber & Schmidt.

Desarrolla estrategias de resolución de problemas a través de lecciones en las que se utilizan materiales manipulables (bloques lógicos, geoplanos, bloques multibase y reglas de Cuisenaire).

**HATFIELD, L.L.; BRADBARD, D.A.** (1978): «Mathematical Problem Solving: Papers from a Research Workshop». Columbus, Ohio: ERIC/SMEAC.

Colección de artículos que examinan la situación de la investigación en este campo.

**HILL, C.** (s.f.): «Problem Solving: An Annotated Bibliography», part of a social Science Research Council Project HR5410/1 «The Skills and procedures of Mathematical Problem Solving in 9-13 Year Old Pupils». Manuscrito.

Bibliografía sistemática que clasifica las referencias según qué entiende cada autor por «resolución de problemas». Gran cantidad de referencias del campo de la psicología.

**HUGUES, B.** (1976): «Thinking through Problems». Palo Alto, CA: Creative Publications.

Un manual de heurística.

**JERMAN, M.; REES, R.** (1972): «Predicting the Relative Difficulty of Verbal Arithmetic Problems». Ed. Stud. in Math., 4, 4.

Un modelo lineal es utilizado para predecir la dificultad del problema en función de variables estructurales tales como: número de palabras en el enunciado, presencia de palabras-clave, número de operaciones necesarias para resolverlo...

**KILPATRICK, J.; WIRSZUP, I.**, eds. (1969-75): «Soviet Studies in the Psychology of Learning and Teaching Mathematics. 14 vols». Stanford, CA: NCTM.

Una selección y traducción de estudios soviéticos sobre el tema. Interesan especialmente aquí los volúmenes siguientes: IV «Resolución de problemas en geometría», VI «Instrucción en resolución de problemas» y XI «Análisis y síntesis como métodos de resolución de problemas».

**KULM, G.; BUSSMANN, H.** (1980): «A Phase-Ability Model of mathematics Problem Solving». Jour. Res. Math. Educ., 11, 3.

Se presenta un modelo de ocho fases del proceso de resolución de problemas y, a partir de un examen exhaustivo de los resultados obtenidos hasta la fecha en estudios sobre el asunto, se sugieren las habilidades que son relevantes y los requisitos para completar con éxito cada una de las fases.

**KRULIK, S.**, ed. (1980): «Problem Solving in School Mathematics. 1980 Yearbook». Reston, VA: NCTM.

El anuario de 1980 del National Council of Teachers of Mathematics (USA), dedicado íntegramente a la resolución de problemas. Ofrece un panorama general de la cuestión.

**KRULIK, S.** (1977): «Problems, Problem Solving and Strategy Games». Math. Teacher, 70, 8.

Una discusión general de los temas del título.

**KRULIK, S.; RUDNICK, J.A.** (1980): «Problem Solving: Handbook for Teachers». Boston: Allyn & Bacon.

Muchas actividades y sugerencias para profesores que se pueden usar al enseñar cómo resolver problemas a cualquier nivel. Contiene colecciones de problemas poco usuales y de juegos estratégicos.

**LAKATOS, I.** (1981) «El método de análisis y síntesis» en «Matemáticas, Ciencia y Epistemología». Madrid, Alianza Ed.

Una reflexión metodológica sobre el método de análisis y síntesis.

**LEE, K.S.** (1982): «Guiding Young Children in Successful Problem Solving». Arith. Teacher, 29, 1.

Mediante dos ejemplos concretos se muestra cómo enseñar el uso de herramientas heurísticas para resolver problemas elementales (alumnos de 10-11 años).

**LESH, R.; LANDAU, M.**, eds. (1983): «Acquisition of Mathematics Concepts and Processes». New York: Academic Press.

Una recopilación de artículos que tratan de la interrelación de conceptos y procesos matemáticos desde el punto de vista de su adquisición.

**LESH, R.; MIERKIEWICZ, D.; KANTOWSKI, M.G.** (1979) «Applied Mathematical Problem Solving». Columbus, Ohio:

ERIC/SMEAC.

Se defiende que las estrategias generales de resolución de problemas no son capaces de conducir con éxito la resolución de problemas aplicados. Se estudia el proceso de resolución de problemas aplicados mostrando que las estrategias apropiadas para él tienen como rasgo distintivo el no ser independientes del contenido.

**LESTER, F.K.** (1980): «Research on Mathematical Problem Solving» in Shumway, R.J., ed. «Research in Mathematics Education». Reston, VA: NCTM.

Un sumario del estado actual de la investigación sobre resolución de problemas. Contiene sugerencias sobre las direcciones que deben o pueden seguirse en el futuro.

**LIBESKIND, S.** (1977): «A Problem Solving Approach to Teaching Mathematics». Ed. Stud. in Math., 8, 2.

Una muestra de cómo los problemas planteados como pequeñas situaciones de investigación permiten una enseñanza de las matemáticas por re-descubrimiento.

**LIEDTKE, W.; VANCE, J.** (1978): «Simulating Problem Solving and Class-room Setting». Arith. Teacher, 25, 8.

Recensión de algunas actividades planteadas en un curso de formación de profesores. Se pone el énfasis en cómo la forma en que se plantean los problemas influye en la dificultad de su resolución.

**MASON, S.F.** (1980): «Problem Solving in Mathematics: An Annotated Bibliography» in Krulik, S., ed. «Problem Solving in School Mathematics. 1980 Yearbook». Reston, VA: NCTM.

Bibliografía organizada desde el punto de vista del uso directo por el profesor de matemáticas. Contiene básicamente referencias que dan sugerencias para la enseñanza a partir de los resultados de las investigaciones.

**MATHEMATICS RESOURCE PROJECT. VOLS 1-5.** (1978). Palo Alto, CA: Creative Publications.

Consiste en cinco ficheros de material para 15-18 años. Cada uno contiene materiales que enfatizan la resolución de problemas y ayudas para su enseñanza. Desarrollado en la Universidad de Oregón.

**MEYER, R.A.** (1978): «Mathematical Problem-Solving Performance and Intellectual Abilities of Fourth-Grade Children». Jour. Res. Math. Educ., 9, 5.

Estudia la relación entre el rendimiento en la resolución de problemas y las habilidades intelectuales, mediante una batería de tests pasada a alumnos de 10 años. Se aíslan los factores que dan cuenta de la mayor parte de la varianza y se descubre que aunque los conceptos y técnicas previos también explican parte de la varianza, el conocer éstos no constituye garantía de éxito.

**NCTM** (1970): «Sugerencias para resolver problemas». México: Trillas.

Trata los problemas elementales, en particular la formación de ecuaciones, a partir de enunciados verbales.

**NESHER, P.; TEUBAL, E.** (1975): «Verbal Cues as an Interfering Factor in verbal Pro-

blei  
Exe  
nó.  
de  
del  
per  
NE  
(19  
Stu  
Tre  
pro  
fifi  
cor  
vis  
nit  
NE  
Pr  
Pr  
El  
qu  
mc  
luc  
ter  
pr  
ext  
NI  
Me  
Ye  
Ci  
ap  
res  
pro  
PC  
sol  
El  
pa  
pr  
PC  
hé  
Pr  
tic  
el  
car  
rec  
PC  
na  
U:  
to  
ve  
Pr  
St  
Y  
T  
lo  
St  
St  
ne  
el  
m  
in  
R  
P  
P  
L  
P  
S  
v  
I

blem Solving». Ed. *Stud. in Math.*, 6, 1. Examina el papel de las palabras clave (ganó, perdió, más que, cada...) en el proceso de traslación que lleva del enunciado verbal del problema a la expresión aritmética que permite obtener la solución.

NESHER, P.; GREENO, J.G.; RILEY, M.S. (1982): «The Development of Semantic Categories for Addition and Subtraction». Ed. *Stud. in math.*, 13, 4.

Tres categorías semánticas generales para los problemas de adición y sustracción, identificadas empíricamente (cambiar, combinar, comparar) son estudiadas desde el punto de vista del desarrollo de las estructuras cognitivas lógico-matemáticas.

NEWELL, A.; SIMON, H. (1972): «Human Problem Solving». Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

El modelo de la teoría de la información, que tienen en cuenta tanto el contenido como el proceso, se aplica al proceso de resolución de problemas. Ello hace que se mantenga que éste tiene lugar en un «espacio de problema», concepto que se discute extensamente.

NILSSON, N. (1971): «Problem Solving Methods in Artificial Intelligence». New York: McGraw Hill.

Ciertas técnicas de inteligencia artificial se aplican al estudio del comportamiento en la resolución de problemas, en particular la representación «estado-espacio».

POLYA, G. (1965): «Cómo plantear y resolver problemas». México: Trillas.

El libro clásico. Discute un proceso paso a paso para tener éxito en la resolución de problemas.

POLYA, G. (1967): «La découverte des mathématiques. 2 vols». Paris: Dunod.

Proporciona muchos problemas para practicar con herramientas heurísticas. Discute el método de análisis y síntesis y el modelo cartesiano. Reescribe las reglas para la dirección de la mente de Descartes.

POLYA, G. (1966): «Matemáticas y razonamiento plausible». Madrid: Tecnos.

Una discusión sobre el tipo de razonamientos lógicos que realmente se usan al resolver problemas.

POLYA, G.; KILPATRICK, J. (1974): «The Stanford Mathematics problem Book». New York: Teachers College Press.

Todos los problemas que se propusieron en los exámenes finales de la Universidad de Stanford desde 1946 a 1965, en las High School (aprox. 17 años). Como los exámenes pretendían determinar la aptitud más que el conocimiento de contenidos, los problemas buscan poner en juego originalidad e intuición más que competencia algorítmica.

RUBENSTEIN, M. (1975): «Patterns of Problem Solving». Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Un manual de técnicas para resolver problemas.

SCANDURA, J.M. (1977): «Problem Solving: A Structural/Process Approach with Instructional Implications». New York:

Academic Press.

Desarrolla una teoría determinística de la resolución de problemas que pretende unificar las investigaciones realizadas hasta la fecha en los ámbitos del contenido, los procesos cognitivos y las diferencias individuales.

SCHOENFELD, A.H. (1979): «Explicit Heuristic Training as a Variable in Problem Solving Performance». *Jour. Res. Math. Educ.* 10, 3.

Examina el impacto que la enseñanza explícita de estrategias heurísticas tiene en el rendimiento de los alumnos al resolver problemas.

SCHOENFELD, A.H. (1982): «Measures of Problem Solving Performance and of Problem Solving Instruction». *Jour. Res. Math. Educ.*, 13, 1.

Propone cómo medir el rendimiento en la resolución de problemas, examinando tres aspectos: la frecuencia con que los alumnos aplican varias herramientas heurísticas y el éxito que tienen con ellas, la conciencia que tienen de su comportamiento al resolver problemas y la transferencia de comportamientos a problemas relacionados.

SCHOENFELD, A.H. (1983): «Episodes and Executive Decisions in Mathematical Problem Solving» in Lesh, R.; Landau, M. (1983).

Mediante el análisis de protocolos de resolución de problemas por grupos de dos alumnos, señala la ineficacia de herramientas heurísticas en principios útiles, si no van acompañadas de decisiones de orden estratégico, que han de tomarse en momentos precisos.

SILVER, E.A. (1979): «Student Perception of Relatedness Among Mathematics Verbal Problems». *Jour. Res. Math. Educ.*, 10, 3.

El uso efectivo de la sugerencia de Polya «Piense en un problema relacionado» hace necesario este estudio en el que se investiga si los alumnos hablan de problemas relacionados en función de: la estructura, el contexto, la cuestión del problema...

THOMPSON, M. (1976): «Experiences in Problem Solving». Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Presenta seis actividades de resolución de problemas que guían al lector a tener éxito en la resolución. Sacado del Mathematics-Methods Program desarrollado por el Indiana University Mathematics Education Development Center.

VEST, F. (1975): «Teaching Problem Solving as Viewed Through a Theory of Models». Ed. *Stud. in Math.*, 6, 4.

Se propone la construcción de clases de problemas isomorfos con los diferentes modelos conceptuales de las operaciones algebraicas elementales.

WEBB, N.L. (1979): «Processes, Conceptual Knowledge and Mathematical problem Solving Ability». *Jour. Res. Math. Educ.*, 10, 2.

La regresión lineal se utiliza para pesar la importancia relativa del conocimiento básico y las estrategias heurísticas en la resolución de problemas.

WICKELGREN, W.A. (1974): «How To Solve Problems». San Francisco, CA: W.H. Freeman & Co.

Una ayuda para llegar a ser un buen resolutor de problemas.

## ERRORES CONCEPTUALES EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: SELECCIÓN BIBLIOGRÁFICA

JAIME CARRASCOSA ALIS.

El problema del negativo papel que a veces juegan los llamados «conocimientos espontáneos» de los alumnos, en orden a un correcto aprendizaje de las ciencias, es conocido ya desde hace mucho tiempo (Bachelard, G. 1938. «La Formation de L'Esprit Cientifique». VRIN. (Paris). En la actualidad, con el apoyo teórico que suministran la psicología educativa y la epistemología genética, fundamentalmente los trabajos de Ausubel y Piaget, el problema ha adquirido una gran relevancia, llegando a convertirse en una de las principales líneas de investigación educativa, siendo muy numerosos los trabajos que han aparecido sobre el tema, en las principales revistas de didáctica de las ciencias. A continuación presentamos una selección de los mismos, a la cual hemos añadido algunos breves comentarios.

Podemos citar en primer lugar, toda una serie de trabajos en donde se exponen diversos ejemplos de errores conceptuales, aunque sin que figure en ellos ninguna propuesta fundamentada, para su tratamiento. Así por ejemplo Kuethe, L.J. (1963), describe algunos errores conceptuales, principalmente en el área de ciencias naturales, haciendo a su vez, algún comentario interesante respecto a sus causas. Gurevich, E.A. (1973), expone algunos errores conceptuales sobre velocidad, aceleración, sistema de referencia, fuerza, etc. El concepto de fuerza y la idea que de él tienen los alumnos, han sido objeto de estudio en numerosos trabajos, entre otros: Lebouter-Barrel (1976); Osborne, J.R. y Gilbert, K.J. (1980). En este último, se puede leer algo en lo que coinciden la mayoría de los restantes, lo cual consiste en señalar que las numerosas ideas malinterpretadas de los alumnos, no están aisladas, sino que se hallan incorporadas a toda una estructura conceptual que suministra un sensible y coherente conocimiento de la realidad, desde el punto de vista del

alumno. También se hace en él una clasificación de los distintos tipos de ideas preconcebidas; se basan para ello en las respuestas dadas por los alumnos a un cuestionario sobre el concepto de fuerza. Sobre otros conceptos de interés, tenemos: Johnstone, A.H.; et al (1977) para entropía, equilibrio químico, etc. Ogborn, J. (1976) expone el error habitual de considerar al calor como una forma de energía, con este fin utiliza un imaginario diálogo entre los conocidos personajes Salviati, Simplicio y Sagredo, preentes en los «Diálogos» de Galileo. Delacotte, G.; et al (1978), analizan también junto con el concepto de calor, la idea que tienen los niños sobre la naturaleza de luz. Osborne, J.R. y Gilbert, K.J. (1980)b se refieren al concepto de trabajo y de corriente eléctrica. Sobre el concepto de energía, Vega, A.M., Agapito, S.M<sup>a</sup>. V. (1978); Sexl, U.R. (1981); Duit, R. (1981), coinciden en su oposición a la enseñanza de dicho concepto, basándolo en el concepto de trabajo, y como una de las razones que les impulsa a ello se remiten a los errores conceptuales relacionados con la idea de trabajo. No obstante y como respuesta a los mismos cabe señalar el artículo de Warren, W.J. (1982) que sustenta una posición contraria. Por último, hemos de mencionar el artículo de Helm, H. (1980) en donde se recogen los porcentajes de errores conceptuales en relación a distintos conceptos de física, que afectan a alumnos de diversos niveles, y también a un grupo de profesores de a asignatura. Helm se sirve de un test sobre 20 cuestiones de física. En el trabajo se indica también que en los mismos libros de texto, aparecen a veces errores conceptuales, por comisión u omisión.

En prácticamente todos los trabajos consultados, hay unanimidad respecto a lo fuertemente arraigados que están los errores conceptuales y las consiguientes dificultades para combatirlos. Sin embargo a la hora de sugerir propuestas para su tratamiento, se pueden apreciar más diferencias:

Por una parte podíamos citar a los que se refieren a los errores conceptuales como obstáculos a eliminar, derribar, sacudir, etc., tal es el caso de Bachelard (antes citado) o de Sen'ko v I (1973) y Giordan, A. (1978).

De otro lado existen muchos otros que al referirse al tema, lo hacen mucho menos peyorativamente. Así por ejemplo Watts, M.D.; Zylberstajn, A. (1981) señalan la necesidad de una actitud positiva por parte del profesorado hacia las ideas previas del alumno

y utilizar éstas como punto de partida en la enseñanza, análogas opiniones encontramos en Gilbert, K.J.; et al (1982). En Viennot, L. (1979), la autora afirma la conveniencia de que los alumnos sean guiados a observar las discrepancias existentes entre el esquema Newtoniano (concepto de fuerza) y sus propias ideas espontáneas, si se quiere que la enseñanza de las ideas newtonianas, sea plenamente efectiva, ya que si no es así, el conocimiento académico y el intuitivo coexisten en la mente del alumno. En parecidos términos se expresa Clement, J. (1982). Una de las propuestas para combatir los errores conceptuales, es el hacer uso de lo que en términos piagetianos se denomina conflicto cognoscitivo, éste se presenta cuando un individuo tiene una cierta creencia al resolver un problema, y al terminarlo, se da cuenta de que la utilización de la misma le ha conducido a una respuesta contradictoria o inefectiva. Podemos citar a este respecto a Gil, P.D. (1982); Leboutet, L. (1973); Kavannagh y Moomaw (1981) Derkse (1981); Nussbaum, J. y Novack, D.J. (1976). Otro artículo que también incluye algunas propuestas para el tratamiento de los errores conceptuales es el de Arons, B.A. (1980), una de cuyas sugerencias consiste en indicar que el propio profesorado debe ser ayudado primero ya que ha encontrado que muchos profesores adolecen de los mismos errores conceptuales que los alumnos, a los cuales difícilmente podrán ayudar, hasta que no lo hayan sido ellos mismos.

A continuación, se citan aquellos trabajos en los que además de hacerse propuestas para el tratamiento adecuado de los errores conceptuales, se trata de hacer una fundamentación o justificación de las mismas. En algunos de ellos por ejemplo, se destacan las específicas relaciones existentes entre el desarrollo de los conocimientos científicos y su desarrollo psicológico en el individuo, poniendo de manifiesto su importante papel como fuentes de información para el estudio del proceso de aprendizaje de las ciencias. En estos artículos, se habla del «cambio conceptual» que supone la superación de los errores conceptuales por parte del alumnado, cambio que puede compararse con los cambios de paradigma científicos o «revoluciones científicas» en la terminología de Kuhn. Hewson, W.P. (1981). Posner, J. et al (1982).

Para terminar, damos una serie de trabajos que aunque no tratan sobre ejemplos concretos de errores conceptuales,

si que contemplan diversos aspectos de interés relacionados con los mismos:

Doran, L.R. (1972), describe una técnica, con un cierto rigor estadístico, para evaluar los errores conceptuales. Remmer, W.J.; Grant, M.R. (1978) exponen un breve resumen de las ideas de Piaget sobre el pensamiento concreto y el formal entre los alumnos de física, respecto a los que no tienen dicha asignatura. Exponen también los resultados de un análisis de 6 libros de texto, con vistas a averiguar el tipo de conceptos (concretos o formales), manejados en los mismos. Nussbaum, J. (1981), muestra los resultados de una investigación hecha con el fin de averiguar la competencia de los profesores en formación, de cara a detectar posibles errores conceptuales en las respuestas de sus alumnos, y por último, Kubli, F. (1979), el cual expone con cierta extensión, varias de las ideas clave de Piaget, e intenta explorar y clarificar sus implicaciones y consecuencias de cara a la enseñanza de las ciencias.

Arons, B.A. (1980). «Thinking, Reasoning and Understanding in Introductory Physics Courses». Physics Teaching. GIREP. U. Ganiel Ed. Balabam. Jerusalem.

Clement, J. (1982). «Student's preconceptions in introductory mechanics». American Journal of Physics. Vol 50, n° 1. Junio.

Delacotte, G; et al (1978). «Methodes et resultats concernant l'analyse des conceptions des élèves dans différents domaines de la physique». Deux exemples: les notions de chaleur et lumière. Rev. Fran. de Pedagogie. n° 45.

Derkse, W. (1981). «Popper's Epistemology as a pedagogic and didactic Principle or: Let them make more Mistakes». Chem. Educ. Vol 58. pp 565-567.

Doran, L.R. (1972). «Misconceptions of selcted science concepts held by elementary school students». Journal of Research i Science Teaching. 9. n° 2.

Duit, R. (1981). «Understanding energy as a conserved quantity»; European Journal of Science Education. Vol 3, n° 3, p. 291.

Gil, P.D. (1982). «¿Cómo enseñamos la física?: Implicaciones de un ejemplo». Apuntes de educación. Naturaleza y matemáticas. Enero-Marzo. n° 4. pp. 3-5. Ediciones Anaya.

Gilbert, K.J.; et al. (1982). «Children's Science and its consequences for teaching». Science Education. 66. (4). pp. 623-633.

Giordan, A. (1978). «Observations-Experimentation: Mais comment les élèves apprennent-ils?». Rev. Fran. de Pedagogie. 44. pp 66-73..

Gurevich, E.A. (1973). «An Analysis of Pupils Knowledge of Mechanics» (Soviet Education, Nov-Dicem.).

Helm, H. (1980). «Misconceptions in Physics amongst South African Students». *Physics Educ.* 15. pp 92-97.

Hewson, P.W. (1981). «A Conceptual Change Approach to Learning Science». *Eur. J. of Science Educ.* 3. n° 4. pp 383-396.

Johnstone, A.H.; et al (1977). «Misconceptions in School Thermodynamics». *Physics Educ.* Mayo. p 248.

Kavanaugh, R.D.; Moonaw, W.R. (1981). «Inducing formal Thought in Introductory Chemistry Students». *Chemical Education.* 58 pp 263-264.

Kubli, F. (1979). «Piaget's Cognitive Psychology and its Consequences for the Teaching of Science». *Eur. J. Sci. Educ.* 1 n° 1. pp 5-20.

Kuethe, J.L. (1963). «Science Concepts: A study of sophisticated Errors». *Science Educations* 47. pp 361-364.

Leboutet-Barrell. (1976). «Concepts of Mechanics Among Young People». *Physics Educ.* 11. p 462.

Leboutet, L. (1973). «L'Enseignement de la Physique». P.U.F. Paris.

Nussbaum, J.; Novack, D.J. (1976). «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education.* 60. (N° 4). pp 535-550.

Nussbaum, J. (1981). «Towards the Diagnosis by Science Teachers of Pupil's Misconceptions: An Exercise with Students Teachers». *Eur. J. of Science Educ.* vol. 3. pp 159-169.

Ogborn, J. (1976). «Dialogues Concerning Two Old Sciences». *Physics Educ.* Vol. 11. p 272.

Osborne, J.R.; Gilbert, K.J. (1980)a. «A Technique for exploring students views of the world». *Physics educ.* Vol 15 p 377.

Osborne, J.R.; Gilbert, K.J. (1980)b. «A method for investigating concept understanding in Science». *Eur. J. Science Educ.* vol 2. n° 3. pp 311-321.

Posner, J.G.; et al. (1982). «Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change». *Science Education.* 66. (2). pp 211-227.

Remmer, J.W.; Grant, R.R.M. (1978).

«Can students grasp physics concepts?». *The Science Teaching* Octubre. pp 30-33.

Sen'ko, V. Ju. (1983). Correcting the prescientific conceptions of school children. *Fizika v shkole.* 1972. n° 1. Soviet Education. Nov-Dic. 1973.

Sexl, R.U. (1981). «Some observations concerning the teaching of the energy concept». *Eur. J. Science Educ.* vol. 3. n° 3. p 285.

Vega, A.M.; Agapito, S, M<sup>a</sup> V. (1978). «Los conceptos de trabajo mecánico, energía y calor». *Rev. Bachillerato* n° 5 pp 56-59.

Viennot, L. (1979). «Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics». *Eur. J. Sci. Ed.* 1 n° 2.

Warren, W.J. (1982). «The nature of energy». *Eur. J. Sci. Educ.* Vol. 4. n° 3, pp 295-297.

Watts, M.D; Zylbersztajn. (1981). «A survey of some children's ideas about force». *Physics Education.* vol 18. p 360.

### SE PUEDE ENSEÑAR EL CONCEPTO DE ENERGÍA?

(Bibliografía reciente)

En el *European Journal of Science Education* han ido apareciendo diversos artículos que tratan de las dificultades que los alumnos jóvenes encuentran al adquirir el concepto de energía. Esta cuestión se encuadra dentro del estudio de los errores conceptuales que, junto con la resolución de Problemas, es uno de los principales campos de la Investigación Educativa.

Sin pretender hacer todavía una crítica, quiero reseñar tres trabajos que de alguna manera forman una unidad:

— «Some observations concerning the teaching of the Energy Concept». Roman U. SEXL (E.J.S.E. 1981, Vol. 3, No. 3, pp 285-287).

— Understanding Energy as a Conserved Quantity-Remarks on the article by R.U. Sexl». Reinders DUIT (E.J.S.E. 1981 vol. 3 n° 3, pp 291-301).

— «The Nature of Energy». J.W. WARREN (E.J.S.E. 1982 vol. 4 n° 3, pp 295-297).

Sexl afirma que hay ciertas dificultades en la didáctica de la física debido a la supervivencia de una anticuada filosofía de la ciencia, con actitudes operacionistas, según la cual la física debería desprenderse de todas aquellas magnitudes que no sean susceptibles de definición basada en procedimientos de medida (operacionales). La energía se diferencia, según Sexl, de otras magnitudes como la carga, la masa o la cantidad de movimiento, en que no puede ser definida de tal manera. Propone este autor que se supere tan estrecha visión citando a Einstein: «Es la teoría quien determina qué es lo que puede medirse».

Desde el punto de vista didáctico Sexl propone establecer el aspecto conservativo de la energía mediante la consideración de diversos ejemplos de sistemas aislados para, posteriormente, introducir el concepto de trabajo en relación con los intercambios de energía.

Por su parte Duit pasa revista a varios intentos de aproximación didáctica al concepto de energía, incluyendo el de Sexl, para mostrar que ninguno de ellos consigue eliminar las grandes dificultades que los alumnos tienen para captar los aspectos conservativos. Basa su argumentación en un experimento por él realizado donde sólo los alumnos mayores y más capacitados parecen haber asimilado la conservación de la energía, siendo en cambio más intuitiva la idea de su transformación.

La alternativa didáctica de Duit consistiría en una introducción fenomenológica próxima a lo cotidiano (hace falta energía-combustible para mover, elevar, calentar, etc.), para llegar, paso a paso, al principio de conservación.

Por último Warren propone lisa y llanamente que se elimine el uso del término 'energía' en la enseñanza de la física elemental, hasta haber desarrollado suficientemente el concepto de Trabajo, sobre el que debe basarse.

Creo que el debate permanece abierto y que debería abordarse desde una perspectiva metodológica más amplia. En otra ocasión volveremos sobre ello.

AGUSTÍN SÁNCHEZ MAMBRILLA