

INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FÍSICA Y SU REPRESENTACIÓN: UN ESTUDIO EN LA ESCUELA MEDIA (*)

BUTELER, LAURA¹, GANGOSO, ZULMA¹, BRINCONES CALVO, ISABEL² y GONZÁLEZ MARTÍNEZ, MERCEDES²

¹ Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba. Medina Allende y Haya de la Torre. Ciudad Universitaria. Córdoba. Argentina
E-mail: lbuteler@famaf.unc.edu.ar zulma@famaf.unc.edu.ar

² Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Alcalá de Henares
Libreros, 13. Alcalá de Henares. Madrid
E-mail: isabel.brincones@uah.es

SUMMARY

The present study explores: *a*) the relationship between certain characteristics of physics (problem statements and the internal representation that students form after reading the statement; *b*) the correlation between this representation and the equation generation stage. Seventeen-year-old students of secondary school from Madrid were taken as an accidental sample (N = 189). Certain characteristics of these statements were observed to be favourable instances to solve the problem. Possible implications for the instruction were analysed.

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas es una de las estrategias más utilizadas por los profesores de ciencias tanto durante la instrucción como en la etapa de evaluación. Paradójicamente, es también uno de los obstáculos más frecuentes con que se encuentra el alumnao durante su proceso de aprendizaje en los cursos de ciencias, que se traduce en el fracaso generalizado al momento de la evaluación.

Numerosos estudios han intentado abordar este problema desde diferentes perspectivas. Algunos de carácter prioritariamente instruccional, con base en el proceso de investigación, proponen una didáctica que tenga en cuenta las características de tal proceso. Entre ellas, en nuestra lengua, se destacan los aportes de Gil Pérez y colaboradores a partir de 1983. En estos trabajos, el objeto de

estudio es la instrucción en resolución de problemas, y parte de la propuesta didáctica consiste en modificar los enunciados de los problemas quitándoles los datos numéricos a fin de asemejar la actividad de resolución de problemas a la tarea del investigador novel. Todo ello para superar lo que los autores denominan *metodología de la superficialidad*.

Otra línea es la que, centrándose en el sujeto, adopta marcos teóricos provenientes de la psicología cognitiva para intentar generar descripciones y explicaciones sobre ciertos aspectos de este complejo proceso. Esta línea de investigación, en el ámbito de la física, tiene sus inicios a fines de la década del setenta con los trabajos de expertos y novatos (Simon y Simon, 1978; Larkin, 1980), existiendo actualmente bastante consenso en aspectos

básicos de aquellos resultados (De Jong y Ferguson-Hessler, 1986; Ferguson-Hessler y De Jong, 1990; Veldhuis, 1990; McMillian y Swadener, 1991; Dhillon, 1998).

Básicamente, estos estudios encuentran que existe un conjunto de habilidades y procedimientos que caracterizan el comportamiento de sujetos novatos y expertos respectivamente. Para citar algunos ejemplos: Chi, Feltovich y Glaser (1981), que estudian el tipo de estructura del problema percibido por ellos. Los especialistas atienden a la estructura profunda del problema, mientras que los novatos los clasifican por los aspectos superficiales. Larkin (1983) se refiere al tipo de entidades incorporadas a la representación interna del problema. Los novatos incorporan las entidades explícitamente mencionadas en el enunciado del problema y simulan la interacción de esas entidades a través de operadores que predicen eventos futuros en la dirección del tiempo real. Por el contrario, los expertos añaden, a la representación anterior, entidades abstractas no necesariamente contenidas en el enunciado del problema y que tienen significado solo en el contexto de la física. Asimismo, la interacción entre estas entidades es simulada por operadores que corresponden a leyes físicas.

Los estudios anteriores están orientados fundamentalmente a describir el comportamiento de novatos y expertos con el propósito –quizá aún hoy no alcanzado– de poder explicar los procesos por los cuales un sujeto «pasa» de una a otra categoría. Una versión complementaria en esta línea de investigación intenta caracterizar la actuación de expertos y novatos basándose en alguna estrategia compartida por ambos. Por ejemplo, Clement (1998), bajo el supuesto que tanto expertos como novatos utilizan analogías para enfrentarse a situaciones nuevas, estudia el conjunto de estrategias utilizadas por ambos grupos para evaluar la pertinencia de las analogías seleccionadas.

En todos estos trabajos subyace la idea de que existen estadios en el proceso de solución de un problema y que es la representación interna que construye el sujeto luego de leer el problema lo que guía el proceso de solución. Esta idea sugiere importantes implicaciones para la educación científica. Profundizar sobre el estudio de estas representaciones implicaría la posibilidad de conocer acerca de las estrategias que los estudiantes utilizan para resolver problemas en física, a partir de lo cual sería plausible diseñar estrategias de enseñanza que ayuden a optimizar el proceso. Sin embargo, gran parte de estos estudios se han llevado a cabo con un número muy reducido de sujetos y en condiciones de laboratorio, lo cual hace bastante difícil su generalización al contexto educativo.

El presente trabajo intenta hacer un aporte en esa dirección. Partiendo de la idea de estadios en el proceso de solución y teniendo en cuenta la relevancia de la representación interna en el proceso de solución, se estudia la actuación de 189 estudiantes secundarios enfrentados a una tarea de resolución de problemas.

EL ESTUDIO

En los estudios de expertos y novatos se asume la idea de estadios en el proceso de resolución. En general, la descripción de los estadios no difiere mucho de un autor a otro, por lo que nos referiremos a los propuestos inicialmente por McDermott y Larkin (1978), los cuales pueden resumirse como sigue:

- a) leer el enunciado del problema;
- b) hacer un *sketch* de la situación;
- c) realizar un análisis cualitativo, el cual resulta en una representación que contiene entidades abstractas del problema;
- d) generar ecuaciones matemáticas.

Dentro del estadio denominado *análisis cualitativo*, Chi, Glaser y Rees (1982) ubican la construcción de la representación interna del problema. Estos autores consideran a la representación interna como una representación cuya estructura es la de una red semántica que contiene ciertos elementos y ciertas relaciones entre esos elementos. Pero quizá más significativo es el conjunto de funciones que se atribuyen a esta representación. Para ellos, la representación interna no sólo es de gran ayuda, sino necesaria por cuatro razones:

- a) provee una base a partir de la cual se generan las ecuaciones físicas;
- b) provee de un modelo que puede ser usado para chequear posibles errores;
- c) provee una descripción concisa y global del problema que contiene los hechos esenciales;
- d) permite realizar inferencias acerca de ciertos hechos y relaciones que no están explícitas en el enunciado del problema.

Sobre la base de lo anterior, se infiere que es la representación interna del problema la que en buen grado guía el proceso de solución (Hayes y Simon, 1976; Chi et al., 1981; Larkin, 1983). Concretamente, Larkin (1983) explica los resultados de la actuación de expertos y novatos al resolver problemas de mecánica a partir de las características de sus respectivas representaciones internas.

Las ideas anteriores conforman el sustento teórico del presente estudio. Por un lado, teniendo en cuenta la relevancia de la representación interna, se sugiere a los alumnos generar una representación externa de una situación (véase el próximo apartado), la que es analizada con el propósito de explorar la correlación entre la representación y el estadio de generación de ecuaciones. En segundo lugar, teniendo en cuenta las funciones que Chi, Glaser y Rees (1982) atribuyen a la representación interna durante el proceso de solución, es verosímil suponer alguna correlación entre el grado de dificultad que demanda la tarea y el tipo de representación que se

construye para su realización. Así, una representación adecuada y completa facilitaría la tarea durante el proceso de solución. Con el fin de explorar tal relación, se calculan las correlaciones entre el estadio de representación y de generación de ecuaciones con el grado de dificultad percibido por los alumnos al resolver el problema.

METODOLOGÍA

Se trabaja con una muestra accidental constituida por siete grupos de alumnos correspondientes a siete cursos completos de primero de bachillerato (16 años de edad) pertenecientes a dos institutos de educación secundaria estatales de la ciudad de Alcalá de Henares y dos de la localidad de Coslada (Madrid, España). Dos de los bachilleratos corresponden a la orientación tecnológica y los cinco restantes a la orientación en ciencias, constituyendo un total de 189 alumnos.

La recolección de datos se realiza a partir de un conjunto de seis enunciados de problemas de física, extraídos de libros de textos usualmente utilizados en las aulas de enseñanza secundaria. Se pedía a los alumnos que, tras leer cada enunciado: *a)* realizaran un dibujo o esquema que les sugiriera el enunciado del problema; *b)* pidieran los datos necesarios para su resolución; y *c)* opinaran respecto del grado de dificultad en una escala de cuatro valores posibles. Se toma, como indicador de la representación interna generada por el sujeto luego de leer el enunciado, la representación externa que expresamente se le pide que realice. Esta decisión *ad hoc* está basada en el supuesto de que al solicitarse explícitamente al alumno la realización de un dibujo o diagrama, él incorpora allí, como mínimo, los aspectos funcionales relevantes de su representación interna, la que ha sido generada a partir de la lectura del enunciado.

El estadio de generación de ecuaciones es valorado según la adecuación de los datos que los alumnos dicen necesitar para resolver el problema. La tarea presentada a los alumnos se muestra en el apéndice.

Las encuestas fueron completadas individualmente por los alumnos durante el horario correspondiente a la clase de física y bajo previo acuerdo con el docente encargado de la asignatura. El tiempo asignado para la tarea fue aproximadamente de 60 minutos.

Descripción de los enunciados de los problemas

A excepción del último problema, los restantes fueron modificados respecto de su versión original, ya que se le quitaron los datos numéricos presentes en el enunciado. El supuesto es que así se induciría a los alumnos a construir una representación del problema antes de abordar el proceso de resolución.

Los problemas corresponden a diferentes tópicos de física en los que los alumnos ya habían sido instruidos al momento de realizar el estudio. Los tópicos de electro-

cinética habían sido enseñados el año anterior al realizar este estudio, mientras que las unidades de cinemática y dinámica habían sido desarrolladas algunas semanas antes de comenzar el estudio. Los tópicos de cinemática habían sido evaluados en todos los grupos, no siendo así para la unidad de dinámica.

Los problemas 1 y 2 fueron extraídos de los capítulos de cinemática y dinámica respectivamente, mientras que los problemas 3 y 4, de los capítulos correspondientes a ley de Ohm y a la potencia eléctrica. El problema 5 no requiere de ningún concepto físico aprendido formalmente en la escuela para su solución. El problema 6 es de mecánica elemental y presenta la misma situación física que el problema 2, pero con datos numéricos en su enunciado. Fue incluido a fin de comparar éstas representaciones con las de los problemas anteriores.

Criterios de categorización de las respuestas

Para el análisis de las representaciones se considera que la incorporación de los aspectos funcionales relevantes, se «traduce» en la incorporación de variables pertinentes. Estas representaciones fueron categorizadas según cinco de las siguientes posibilidades:

R1: Incorpora elementos mencionados en el enunciado, identifica variables pertinentes y utiliza símbolos convencionales adecuadamente.

R2: Dibuja elementos mencionados en el enunciado e identifica variables pertinentes.

R3: Dibuja elementos mencionados en el enunciado.

R4: Representa otra situación.

R5: No contesta.

El análisis de los datos que los alumnos dicen necesitar para resolver el problema se basa en suponer una correspondencia de éstos con las ecuaciones matemáticas necesarias para resolverlo. Las categorías resultantes son las que se presentan a continuación:

D1: Enumeran todos los datos estrictamente pertinentes.

D2: Citan todos los datos estrictamente pertinentes más otros datos que no son necesarios.

D3: Aquí se incluyen aquellos alumnos que dieron sólo algunos datos pertinentes, o algunos datos pertinentes y otros no necesarios, o datos enunciados de manera imprecisa.

D4: Todos los datos que pide no son pertinentes.

D5: No contesta.

En cuanto a la opinión de los alumnos respecto al grado de dificultad de los problemas, las posibilidades fueron cerradas a cuatro valores: muy fácil, fácil, difícil y muy difícil.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Características de los problemas y representación de los mismos

El gráfico número 1 resume los resultados obtenidos respecto de las representaciones realizadas por los alumnos.

– La comparación de los porcentajes correspondientes a los problemas P2 y P6 sugiere que, mayoritariamente, la presencia de los datos en el enunciado del problema ha favorecido la generación de representaciones más completas –en el sentido de la categorización descrita en la sección anterior. No debe entenderse este resultado en contradicción a los obtenidos por Gil Pérez y otros (1983). En todo caso, confirman que, de no mediar una instrucción especialmente diseñada, los alumnos, en general, se guían por los datos para construir su representación.

– La tendencia presentada en el problema 5 respecto de las dos primeras categorías (R1 y R2) es diferente a la de los restantes problemas. Para este problema, R1 es mayor que R2, contrariamente a lo que ocurre en el resto de los casos. Asimismo, los porcentajes correspondientes a la categoría R5 (son aquéllos que no representan la situación) son nulos en los problemas 1 y 5 y prácticamente nulo para el problema 2. Teniendo en cuenta que el problema 5 no requiere de conceptos físicos aprendidos formalmente en la escuela, este resultado indicaría

que los problemas en contextos cotidianos son representados más exitosamente que aquellos problemas pertenecientes al ámbito escolar, aun cuando los conceptos necesarios hayan sido enseñados en la escuela.

Datos y representaciones

El gráfico 2 sintetiza la información referida a la opinión de los alumnos respecto de los datos necesarios para resolver el problema.

– La inspección del gráfico sugiere que la tendencia correspondiente al problema 1 difiere de la presentada en el resto de los problemas. Las frecuencias de datos tipo D1 o D2 (enumeran todos los datos necesarios o todos más otros no necesarios) para el problema 1 superan a las frecuencias equivalentes para el resto de los casos, en oposición a lo que se observa para la frecuencia de la categoría D5 (no responde). Los alumnos parecen poseer más habilidades para la selección de datos necesarios para resolver el problema 1 que para resolver el resto de los problemas.

Las tablas numeradas de I a V muestran las frecuencias absolutas correspondientes a cada par de valores posibles de las variables «datos» y «representación» y corresponden a los cinco primeros problemas presentados a los alumnos. Para cada una de las tablas, se calculó el grado de asociación entre las variables (uve de Cramer), teniendo en cuenta que se trata de un nivel ordinal de medición.

Gráfico 1
Frecuencias absolutas de la variable «representación».

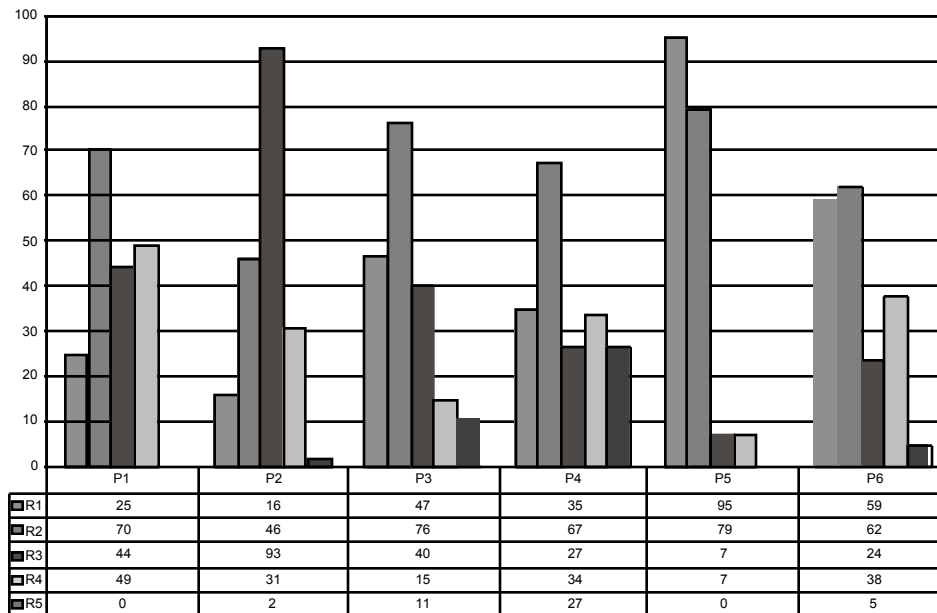


Gráfico 2
Frecuencias absolutas de la variable «datos».

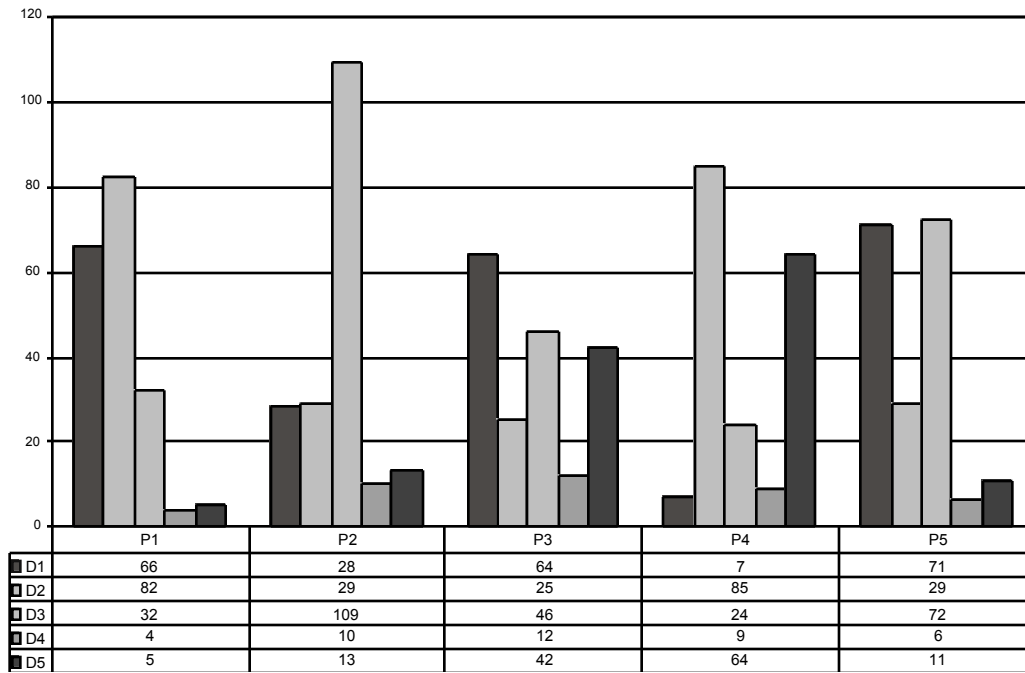


Tabla I

<i>P1</i>	R1	R2	R3	R4	R5
D1	17	26	13	10	0
D2	6	36	20	20	0
D3	2	6	7	17	0
D4	0	2	1	1	0
D5	0	0	3	2	0

V = 0,22

Tabla III

<i>P3</i>	R1	R2	R3	R4	R5
D1	22	26	14	2	0
D2	9	10	4	2	0
D3	11	21	9	5	0
D4	1	5	5	1	0
D5	4	14	8	5	11

V = 0,26

Tabla II

<i>P2</i>	R1	R2	R3	R4	R5
D1	8	4	14	2	0
D2	5	12	11	1	0
D3	3	27	56	21	2
D4	0	1	5	4	0
D5	0	2	8	2	1

V = 0,23

Tabla IV

<i>P4</i>	R1	R2	R3	R4	R5
D1	1	4	1	1	0
D2	21	39	16	9	0
D3	5	7	4	7	1
D4	1	6	0	2	0
D5	7	11	6	15	25

V = 0,30

Gráfico 3
Frecuencias absolutas del grado de dificultad.

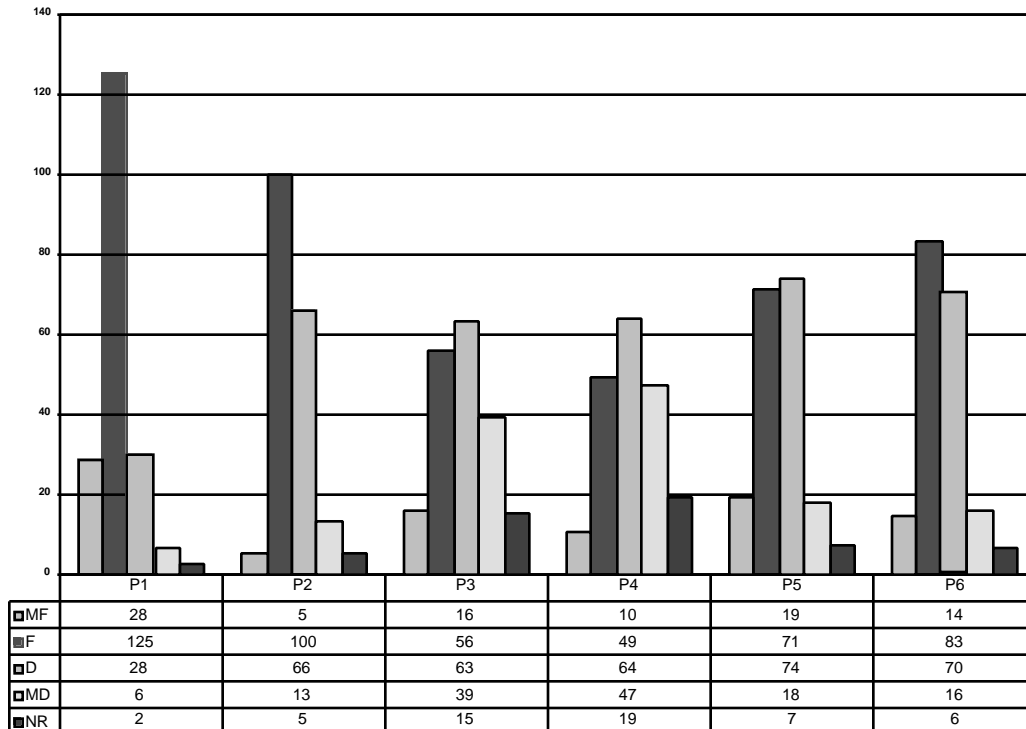


Tabla V

P5	R1	R2	R3	R4	R5
D1	55	14	1	0	0
D2	19	10	0	0	0
D3	17	51	2	2	0
D4	1	3	2	0	0
D5	3	1	2	5	0

V = 0,48

Tabla VII

P2	MF	F	D	MD	NR
R1	3	7	6	0	0
R2	1	29	14	1	1
R3	1	50	35	7	1
R4	0	13	10	5	2
R5	0	1	1	0	1

V = 0,23

Tabla VI

P1	MF	F	D	MD	NR
R1	8	16	1	0	0
R2	13	44	12	0	1
R3	6	29	7	1	1
R4	1	36	8	5	0
R5	0	0	0	0	0

Tabla VIII

P3	MF	F	D	MD	NR
R1	6	24	14	0	3
R2	5	21	28	18	4
R3	4	10	17	9	0
R4	1	1	3	8	2
R5	0	0	1	4	6

V = 0,31

Tabla IX

<i>P4</i>	MF	F	D	MD	NR
R1	3	14	13	3	2
R2	4	23	29	11	0
R3	3	6	10	6	2
R4	0	6	10	12	6
R5	0	0	2	15	9

V = 0,30

Tabla XIII

<i>P2</i>	MF	F	D	MD	NR
D1	2	16	5	1	0
D2	3	16	7	0	0
D3	0	52	44	6	2
D4	0	5	2	1	1
D5	0	2	5	4	2

V = 0,24

Tabla X

<i>P5</i>	MF	F	D	MD	NR
R1	16	39	35	5	0
R2	1	30	36	10	3
R3	2	2	1	1	1
R4	0	0	2	2	3
R5	0	0	0	0	0

V = 0,32

Tabla XIV

<i>P3</i>	MF	F	D	MD	NR
D1	12	36	13	1	2
D2	3	5	13	4	0
D3	1	14	20	11	0
D4	0	1	5	5	1
D5	0	0	12	18	12

V = 0,38

Tabla XI

<i>P6</i>	MF	F	D	MD	NR
R1	7	34	15	2	1
R2	5	21	30	4	2
R3	0	10	7	5	2
R4	0	18	18	3	0
R5	2	0	0	2	1

V = 0,25

Tabla XV

<i>P4</i>	MF	F	D	MD	NR
D1	2	3	1	0	1
D2	5	35	35	8	2
D3	1	6	11	6	0
D4	0	3	3	3	0
D5	2	2	14	30	16

V = 0,33

Tabla XII

<i>P1</i>	MF	F	D	MD	NR
D1	17	37	6	1	0
D2	5	58	14	0	1
D3	2	19	5	4	0
D4	0	0	2	0	0
D5	0	2	1	1	1

V = 0,28

Tabla XVI

<i>P5</i>	MF	F	D	MD	NR
D1	13	31	25	2	0
D2	1	12	13	2	1
D3	4	25	31	11	1
D4	0	3	2	0	1
D5	1	0	3	3	4

V = 0,29

A partir de las tablas I a V, se calculó el valor de χ^2 (chi cuadrado) para ver si existe correlación entre la variable «datos» y la variable «representación». En todos los casos, la prueba permite decir, con un nivel de significación de 0,01, que existe correlación entre los atributos, sin embargo el grado de correlación es muy débil, lo cual indicaría que las representaciones realizadas por los alumnos y los datos que ellos necesitan para resolver el problema son atributos mayoritariamente independientes entre sí.

Por otra parte, es útil hacer una inspección de la tabla I para las frecuencias correspondientes a los pares D1, R4 y D2, R4. Recordemos que estos números corresponden a la cantidad de alumnos que, habiendo representado otra situación (R4), han expresado necesitar los datos adecuados (D1) o «casi» adecuados (D2) para resolver el problema. En este caso, el papel de la representación para la solución del problema parece haber sido nula, estando guiada prácticamente por los datos. Esta situación no se repite en el resto de las tablas. Por el contrario, las frecuencias allí presentadas son muy pequeñas con respecto al problema 1. En particular, el problema 5 presenta frecuencias nulas. Notablemente, el problema 1 involucra conceptos que habían sido evaluados recientemente, a diferencia de los otros, que no habían sido aún evaluados (P2), o no habían sido enseñados formalmente (P5), o bien habían sido enseñados y evaluados el año anterior (P4 y P3).

Grado de dificultad

El gráfico 3 sintetiza la información acerca de la percepción de los alumnos respecto del grado de dificultad que les presentó cada uno de los problemas.

A pesar de que las distribuciones de las frecuencias son aproximadamente similares para todos los problemas, para el problema 1 –y en menor medida para los problemas 2 y 6–, las máximas frecuencias se encuentran en la categoría F (fácil). Probablemente el grado de dificultad esté asociado al recuerdo, dado que los tópicos correspondientes a estos problemas habían sido los más recientemente desarrollados al momento de realizar el estudio.

Las tablas VI a XI muestran las frecuencias absolutas para cada uno de los problemas que resultan de cruzar las variables «grado de dificultad» y «representación». También se muestran los grados de asociación calculados en caso de existir asociación entre las variables anteriores.

En la tabla VI, la prueba de χ^2 (significación 0,01) corrobora la ausencia de asociación entre las variables «representación» y «grado de dificultad». El resto de las tablas presenta un grado de asociación débil. Si bien el grado de dificultad es idiosincrático, y en algunos casos puede ser interpretado como la cantidad de trabajo necesario para realizar la tarea y no como la posibilidad o imposibilidad de realizarlo, los resultados obtenidos indicarían que la opinión de los alumnos respecto del grado de dificultad del

problema es prácticamente independiente de «la calidad» de la representación realizada como resultado de leer el enunciado del problema.

Las tablas XII a XVI muestran las frecuencias absolutas correspondientes a las variables «datos» y «grado de dificultad».

Si bien en todos los casos se corrobora la existencia de asociación entre las variables mencionadas, los grados de asociación son bajos.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA

Siguiendo el orden en que se presentaron los resultados, la inspección del gráfico 1 permite comparar los porcentajes de representaciones correspondientes a los problemas 2 y 6 (situaciones físicas similares, sólo las distinguen la ausencia y presencia de datos numéricos en el enunciado respectivamente). El porcentaje de representaciones R1 o R2 para el problema 6 supera ampliamente al correspondiente al problema 2. Tratándose de la misma situación física, la tendencia sugiere que, para la muestra considerada en este estudio, la presencia de datos favorece la construcción de representaciones «adecuadas» o bien que los datos guían la representación.

Una idea similar a la expresada en el párrafo anterior y fue referida en la sección de resultados a partir de la observación de las frecuencias correspondientes a las tablas I a V para los pares D1, R4 y D2, R4. Estos pares corresponden a la selección de datos adecuados para resolver el problema y a representaciones que corresponden a otra situación física que no es la presentada en el enunciado. Allí se observa que la frecuencia correspondiente a esos pares en el problema 1 supera a las frecuencias análogas de los problemas restantes. Para el problema 1, la representación no parece guiar el proceso de solución. En un número elevado de casos (comparado con los otros problemas), las representaciones corresponden a «otras» situaciones físicas y, sin embargo, el estadio de generación de ecuaciones se desarrolla exitosamente, dado que los alumnos son capaces de seleccionar adecuadamente los datos necesarios para resolver el problema.

Estos resultados indican que la representación interna generada a partir de la lectura del enunciado del problema no guía el proceso de solución, como habíamos supuesto inicialmente. Consideramos que al menos dos posibilidades pueden explicar este desacuerdo. Una de ellas está relacionada con los criterios de categorización para la variable «representación». Es posible que los criterios para evaluar la «adecuación» de estas representaciones deba ser revisado.

La segunda posibilidad es que sean los datos los que guíen el proceso de solución, lo cual podría tener relación con la variable «instrucción». Si se tiene en cuenta la instrucción que los alumnos habían recibido al mo-

mento de realizar el estudio, los conceptos más recientemente enseñados y evaluados corresponden a los requeridos para resolver el problema 1, donde la discordancia con nuestros supuestos es más notable. Es probable que la instrucción recibida por estos sujetos no haya podido revertir lo que algunos autores denominan metodología de la superficialidad.

Sin embargo, el grado de correlación entre las variables «representación» y «datos», encontrado para el problema 5 ($V = 0,48$) prácticamente duplica los coeficientes calculados para el resto de los problemas. La inspección de la tabla V nos permite inferir que la correlación es positiva; es decir que, en alguna medida, aquéllos que construyen representaciones «más completas» dicen necesitar datos que son los adecuados para resolver el problema. Según lo anterior, y siempre dentro de la intención descriptiva de este estudio, en el contexto cotidiano, la representación del problema parece ser relevante a la hora de resolver un problema.

Por último, las tablas VI a XI presentan grados de asociación débiles cuando se cruza el grado de dificultad expresado por los alumnos al resolver los problemas presentados con la variable «representación». Se encuentra la misma situación en las tablas XII a XVI, donde las variables que se correlacionan son el «grado de dificultad» y los «datos» necesarios para resolver el problema. Sin embargo, el grado de dificultad percibido por los alumnos puede no estar relacionado con la posibilidad o imposibilidad de realizar la tarea, como habíamos supuesto en un principio, sino con el tiempo que les demanda hacerlo o con el número de operaciones algebraicas necesarias para su solución. Consideramos que nuestra elección para el indicador correspondiente a la variable «grado de dificultad» puede no ser fiable, por lo que consideramos arriesgada cualquier interpretación de las correlaciones calculadas anteriormente.

Si bien este estudio tiene un carácter descriptivo, las ideas anteriores sugieren alguna reflexión de tipo curricular, ya que la selección de los problemas está dirigida por ciertos objetivos explícitos en el currículo de física. Es una idea suficientemente consensuada, entre los diseñadores de currículo, que uno de los principales objetivos de la escolarización es ayudar a los estudiantes a

transferir a otros contextos lo que ellos han aprendido en la escuela. La tarea de resolución de problemas no puede ser ajena a tal objetivo (Pozo, 1994).

Sobre la base de lo anterior sería necesario estudiar cómo favorecer la construcción de representaciones suficientemente abstractas y generales (útiles para ser transferidas a otros contextos) a partir de los problemas planteados y cuáles son las características relevantes en un problema que inducen a representar aspectos de la estructura profunda.

Aunque quede mucho que decir al respecto, se podría recalcar la diferencia encontrada en la actuación de los alumnos en el problema de contexto cotidiano, donde aparece la representación con un rol más notable, a la hora de planear la resolución, que en el resto de los problemas. Si este tipo de problemas favoreciera acciones deseables en los alumnos al intentar resolver un problema, podrían ser utilizados como mediadores para provocar cambios semejantes al resolver problemas en el contexto escolar, en donde el objetivo fundamental suele ser introducir al alumno en el contexto científico.

Si bien este estudio no puede dar respuesta a estos interrogantes, su función ha sido plantearlos. En la medida que las anteriores cuestiones sean suficientemente explicadas en el contexto escolar, los resultados podrán ser transferidos a la práctica docente con vistas a mejorar la calidad de la enseñanza.

NOTA

* La recolección de datos que forman parte de este estudio ha sido subsidiado por la Agencia Española de Cooperación Iberoamericana a través de una beca en el marco del Programa de Cooperación Interuniversitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la gentil colaboración de los profesores Eduardo García Arista, María Luisa García, Josefa Hernández y David Uribe, quienes accedieron a que pasáramos las pruebas en sus horas de clase.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEMENT, J. (1998). Expert novice similarities and instruction using analogies. *International Journal of Science Education*, 20(10), pp. 1271-1286.
- CHI, M., GLASER, R. y REES, E. (1982). Expertise in Problem Solving, en Stenberg, R. (ed.). *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- CHI, M., FELTOVICH, P. y GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, pp. 121-152.

- DE JONG, T. y FERGUSON-HESSLER, M. (1986). Cognitive Structures of good and poor novice problem solvers in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), pp. 279-288.
- DHILLON, A. (1998). Individual differences within Problem-Solving Strategies Used in Physics. *Science Education*, 82(3), pp. 379-405.
- FERGUSON-HESSLER, M. y DE JONG, T. (1990). Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 7, pp. 41-54.

- GIL PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), pp. 447-455.
- HAYES, J. y SIMON, H. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, pp. 165-190.
- LARKIN, J. (1980). *Teaching problem representation and skill in physics*, en Tuma, D. y Reif, F. (eds.). Proceedings of a Conference Problem Solving in Education, held at Carnegie-Mellon University. Hillsdale. Nueva York: Erlbaum.
- LARKIN, J. (1983). The role of problem representation in physics, en Gentner, D. y Stevens, A. (eds.). *Mental Models*. Hillsdale. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- McDERMOTT, L. y LARKIN, J. (1978). *Re-representing textbook physics problems*. Proceedings of the 2nd National Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence. Toronto: University Press.
- McMILLIAN, C. y SWADENER, M. (1991). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), pp. 661-670.
- POZO, J. y GÓMEZ CRESPO, M. (1994). La solución de problemas en ciencias de la naturaleza, en Pozo, J. (ed.). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- SIMON, D. y SIMON, H. (1978). Individual differences in solving physics problems, en Siegler, R. (ed.). *Children's thinking: what develops?* Hillsdale. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- VELDHUIS, G. (1990). The use of cluster analysis in categorization of physics problems. *Science Education*, 74, pp. 105-118.

[Artículo recibido en marzo de 2000 y aceptado en octubre de 2000.]

ANEXO

Lee cada uno de los problemas que te presentamos. No tienes que resolver los problemas, sólo tienes que:

- a) Elaborar un dibujo o esquema, lo más completo posible, que represente la situación descrita por el enunciado del problema.
- b) Escribir qué datos necesitarías para resolverlo.
- c) Marcar con una cruz la opción correspondiente al grado de dificultad que te ha presentado el problema.

Problema 1

Un coche viaja con velocidad constante. El conductor advierte que el semáforo se ha puesto rojo e instantáneamente aplica los frenos.

¿Cuál será la aceleración mínima necesaria para detenerse antes de llegar al semáforo?

Problema 2

Un vehículo que viaja en línea recta se detiene al cabo de un tiempo debido a la presencia de una fuerza de frenado constante. Determina la intensidad de la fuerza de frenado.

Problema 3

En un circuito eléctrico se ha conectado una pila y tres resistencias en serie.

- a) ¿Cuál es la intensidad que circula por cada una de ellas?
- b) ¿Cuánto vale la diferencia de potencial en los extremos de cada resistencia?

Problema 4

Dos resistencias iguales se conectan a una misma diferencia de potencial. En un caso se hace conectándolas en serie y en otro conectándolas en paralelo.

¿Cuál de las dos conexiones consumirá menos energía?

Problema 5

Se desea llenar una piscina que posee una pérdida de agua por su desagüe.

¿Cuánto tiempo tardará en llenarse?

Problema 6

Un cuerpo de 1 k de masa se lanza con una velocidad inicial de 10 m/s por un plano horizontal. Se observa que el cuerpo se detiene después de recorrer 12,5 m.

Determina el valor de la fuerza que lo hace detenerse.

Muy fácil Fácil Difícil Muy difícil