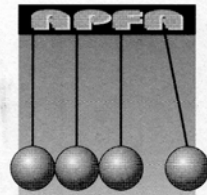


*Revista de
Enseñanza
de la Física*

Volumen 8 - Número 2 - Octubre 1995



**Asociación de
Profesores de
Física de la
Argentina**



Röntgen

CONTENIDOS

Revista de Enseñanza de la Física

Volumen 8 - Número 2 - Octubre 1995

Editorial 3

Investigación y Desarrollo

Actividades de evaluación coherentes
con una propuesta de enseñanza
de la Física y la Química como investigación
ALONSO SANCHEZ, M. GIL PEREZ, D.
y MTNEZ TORREGROSA, J. 5

Influencia del conocimiento previo y de la estructura conceptual
de los estudiantes de BUP en la resolución de problemas
SOLAZ, J., SANJOSE, V., y VIDAL - ABARCA, E. 21

Problemática de la Enseñanza

Inversión y reversión en las imágenes
formadas por espejos planos
SANDOVAL, J. y SALINAS, J. 29

Historia

"Sobre una especie nueva de rayos"
ROENTGEN, W. K. 37

Ciencia, Técnica y Sociedad

El cielo al alcance de sus manos: Complejo Astronómico "El Leoncito"
LEVATO, H. y SUAREZ BOEDO, F. 41

Temas de Física

Ser y No Estar. Esa es la cuestión de la Física Cuántica
DE LA TORRE, A. C. 45

Taller y Laboratorio

Determinación de la densidades: Una sencilla práctica para la iniciación
de la metodología experimental 51

FUERTES, J. y ALONSO, M.
Experiencias de Optica Física:
Usando el disco compacto como difractor
PESA, M., JAEN, M. y CABRERA, M. 64

Informaciones 71

Noticias 81

INFLUENCIA DEL CONOCIMIENTO PREVIO Y DE LA ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE LOS ESTUDIANTES DE BUP¹ EN LA RESOLUCION DE PROBLEMAS

SOLAZ, J. J. ⁽¹⁾, SANJOSE, V. ⁽¹⁾ y VIDAL-ABARCA, E. ⁽²⁾

⁽¹⁾ Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universitat de Valencia. España.

⁽²⁾ Psicología Evolutiva y de la Educación. Universitat de Valencia. España.

Apartado de Correos 22045, 46071 - Valencia, España.

ABSTRACT

The intent of this study was to investigate the influence of both previous knowledge as well as post-instructional conceptual knowledge to foster the achievement in problem-solving. Data were collected from 136 BUP students of Valencia.

RESUMEN

Con nuestro estudio pretendemos analizar la influencia que el conocimiento previo y el conocimiento conceptual adquirido tras la instrucción tienen en la resolución de problemas. Los participantes en el mismo fueron estudiantes de BUP valencianos.

INTRODUCCION

En las investigaciones efectuadas en el área de didáctica de las ciencias en relación con el conocimiento de los sujetos se suele utilizar el término estructura cognitiva para la representación del conocimiento en forma de relaciones entre elementos de la memoria (White y Tisher, 1986). Esto es, se trata de un sistema formal de conceptos y proposiciones (relaciones entre conceptos) instalado en la memoria a largo plazo de los individuos (Novak, 1988a y 1991).

El instrumento de acceso a la estructura cognitiva que más eco ha tenido ha sido el mapa conceptual, que en opinión de sus mentores (Novak y Gowin, 1988) es una herramienta insustituible en el diagnóstico del aprendizaje significativo; es decir, aquél en el que los nuevos conceptos y proposiciones se asimilan en

estructuras cognitivas ya existentes, cosa que no ocurre en el aprendizaje memorístico. No obstante, la concepción jerárquica de los mapas conceptuales que imponen sus valedores ha sido criticada recientemente por Galagovski (1993) desde los presupuestos del modelo cognitivo del aprendizaje del lenguaje de Chomsky. Galagovski propone como alternativa a los mapas conceptuales las redes conceptuales, a las que considera como análogos semánticos de la estructura cognitiva y de los modelos neurónicos.

Desde el punto de vista práctico, la tarea de elaborar mapas conceptuales requiere de un aprendizaje previo de los estudiantes, además de que su análisis y evaluación precisa exige un laborioso y complicado trabajo para el evaluador, ya que se deben dar indicadores de: a) integración (interrelación) de conceptos, b) diferenciación de conceptos, a saber, cómo unos

¹ El BUP es el Bachillerato Unificado Polivalente, y corresponde a estudios de enseñanza Secundaria en España, con alumnos entre 14 y 18 años.

conceptos específicos se subsumen dentro de otros más generales, y c) articulación de proposiciones o grado de corrección de relaciones entre conceptos (Hegarty-Hazel y Prosser, 1991; West y Pines, 1985).

Son diversos los investigadores que defienden que la cantidad de conceptos y estructuras proposicionales en la memoria a largo plazo del individuo constituye un factor limitante para abordar óptimamente la resolución de problemas y los nuevos aprendizajes (Dawson 1993; Entwistle y Ramsden 1983; Kempa 1991; Neto 1991 y Novak 1988a). En los trabajos de Kempa (Kempa y Nicholls, 1983; Kempa 1986), se comparan los mapas cognitivos de asociación de palabras de los estudiantes con sus resultados en la resolución de problemas. En ellos, se concluye que los buenos resolutores de problemas hacen mapas cognitivos con más asociaciones entre conceptos y menos errores. Según este mismo autor (Kempa, 1991) las dificultades para resolver problemas y su relación con la estructura cognitiva de los estudiantes, son atribuibles a la ausencia de elementos (conceptos) y/o de relaciones entre ellos en la estructura cognitiva, y a la presencia de irrelevantes o falsos elementos (conceptos) y/o relaciones entre ellos.

El propósito del presente trabajo es analizar la influencia que el conocimiento previo y el conocimiento conceptual tras la instrucción tienen sobre el rendimiento de estudiantes de bachillerato en la resolución de problemas. El conocimiento conceptual representará una medida cuantitativa de los conceptos y proposiciones instalados en la estructura cognitiva de los sujetos.

DISEÑO DE LA EXPERIENCIA

Sujetos participantes.

Todos los sujetos participantes en nuestra investigación eran estudiantes de segundo BUP (edad promedio 15,3 años), y pertenecían a tres centros de Bachillerato del País Valenciano de diferente localización y perfil socioeconómico. De cada centro participaron dos grupos de segundo de BUP escogidos al azar, a los cuales se les avisó que intervendrían en una experiencia

educativa. A todos ellos se les avisó que las notas obtenidas en las pruebas a realizar se tendrían en cuenta en su evaluación trimestral.

El grupo de alto conocimiento previo, constituido por 69 alumnos pertenecientes a un grupo de cada uno de los tres centros educativos, había estudiado el tema sobre el que versaban nuestros materiales, Modelos Atómicos, y había sido evaluado del mismo previamente a la realización de nuestra experiencia (aproximadamente una semana antes). Todos ellos siguieron el mismo libro de texto e hicieron los mismos ejercicios. El grupo de bajo conocimiento previo, constituido por 67 alumnos también pertenecientes a un grupo de cada centro de bachillerato, no estudiaron con anterioridad el tema correspondiente.

Medidas realizadas del conocimiento conceptual

En la prueba diseñada para la medida del conocimiento conceptual se proporcionó a los estudiantes una lista de quince conceptos que habían sido previamente elegidos por los autores, tras un análisis pormenorizado del contenido del tema de Modelos Atómicos. Con estos conceptos, se pidió a los sujetos que escribieran de cinco a diez frases (Anexo 1). También se les advirtió verbalmente acerca de la posibilidad de hacer la frase del tamaño que desearan y de incluir en ella los conceptos que estimasen convenientes, tanto si eran de la lista dada como si no. Esta prueba, se pasó antes y después del detenido estudio por parte de los estudiantes de un texto sobre Modelos Atómicos especialmente elaborado por nosotros mismos (Solaz Portoles, 1994), y de la resolución de problemas.

Para la evaluación de la prueba confeccionamos un mapa de asociación de conceptos que contiene todas las relaciones posibles entre los quince conceptos (los llamamos conceptos internos), que se halla en el Anexo 2. En dicho anexo, damos asimismo una lista de ocho conceptos que también entran en la evaluación de la prueba, aunque no estén en el mapa de asociación, dada su relevancia para la materia tratada (los llamamos conceptos externos).

El mapa de asociación de conceptos se utiliza para contabilizar las relaciones entre pares de

ue las notas tendrían en

, constitui- un grupo de ivos, había an nuestros había sido realización mente una el mismo rcicios. El onstituido a un gru- estudiaron mente.

nto con-

edida del onó a los eptos que s autores, enido del onceptos, e cinco a advirtió e hacer la ir en ella es, tanto prueba, udio por o sobre rado por y de la

ionamos contiene quince os), que damos os que prueba, n, dada la (los

utiliza are de

conceptos internos (proposiciones) que figuran escritas en los protocolos de los sujetos. Las relaciones entre pares de conceptos internos en las frases entran en el cómputo si son correctas y se ajustan a algunas de las indicadas en el mapa

de asociación, independientemente de la forma en que estén escritas. Además, se cuentan también los conceptos internos más los externos, siempre que estos últimos participen en proposiciones correctas.

ANEXO 1:

HOJA DE CONOCIMIENTOS SOBRE EL TEMA MODELOS ATOMICOS

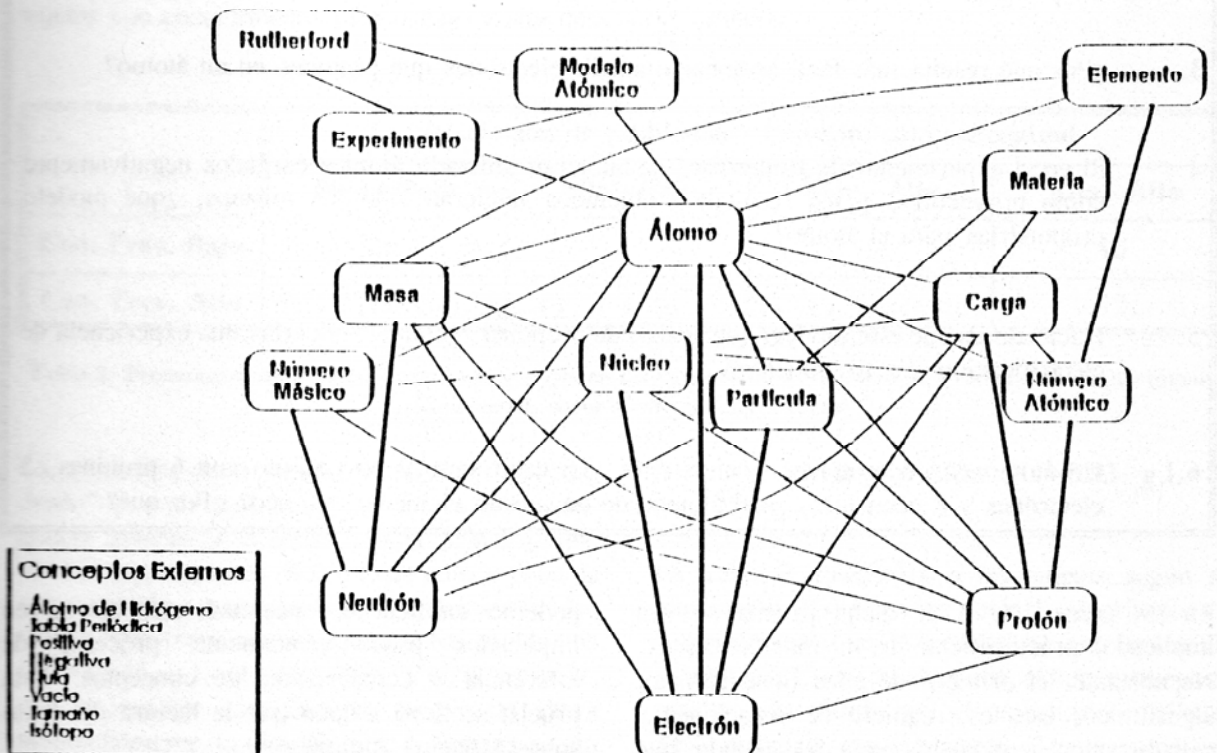
Nombre: Curso:
 Centro: Fecha:

Los términos que has de emplear son los siguientes:

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| ELECTRÓN | ÁTOMO | MODELO ATÓMICO |
| PARTÍCULA | NÚMERO MÁSCICO | MASA |
| CARGA | RUTHERFORD | EXPERIMENTO |
| NÚCLEO | PROTÓN | ELEMENTO |
| NÚMERO ATÓMICO | NEUTRÓN | MATERIA |

Con ellos has de escribir un mínimo de 5 frases y un máximo de 10.

ANEXO 2:



Partiendo de que ciertos investigadores (Novak, 1988b; Chi et al., 1981) apuntan que la diferencia entre sujetos expertos y novatos radica en que aquéllos tienen más conceptos integrados en su estructura cognitiva, y en la extensión y calidad de sus vínculos proposicionales, es plausible admitir que el conocimiento conceptual ha de ser directamente proporcional al número de conceptos y al número de relaciones entre ellos, y que, por tanto, un cuantificador de la prueba pueda ser el producto del total de conceptos (internos más externos) por las relaciones entre ellos. Sin embargo, tal producto arrastra efectos

acumulativos debidos a la correlación existente entre conceptos y relaciones, y por ello, resulta conveniente extraer su raíz cuadrada. En definitiva, pues, el cuantificador más apropiado para la prueba de conocimiento conceptual resulta ser la media geométrica entre conceptos y relaciones entre ellos.

Medidas realizadas de resolución de problemas

La prueba que denominamos de resolución de problemas constaba de seis cuestiones abiertas, cinco cualitativas y una cuantitativa (Anexo 3).

ANEXO 3:

CUESTIONARIO DE COMPRESION		Forma
Datos de identificación		
Nombre:	Curso:	
Centro:		
1.	Indica las partículas subatómicas presentes en el átomo Al	
2.	¿A qué se debe que unas partículas positivas (los proyectiles) se desvíen más que otras en la experiencia de Rutherford?	
3.	¿Por qué resulta más fácil arrancar o añadir electrones que protones en un átomo?	
4.	Si en el experimento de Rutherford se hubieran utilizado átomos cargados negativamente como proyectiles, y los resultados obtenidos hubieran sido los mismos, ¿qué modelo propondrías para el átomo?	
5.	Haciendo uso de este modelo que acabas de proponer, ¿cómo explicarías una experiencia de electrificación por frotamiento?	
6.	Un átomo con 6 protones, 6 electrones y 6 neutrones, y otro átomo con 6 protones, 5 electrones y 8 neutrones, ¿son átomos de un mismo elemento químico? ¿Por qué?	

En los ítems 1 y 6 de dicha prueba se ven implicados prácticamente los mismos conceptos. No obstante, el primero de ellos tiene carácter algorítmico, esto es, requiere de ecuaciones y cálculos numéricos, a diferencia del segundo, que

podemos calificar de conceptual, en el que se ven implicados predominantemente procesos de inferencia y comprensión de conceptos. Esta prueba se llevó a cabo tras la lectura del texto sobre Modelos Atómicos.

La cuantificación de la prueba de resolución de problemas se efectuó mediante una categorización previa de las contestaciones de los sujetos, que condujo a una única categoría de respuesta correcta por ítem presentado, y una posterior valoración de la presencia/ausencia de la respuesta correcta como 1/0.

RESULTADOS

En primer lugar, señalaremos que la aplicación de la prueba estadística *t* de Student a la medida de conocimiento conceptual efectuada antes de la lectura del texto, pone de manifiesto diferencias significativas entre los sujetos de alto y bajo conocimiento previo, confirmándose de este

modo tal clasificación.

Sin embargo, nuestro mayor interés radica en las interacciones entre las variables conocimiento previo/conocimiento conceptual (tras la lectura del texto)/resolución de problemas. La tabla 1 recoge aquellos sujetos que han puntuado bajo o alto en la prueba de resolución de problemas y asimismo han puntuado bajo o alto en la medida de conocimiento conceptual. Con este objetivo, hemos seleccionado los estudiantes que obtenían notas comprendidas o bien en el primer tercio, o bien en el último tercio de la escala de calificación de ambas pruebas. Es decir, aquellos que conseguían entre 0 y 0,33 y entre 0,66 y 1, para puntuaciones normalizadas 0-1.

	Resol. problemas: bajo	Resol. problemas: alto
Conoc. conceptual: bajo	32	3
Conoc. conceptual: alto	1	22

Tabla 1: Frecuencia de Puntuaciones Altas y Bajas en la Prueba de Conocimiento Conceptual y en la Prueba de Resolución de Problemas

Por su parte, la Tabla 2 ofrece el número de sujetos con conocimiento previo bajo y alto que

pertenecían a alguna de las cuatro categorías de la Tabla 1.

	Resolución de problemas - Conocimiento conceptual			
	Baja - Baja	Alta - Baja	Baja - Alta	Alta - Alta
Con. Prev. Bajo	20	1	1	10
Con. Prev. Alto	12	2	0	12

Tabla 2: Frecuencias de puntuaciones Altas y Bajas en las Pruebas de Resolución de Problemas y Conocimiento Conceptual, según Conocimiento Previo

La aplicación de la prueba estadística "chi cuadrado" en cada una de las dos tablas de contingencia anteriores muestra: en la primera, que obtener puntuaciones altas o bajas en la prueba de conocimiento conceptual discrimina entre los sujetos que resuelven bien o mal los problemas ($X^2=39.44$, g.l. = 1, $p < .001$), y en la segunda, que la variable conocimiento previo no altera sustancialmente la distribución de sujetos según la relación conocimiento conceptual-eficiencia en

la resolución de problemas ($X^2=2.93$, g.l. = 3, $p > .05$).

La Tabla 3 categoriza a los sujetos según su puntuación (0 ó 1) en los ítems 1 (algorítmico) y 6 (conceptual) de la prueba de resolución de problemas. Como puede verse, el ítem conceptual resulta más difícil que el algorítmico (sólo el 34% responde correctamente el conceptual, en tanto que el 65% hace lo propio en el

algorítmico); y un alto porcentaje de los sujetos que responden acertadamente el ítem conceptual (91%) hacen lo mismo en el algorítmico, en

cambio, el porcentaje se reduce sensiblemente cuando se toman el sentido inverso (41%).

	Item Conceptual. Punt=0	Item Conceptual. Punt=1
Item Algorítmico. Punt=0	28	4
Item Algorítmico. Punt=1	61	43

Tabla 3: Frecuencia de Puntuaciones 0 y 1 en los ítems algorítmico y conceptual de la Prueba de Resolución de Problemas

La Tabla 4 proporciona el número de sujetos con conocimiento previo bajo y alto que se

encuentran en cada una de las cuatro categorías de la tabla anterior.

	Item Algorítmico - Item Conceptual			
	0 - 0	0 - 1	1 - 0	1 - 1
Con. Prev. Bajo	17	4	24	22
Con. Prev. Alto	11	0	37	21

Tabla 4: Frecuencia de puntuaciones 0 y 1 en los ítems Algorítmico y Conceptual según Conocimiento Previo

La aplicación de la prueba "chi cuadrada" en las dos últimas tablas de contingencia revela: en la primera, la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el éxito de los estudiantes en ambos ítems ($X^2=7.77$, g.l.=1, $p<.01$); en la segunda, que la variable conocimiento previo modifica significativamente la distribución de sujetos según su capacidad de resolver problemas algorítmicos y conceptuales ($X^2=8.05$, g.l.=3, $p<.05$), más en concreto, el conocimiento previo alto incrementa notablemente la proporción de estudiantes que hacen bien el problema algorítmico y mal el conceptual.

CONCLUSIONES Y DISCUSION.

De los resultados obtenidos por estudiantes de Bachillerato en las pruebas de conocimiento conceptual y de resolución de problemas podemos concluir:

1. Que la adecuada resolución de los problemas depende, entre otras cosas, de la existencia de un apropiado conocimiento conceptual, y que el

conocimiento previo no interviene en esa relación de dependencia.

2. Que refiriéndonos a problemas o cuestiones con los mismos conceptos científicos subyacentes, saber resolver los algorítmicos no comporta saber resolver los conceptuales, y para saber solucionar estos últimos es necesario dominar los primeros. Es decir, el conocimiento procedimental del algoritmo es condición necesaria aunque no suficiente para la apropiada comprensión y aplicación de los conceptos. Además, un mayor conocimiento previo sólo facilita la resolución de problemas algorítmicos.

La relación de dependencia encontrada entre conocimiento conceptual y resolución de problemas es acorde con los trabajos mencionados en la introducción (Dawson, 1993; Entwistle y Ramsden, 1983; Kempa, 1991 y Novak, 1988a) en los que se resaltaba la importancia de la cantidad de conceptos y estructuras proposicionales para abordar con éxito la resolución de problemas. Asimismo, concuerda con las investigaciones de Ferguson-Hessler y de Jong (de Jong

y Ferguson-Hessler, 1986; Ferguson-Hessler y de Jong, 1987) y las de Chi y colaboradores (Chi et al., 1981; Chi et al., 1982), que han mostrado que los esquemas de conocimiento instalados en la memoria a largo plazo de los sujetos expertos están mejor organizados y estructurados, y contienen más conceptos; y con las de Lang de Silveira y colaboradores (Lang de Silveira et al., 1992a y 1992b), en las que se señala que el dominio de los conceptos es una condición sine qua non para poder aplicarlos correctamente, por ejemplo, en la resolución de problemas. No obstante, según apunta Neto (1991), son múltiples los factores que condicionan la eficacia en la tarea de resolución de problemas: el conocimiento del lenguaje, las estrategias cognitivas, las limitaciones de la memoria operativa y el estadio evolutivo del sujeto.

Por último, los resultados del análisis de los problemas algorítmico y conceptual están en completa consonancia con los obtenidos en los problemas de Física por Hellman (1989); y en problemas de Química por Nurrembern y Pickering (1987), y reproducidas posteriormente por Sawrey (1990) y por Nakhleh y Mitchell (1993). Nosotros, además, hemos subrayado el papel que desempeña el conocimiento previo de los sujetos: los sujetos de mayor conocimiento previo sólo acrecientan el grupo de los que saben resolver los problemas algorítmicos pero no los conceptuales. Este hecho, pone en evidencia que la instrucción previa recibida por los alumnos se centró, probablemente, más en la aplicación de algoritmos que en la comprensión y razonamiento de los conceptos.

Referencias Bibliográficas

- CHI, M.T.H.; FELTOVICH, P.J. Y GLASER, R. (1981), Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-151.
- CHI, M.T.H., GLASER, R. Y REES, E. (1982), Expertise in problem solving. En R.J. Stenberg (Ed.). *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 1. Hillsdale; Erlbaum.
- DAWSON, C. (1993), Chemistry in concept. *Education in Chemistry*, 30(3), 73-75.
- DE JONG, T. y FERGUSON-HESSLER, M.G.M. (1986), Cognitive structures of good and poor novice problem solvers in physics. *Journal of Educational Psychology*, 78, 279-288.
- ENTWISTLE, N. y RAMSDEN, P. (1983), *Understanding student learning*. London: Croom Helm.
- FERGUSON-HESSLER, M.G.M. y DE JONG, T. (1987), On the quality of knowledge in the field of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 55, 492-497.
- GALAGOVSKI, L.R. (1993), Redes conceptuales: Base teórica e implicaciones para el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 301-307.
- HEGARTY-HARZEL, E. y PROSSER, M. (1991), Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies-part 1: Student learning in physics. *International Journal of Science Education*, 13, 303-312.
- HELLMAN, W. (1989), Conceptual versus nonconceptual questions in the grading of physics students. *The Physics Teacher*, 26, 383-386.
- KEMPA, R.F. (1986), Resolución de problemas de Química y estructura Cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 99, 110.
- KEMPA, R.F. (1991), Students' learning difficulties in Science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 119-128.
- KEMPA, R.F. Y NICHOLLS, C.E. (1983), Problem-solving ability and Cognitive Structure An exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, 5, 171-184.
- LANG DE SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A. Y AXT, R. (1992b), Estructura interna de testes de conhecimento em Física: Um exemplo em mecânica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 187-194.
- NAKHLEH, M. B. Y MITCHELL R. C. (1993), Concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, 70, 190-192.
- NETO, A. J. (1991), Factores psicológicos de insucesso na resolução de problemas de física: Uma amostra significativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 275-280.
- NOVAK, J. D. (1988A), Constructivismo humano: Un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 213-223.
- NOVAK, J. D. (1988b), Learning Science and the Science of Learning. *Studies in Science Education*, 15, 77-101.
- NOVAK, J. D. (1991), Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor- investigador. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 215-228.
- NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B. (1988), *Aprendiendo*

a aprender. Barcelona: Martínez-Roca.

NURRENBERN, S. C. y PICKERING, M. (1987), Concept learning versus problem solving: Is there a difference?. *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.

SAWREY, B. A. (1990), Concept learning versus problem solving: Revisited. *Journal of Chemical Education*, 67, 253-254.

SOLAZ I PORTOLES, J. J. (1994), *Análisis de las interacciones entre variables textuales, conocimiento previo del lector y tareas en el*

aprendizaje de textos educativos de Física y Química. Tesis Doctoral, Servei de Publicacions: Universitat de Valencia.

WEST, L. H. T. y PINES, A. L. (Eds.) (1985). *Cognitive Structure and conceptual change*. New York: Academic Press.

WHITE, R. T. y TISHER, R. P. (1986), Research on Natural Sciences. En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of teaching*. New York: Mc Millan Publishing.



Casa Central: 25 de Mayo 160, Cba.
8 casas en ciudad de Córdoba y sucursales en
San Francisco, Rio Tercero, Villa Carlos Paz, Marcos Juárez, Villa Maria, La Falda,
Rio Cuarto, Santa Fe, Rosario, Mendoza, Tucumán y Capital Federal.