

## APRENDIZAJE DE LA FÍSICA POR RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: CASO DE ESTUDIO EN ALCALÁ DE HENARES, ESPAÑA

### A PHYSICS PROBLEM- BASED- LEARNING: CASE STUDY IN ALCALÁ DE HENARES, SPAIN

**JUAN CARLOS INZUNZA**

Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción, Chile  
jinzunza@udec.cl

**ISABEL BRINCONES C.**

Departamento de Física, Universidad de Alcalá, España  
isabel.brincones@uah.es

#### RESUMEN

Se aplicó el método de aprendizaje por resolución de problemas en Física a alumnos de institutos de educación secundaria de Alcalá de Henares, España. La principal dificultad que se encuentra es que los alumnos realizan las operaciones de forma automática y no son capaces de explicar cuáles son los pasos que siguen para intentar resolver un problema y muchas veces tampoco saben por qué eligen esos pasos. Todos los grupos de alumnos dedican la mayor parte del tiempo a la realización de cálculos matemáticos. La estrategia más repetida es la de buscar los datos numéricos del problema. Consiste en leer el enunciado, identificar los datos, buscar la fórmula a emplear, reemplazar y obtener el resultado numérico. El porcentaje de alumnos que realiza la comprensión de la situación aumenta desde el segundo año, donde es bajo, hasta tercer año, donde se puede considerar satisfactorio. Los resultados también indican que existe una baja realización de acciones en los indicadores que miden la capacidad de analizar las condiciones de aplicación de las leyes o principios y la de comprobar si se cumplen las condiciones de aplicación. Se deduce que esto puede indicar una falta de comprensión del significado físico de las leyes y principios. El análisis y verificación de los resultados es el paso que registra menor número de realización, seguido del análisis del marco teórico.

**Palabras clave:** Enseñanza, Física, problemas, aprendizaje, educación media.

#### ABSTRACT

To solve problems in Physics, we applied the Problem-Based Learning technique to students from secondary education institutes in Alcalá de Henares, Spain. The main difficulty which was found is that the students carried out their calculations automatically without being able to explain the steps they had followed in order to solve a problem. And even more, they often were unaware of why they chose such steps. All groups of students spent most of the time carrying out mathematical calculations. The most repetitive strategy was the one that required the extraction of numerical data from a problem. It consisted of reading the statement, identifying the data, finding the formula to apply, replacing in the data and obtaining the numerical result. The percentage of students who managed to understand the situation rose from the second year, when it was low, to the third year when it could be considered satisfactory. The results also indicated that there was a low realization of the actions related to the activity indicators analyzing the conditions of applying the laws

or principles and verifying if the application conditions were fulfilled. We deduce that this can indicate a lack of understanding of the Physics law and principle meanings. The analysis and verification of the results is the step which shows a lower amount of realization, followed by the analysis of the theoretical framework.

**Keywords:** Teaching, Physics, problem based learning, secondary education.

Recibido: 01.07.10. Revisado: 10.07.10. Aceptado: 02.08.10.

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la visión evolutiva del aprendizaje, las personas tienen en su mente estructuras cognitivas que están formadas por procesos cognitivos u operaciones intelectuales, que les permiten relacionarse con el medio para llegar a un conocimiento del mismo. Por ejemplo, para intentar aprender Física, se usan operaciones intelectuales cuando se enfrenta un fenómeno y se intenta interpretarlo y explicarlo. Se tendrá éxito en el aprendizaje, y por lo tanto se obtendrá un mayor conocimiento de la Naturaleza, cuando se dispone de las operaciones intelectuales necesarias para llegar a la interpretación y explicación adecuada y somos capaces de usar esas operaciones intelectuales.

El aprendizaje consiste en un aumento de las estructuras cognitivas de una persona, que crece cuando adquiere nuevas operaciones intelectuales y/o cuando es capaz de aplicar las que posee a un mayor número de situaciones. Para que se produzca ese aumento, es preciso que se desarrolle la interacción entre el alumno y el medio. En el caso de la Física, son los fenómenos naturales que la Física intenta comprender y explicar. En este proceso de interacción el alumno actúa sobre el medio y el medio proporciona nuevos conocimientos al alumno. Esta interacción produce modificaciones en la estructura cognitiva del alumno, dando lugar a un enriquecimiento de las operaciones intelectuales que es capaz de realizar, bien por aumento de éstas

o por ampliación del campo al que puede aplicarlas.

De acuerdo a esta visión, el objeto principal del aprendizaje es el desarrollo del individuo, de su estructura cognitiva, quedando en segundo lugar la adquisición de conocimiento en el sentido de contenido científico (fenómenos, hechos, conceptos, leyes, principios, etc.). Esto no quiere decir que este segundo tipo de conocimiento no se considere importante, por el contrario, juega un papel esencial, ya que sólo puede producirse desarrollo mediante la interacción con la realidad física, y esto lleva al conocimiento de esta realidad, que es el objeto del conocimiento científico. Lo que afirma este concepto del aprendizaje es que no es posible este conocimiento de hechos, principios, leyes, sin la existencia de la estructura cognitiva de operaciones intelectuales, y que cuanto más completa es esta estructura, mayor es la posibilidad de interpretar y conocer la naturaleza. Por lo tanto, lo que hay que pretender intencionalmente es un aumento de los procesos cognitivos u operaciones intelectuales que forman la estructura cognitiva, y ese aumento se produce simultáneamente con el aumento del conocimiento de datos, hechos, principios, leyes, etc.

Los aspectos del proceso de desarrollo que debe conocer un profesor pueden describirse mediante una simplificación de la teoría de Piaget del desarrollo evolutivo. El desarrollo es un proceso de equilibrio. El objeto del proceso es la adaptación del individuo y de su mente al medio que lo ro-

dea. Es un proceso dinámico y se manifiesta por diversos estados de equilibrio por los que pasa la persona a medida que se desarrolla. Para que se realice el desarrollo debe existir actividad en el alumno, mediante la cual se establece la relación del sujeto con el medio, que permita modificar el estado de equilibrio en que se encuentra el alumno, para pasar a otro estado también de equilibrio.

Se considera que el alumno puede razonar con tres formas de pensamiento en función de su nivel de desarrollo cognitivo (Bernard, 1990): pensamiento sensomotor, pensamiento del operar concreto y el pensamiento del operar formal. Según la teoría de Piaget, un mismo alumno puede razonar de manera formal ante un tipo de contenido y de manera concreta ante otro tipo de contenido menos conocido por el alumno. Una forma conocida del trabajo de Piaget consiste en buscar una formulación que permita describir los estados de equilibrio de las estructuras cognitivas. Aunque Piaget buscaba formulaciones lógico-matemáticas, la formulación más simple de los estados de equilibrio está determinada por la descripción de las operaciones mentales que el sujeto que se encuentra en un determinado estado de desarrollo es capaz de realizar. Staver y Bay (1989) encontraron que muchos alumnos de educación media usan sólo el razonamiento concreto para comprender la Física, esto hace que entiendan algunos contenidos de forma incompleta. El paso del pensamiento concreto al pensamiento formal se caracteriza por la aparición de nuevos procesos cognitivos u operaciones intelectuales correspondientes a habilidades lógicas y científicas como el control de variables. Los alumnos empiezan a ser capaces de aceptar entidades ideales, como el punto sin dimensiones, las partículas sin tamaño, la idea de función, etc. El pensamiento se hace más sistemático, sobre todo en su organización. Muchos co-

nocimientos de los que se pretenden que aprendan los alumnos de educación media requieren este tipo de razonamiento.

## 2. PLANTEAMIENTOS BÁSICOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

En el lenguaje usado comúnmente por profesores y alumnos, se llama problema a un conjunto de actividades que presentan distinto grado de dificultad y que casi siempre se relaciona con la realización de cálculos matemáticos. Pero cuando tratamos la resolución de problemas como estrategia de enseñanza y de aprendizaje, se debe tener claro cuáles son las características que debe tener la actividad para que produzca aprendizaje y qué características de la actividad favorecen distintos aprendizajes. Analizando las actividades propuestas tanto por los libros de Física como por los profesores, encontramos tres tipos de problemas (Brincones, 1999):

- Ejercicios de refuerzo, donde la tarea que se va a realizar está previamente determinada, y es conocida por el alumno; además la situación a la que se aplica la tarea también es conocida. Este tipo de ejercicios permite desarrollar las habilidades adquiridas previamente, pero no conduce al aprendizaje de nuevos contenidos ni de nuevas habilidades, sólo genera la automatización de éstas.
- Ejercicios de aplicación, en los que la tarea está determinada y es conocida, pero se aplica a una situación nueva para el alumno. Este tipo de ejercicios permite una importante forma de aprendizaje como es la transferencia de la tarea a situaciones nuevas, además de considerar la aplicación de habilidades previamente adquiridas.
- Problema. La situación que se presenta es nueva para el alumno y además no tiene

solución inmediata ni única, por lo que la tarea no está previamente definida. El alumno debe buscar la forma de resolverla.

En la estrategia de resolución de problemas se trata sólo con el tercer tipo de actividad, que puede necesitar o no la realización de cálculos matemáticos. Esto no quiere decir que los dos primeros tipos de ejercicios no son importantes en el proceso enseñanza-aprendizaje, porque cumplen un papel importante en ese proceso, pero diferente al de los problemas. Para describir cómo utilizan los alumnos la estrategia de resolución de problemas es necesario observar la ejecución de las realizaciones de los alumnos. La mayor parte de las investigaciones sobre estrategias, tanto de lectura como de resolución de problemas, consideran los siguientes puntos:

- Es imprescindible que el alumno tenga una meta.
- El alumno sigue un proceso que consiste en:
  - Hacer un análisis señalando las diferencias entre el estado inicial y la meta.
  - Elige y usa una estrategia más o menos compleja para alcanzar la meta.
- La actuación del alumno está determinada por la interacción entre la estrategia seleccionada y las características de la tarea.
- El éxito o fracaso está condicionado por la adecuación de la estrategia empleada.

Algunos autores que han estudiado el proceso de resolución de problemas (Greeno, 1980; Gilk y Holyak, 1983), y en concreto de resolución de problemas en Física, no estudian la estrategia de manera global, sino que se centran en algún aspecto de la misma. En diversos trabajos (Larkin, 1983; Chi *et al.*, 1981) se llega a esquemas del proceso de resolución donde han propuesto los siguientes pasos:

- Construcción de la representación de la situación,
- Búsqueda de la estrategia de resolución,
- Implementación de la estrategia de resolución,
- Fin, o regreso a los pasos anteriores en el caso en que la estrategia no tenga éxito.

### 3. INDICADORES DE LA ESTRATEGIA

Se debe considerar un método en el que cada paso se caracterice por indicadores observables y mensurables del trabajo de los alumnos. Para determinar los indicadores se deben realizar estudios sobre resolución de problemas en Física y considerar el tipo de aprendizaje que se desea de los alumnos en las clases de Física en la enseñanza media y en los primeros años de la universidad. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los profesores usan los problemas no sólo para enseñar estrategias, sino también para enseñar conceptos y principios físicos. En este sentido, nos interesa el uso que los alumnos realizan de estos conceptos y principios para construir la representación del problema.

Trabajos previos (Gangoso, 1997) han permitido diseñar un esquema en el cual los alumnos deberían realizar las siguientes actividades al aplicar el método:

1. Comprender la situación.
  - Plantear el problema con otras palabras.
  - Explicar de forma cualitativa en qué consiste el problema.
  - Representar la situación mediante esquemas, dibujos, gráficos.
  - Indicar de forma explícita cuál es la meta del problema.
2. Analizar el marco teórico (o hacer hipótesis en los problemas experimentales).
  - Mencionar los principios y leyes relacionadas con el tema.

- Analizar las condiciones necesarias para la aplicación de esos principios.
  - Comprobar si se cumplen las condiciones necesarias.
  - Seleccionar la ley o principio que se aplica a la situación descrita.
  - Identificar los datos existentes para resolver el problema.
  - Identificar los datos no presentes necesarios.
  - Estimar el resultado.
3. Planificar el procedimiento de resolución.
- Decidir los pasos que van a dar a continuación y en qué orden.
4. Realizar lo planificado.
- Seleccionar las fórmulas que se van a emplear.
  - Identificar las variables con los datos.
  - Determinar el sistema de unidades que se va a usar.
  - Comprobar las unidades y cambiarlas si es necesario.
  - Sustituir los valores numéricos.
  - Resolver matemáticamente.
  - Comprobar las unidades del resultado.
5. Analizar y verificar los resultados.
- Comprobar que los resultados sean coherentes y concuerden con las estimaciones realizadas.
  - Comprobar que los resultados estén de acuerdo con la teoría.
  - Comprobar si el resultado numérico es lógico (de acuerdo con su experiencia).
  - Analizar casos concretos.
  - Analizar posibles situaciones análogas.
  - Proponer otros caminos para llegar a la misma solución.

La aplicación de la estrategia se considera satisfactoria cuando se han realizado las siguientes acciones para cada paso de los indicadores anteriores:

1. Comprender la situación: deben aparecer acciones correspondientes al último indicador y al menos uno de los tres primeros.
2. Analizar el marco teórico (o hacer hipótesis en los problemas experimentales): la ausencia de acciones en alguno de los indicadores sugiere una baja calidad en la realización.
3. Planificar el procedimiento de solución: imprescindible para la correcta aplicación de la estrategia.
4. Realizar lo planificado: la ausencia de acciones en alguno de los indicadores demuestra una baja calidad en la realización.
5. Analizar y verificar los resultados: la presencia de acciones en un mayor número de estos indicadores garantiza un mayor conocimiento metacognitivo y una mejor calidad del aprendizaje logrado a partir de la estrategia.

#### 4. ACTIVIDADES CON ALUMNOS Y RESULTADOS

Además de analizar el comportamiento descriptivo de los alumnos, interesa mejorar su forma de actuar, de modo que vayan adquiriendo las características de alumnos expertos. Para obtener algunas indicaciones de cómo lograrlo, se puede intentar relacionar el proceso de resolución de problemas con las formas de conocimientos implicados en el mismo. De los planteamientos anteriores, parece importante destacar al menos tres efectos importantes para la enseñanza:

1. El proceso de resolución de problemas es global y no está rígidamente dividido en pasos. Si se indican pasos a seguir, es sólo para ordenar y entender mejor el proceso, pero hay que tener en cuenta que no son pasos aislados, sino que cada uno va apoyándose en el anterior. Por lo tanto, sólo tiene sentido el aprendizaje

- de la estrategia global y no de cada uno de los pasos en forma independiente.
2. El uso de la estrategia requiere, para producir aprendizaje, de los tres tipos de conocimiento: teórico, estratégico y metacognitivo, íntimamente relacionados entre sí.
  3. De la misma forma que es preciso los tres tipos de conocimiento para el uso de la estrategia, el uso correcto de la estrategia produce los tres tipos de aprendizaje, siempre que se seleccionen las situaciones adecuadas. El factor que más influye en esta adecuación es la estructuración de las actividades. Eso implica que no se presenten a los alumnos actividades individuales, sino que estén relacionadas entre sí, y no sólo porque se refieren al mismo tema, sino porque el conocimiento adquirido en una debe ser usado en la siguiente. Además, las actividades tienen que cumplir las siguientes condiciones:
    - Ser reales. Deben permitir a los alumnos relacionarse con el medio de forma real o imaginaria. Esta característica ayuda a ver la aplicabilidad de los contenidos, y por lo tanto a la transferencia de la destreza.
    - Ser relevantes para el alumno. Para que los alumnos se puedan interesar en resolverla. Una de las dificultades que se encuentra es que la mayoría de los alumnos no consideran problema lo que el profesor sí.
    - Ser asequibles. Es decir, ser compatibles con el conocimiento previo que tienen los alumnos. No deben contener términos nuevos ni situaciones en las que la mayoría de las variables sean desconocidas por los alumnos, ya que, además de no producir aprendizaje, desmotivan a los alumnos.
- Conducir a conocimientos nuevos. Es decir, hay que compatibilizar el hecho de que el alumno tenga conocimiento suficiente para comprender la situación con el hecho de que no se pueda resolver de forma automática con lo que ya se sabe. Por lo tanto, deben poder resolverse con lo que el alumno sabe y “un poco más”, es decir, la dificultad del problema debe encontrarse en la zona de desarrollo próximo. Cuando se plantean situaciones problemas con estas características, el alumno debe usar su conocimiento y realizar un aprendizaje en aquel aspecto en que el problema requiere algo más de lo que sabe.

#### 4.1. Experiencias

Se realizó una experiencia con una muestra de alumnos de segundo y tercer año de la educación secundaria en la ciudad de Alcalá de Henares, Madrid, España. La principal dificultad que se encuentra en este tipo de análisis es en los que se pretende conocer los procesos mentales de los alumnos durante la ejecución de una tarea, así como de detectar las estrategias que usan los alumnos para resolver el problema, es que los alumnos realizan las operaciones de forma automática y no son capaces de explicar cuáles son los pasos que siguen para intentar resolver el problema y muchas veces tampoco saben por qué realizan esos pasos. Un proceso que puede producir resultados mejores que la introspección o extrospección, y que ha sido usado, es el pensamiento en voz alta. Pero este procedimiento requiere que los alumnos sean entrenados previamente, a pesar de lo cual se ha encontrado que muchos de los alumnos de educación secundaria no producen protocolos suficientemente explícitos.

Una forma es usar un método que consiste en hacer que los alumnos resuelvan problemas por parejas, que discutan entre ellos y que hagan explícito de la mejor manera posible lo que hacen y las razones de por qué lo hacen. Se puede hacer un análisis a partir de las listas de control determinadas previamente, usando los indicadores establecidos para el desarrollo de la estrategia y el análisis de la resolución escrita que realicen los alumnos. La lista de control se puede aplicar por protocolos después que los alumnos terminen la resolución del problema. Se puede decir que se analiza un producto, pero que los datos analizados fueron recogidos durante el proceso de resolución, con lo que el resultado es el mismo que si el observador hubiera aplicado la lista en el mismo momento en el que los alumnos resolvían el problema. De esta forma se dispone de un instrumento para analizar el proceso y otro para analizar el producto.

Para mejorar la validez de la metodología diseñada, se puede seleccionar la muestra de alumnos con algún criterio o seleccionar los problemas para las actividades normales de los alumnos. Esto podría permitir generalizar los resultados o que representen a una muestra que constituya un grupo de alumnos que se enfrentan a la resolución de problemas en una situación normal en clases.

#### 4.2. Resultados

En la etapa comprender la situación planteada. Se proponía que la realización satisfactoria de esta etapa debe comprender la presencia de acciones correspondientes al cuarto indicador de la lista y al menos uno de los tres primeros. Sólo la tercera parte de los alumnos de segundo medio y los dos tercios de tercero, indican de forma explí-

cita cuál es la meta. Por otra parte, casi la mitad de los alumnos de segundo (47,7%) realiza alguna acción tendiente a comprender la situación, porcentaje que aumenta a 77% en tercero medio, lo que indica que en la muestra considerada, la estrategia de resolución va mejorando progresivamente.

En la etapa análisis del marco teórico. En cuatro de las siete etapas los alumnos de segundo medio no realizan ninguna acción, y la que más realizan es indicar los datos, con un 33,3%. Los alumnos de tercero medio realizan alguna acción en casi todas las etapas, con un porcentaje variable entre 15% que comprueban si se cumplen las condiciones, hasta un 100% que indican la existencia de datos. Ninguno de los alumnos hizo alguna actividad en la etapa estimar el resultado, lo que indica que los alumnos tienen deficiencias en destrezas relacionadas con el aprendizaje metacognitivo.

En la etapa planificar el procedimiento de resolución. Aquí hay un único indicador, donde se ha considerado que los alumnos realizan acciones de planificación cuando explícitamente indican que van a realizar una serie de de dos o más acciones consecutivas en cualquier etapa del proceso. En segundo año sólo el 19% indica qué pasos va a dar y en qué orden, y en tercer año el 69% de los alumnos realiza esta etapa.

En la etapa realizar lo planificado. Esta etapa corresponde a la ejecución de un plan previamente establecido. Un alto porcentaje de alumnos de segundo año, entre 76% y 91%, realiza acciones en los cuatro de los indicadores que no consideran las unidades de medida; los alumnos de tercer año realizan estas actividades en un porcentaje algo menor. Es notorio que los alumnos realizan muy pocas acciones en todos los indicadores correspondientes al trabajo con las unidades de medida, sólo entre 5% y 30%.

En la etapa analizar y verificar los resul-

tados. La realización de los diferentes pasos en esta etapa es inexistente o muy baja en todos los casos. Un 5% de los alumnos de segundo año y un 23% de los alumnos de tercer año realiza acciones sólo en el paso “analiza posibles situaciones análogas”. El hecho que los alumnos no utilicen ni propongan caminos alternativos para buscar una solución, podría indicar que prefieren usar algoritmos y fórmulas, y no estrategias de solución de problemas.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de los trabajos experimentales que se realizaron con alumnos de la educación secundaria en Alcalá de Henares, España, revelan que los alumnos no realizan el proceso de resolución de problemas siguiendo todos los pasos que se han descrito en la estrategia. Todos los grupos de alumnos en todos los cursos dedican la mayor parte del tiempo a la realización de cálculos matemáticos. La estrategia más repetida en las actividades de los alumnos es muy simple y dirigida por los datos numéricos presentes en el enunciado. Consiste en leer el enunciado (con las mismas palabras), señalar cuáles son los datos presentes, buscar la fórmula que se debe emplear, reemplazar y buscar el resultado numérico. Es improbable que esta estrategia favorezca el aprendizaje de conceptos científicos.

Se encuentra que existe una baja realización de acciones referentes a los indicadores de la actividad analizar las condiciones de aplicación de las leyes o principios y las relativas a comprobar si se cumplen las condiciones de aplicación. Se deduce que esta ausencia puede ser el reflejo de un tipo de aprendizaje demasiado memorístico, e indica una posible falta de comprensión del significado físico de las leyes y principios fundamentales. También se aprecia

una baja realización de acciones relativas al uso de las unidades de medida. Muy pocos alumnos determinan previamente el sistema de unidades con el que van a trabajar y ninguno comprueba la adecuación de las unidades del resultado obtenido.

El análisis y verificación de los resultados es el paso que registra menor número de realización, seguido del análisis del marco teórico. El porcentaje de alumnos que realiza el paso de comprensión de la situación aumenta desde el segundo año, donde es de baja realización hasta el tercer año, donde se puede considerar satisfactorio.

Se encuentra que en todos los pasos los indicadores metacognitivos son los menos frecuentes. No se realizan estimaciones, no se planifica y, como consecuencia, no comprueban los resultados. Esta conclusión puede estar en consonancia con la forma en la que los profesores adiestramos a nuestros alumnos en la estrategia de resolución de problemas. Muchos profesores esperan que sus alumnos aprendan a resolver problemas solamente observando cómo los resuelven ellos, sin embargo no explicitan los pasos de la estrategia que usan y mucho menos explican a sus alumnos cómo y por qué la utilizan. También hay profesores que recomiendan algoritmos de resolución para aplicar de forma automática, lo que produce poco conocimiento nuevo. Si los profesores estamos interesados en mejorar las estrategias de resolución de problemas de nuestros alumnos, es conveniente que reflexionemos sobre la forma en que usamos la resolución de problemas como estrategia de enseñanza.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en la Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España, con el financiamiento del Proyecto MECESUP



UCO 0703 de la Dirección de Docencia de la Universidad de Concepción, Chile.

### BIBLIOGRAFÍA

- BERNARD, J. (1990), Psicología de la enseñanza aprendizaje en el bachillerato y formación profesional. Zaragoza, Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Zaragoza.
- BRINCONES, I. (1999), El uso de la estrategia de resolución de problemas por alumnos de educación secundaria. Educación abierta, Universidad de Zaragoza, 140, 37-67.
- CHI, M., P. FELTOVICH Y R. GLASER (1981), Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- GANGOSO, Z. (1997), Resolución de problemas en Física y aprendizaje significativo, Tesis Doctoral, FaMAF, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- GILK, M. Y K. HOLYAK (1983), The cognitive basis of knowledge transfer, en S. Cornier and J. Hagman (Eds.), *Transfer of learning*, New York, Academic.
- GREENO, J. (1980), Trends in the of knowledge for problems solving, en D. Tuma and F. Reif, *Problem solving and education: Issues in teaching and research*, 9-23, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- LARKIN, J. (1983), The role of problem representation in physics, en D. Gerner and A. Stevens, *Mental model*, Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- STAVER, J. Y M. BAY (1989), Analysis of the conceptual structure and reassigning demands of elementary science texts at the primary level. *Journal of research in science teaching*, 26, 4, 329-349.