

Estrategias básicas de aprendizaje frente a contenidos y métodos en la enseñanza de la física

CONOCER la unidad de potencia en el

José Otero

ción de los alumnos. La mala formación pedagógica de los

Sistema Internacional no parece un objetivo muy ambicioso de la enseñanza de la Física en el Bachillerato y COU. Saber calcular correctamente el seno y el coseno de un ángulo en un triángulo rectángulo, dados los valores de los tres lados, parece también resultado obvio de la enseñanza de las matemáticas en este nivel. Sin embargo, el 41% de los alumnos de primer curso de CC. Biológicas, en el grupo del que es profesor el autor, fueron incapaces de contestar que la unidad mencionada es el watio en una prueba realizada el primer día de clase. Un porcentaje similar, el 42%, fueron incapaces de calcular correctamente el seno y el coseno de uno de los ángulos del triángulo rectángulo. Datos como estos, o los que resultan de muchas otras pruebas realizadas de manera más rigurosa, son conocidos tanto por los profesores de Física como por los de otras ciencias: los alumnos aprenden solamente una pequeña fracción de lo que se les intenta enseñar. ¿Por qué tiene un rendimiento tan bajo el sistema de enseñanza de las ciencias? Las explicaciones que se dan son variables. En el nivel universitario, por ejemplo, suele ser frecuente achacar los males a las deficiencias en los conocimientos, destrezas, o motiva-

ción de los alumnos. La mala formación pedagógica de los profesores o la inadecuación del sistema de enseñanza a la situación en que se encuentran los alumnos, sin embargo, es posible que estén entre los diagnósticos menos populares en todos los niveles de la enseñanza. En este artículo se considera una posible causa del bajo rendimiento de los alumnos en los niveles medio y superior: la carencia de estrategias básicas de aprendizaje y la falta de respuesta del sistema educativo a este problema. La importancia de esta hipótesis explicativa radica en que una posible carencia de estrategias básicas de aprendizaje en los alumnos limitaría dramáticamente la efectividad de mejoras en los contenidos o en los métodos de enseñanza que se pudiesen ensayar en estos niveles. La argumentación se desarrollará en relación con el aprendizaje a partir de material escrito aunque los argumentos que se presentan son probablemente válidos para otros tipos de aprendizaje.

¿Cómo se aprende a tener en cuenta la información de manera equilibrada?

CONSIDEREMOS un párrafo como el si-

guiente, parte de un texto mas extenso sobre cálculo de errores¹:

Hemos comentado que hay más causas de incertidumbre experimental que la propia precisión finita del instrumento de medida (*error instrumental*). De hecho al medir varias veces el valor de una (supuestamente) misma magnitud, como el periodo de un péndulo, encontramos habitualmente valores que difieren mas entre sí que la precisión del instrumento con que los medimos. Esto se debe a lo que llamamos *errores accidentales o aleatorios* que, debidos a multiples causas más o menos incontrolables, se supone que aportan un error cuyo valor varía al azar de una medida a otra.

Un grupo de alumnos de Primer Curso de CC. Químicas de la Universidad de Alcalá utilizaron para el estudio del cálculo de errores apuntes que incluían este párrafo. Se pidió a algunos alumnos que leyesen una muestra de párrafos como éste delante del entrevistador durante el tiempo que considerasen necesario y que explicasen inmediatamente lo que habían entendido. Los alumnos habían realizado ya un «pretest» para medir sus conocimientos sobre errores y, después de haberles encargado expresamente que estudiaran los apuntes, habían realizado un «postest» para averiguar qué habían entendido. Un alumno da la siguiente explicación del contenido del texto:

Jorge: ... A parte del error que pueda tener un instrumento de medida, pues... por ejemplo....

una regla que tenga un error de 2 milímetros, que mida hasta ahí, hay una serie de errores que se cometen.... y que son... bueno... el propio nombre lo define, que son accidentales... yo que sé... a lo mejor, al coger la regla estoy midiendo una línea recta y la desvío un poquito... y sin darme cuenta desvío un poquitín el ángulo al medirla en cada una de mis medidas... ese es el error aleatorio...o puede ser... yo que sé... que la misma regla por efecto del calor se haya dilatado.

¿Por qué entiende el sujeto que el error debido a la dilatación de la regla es un error accidental, cuando es un error sistemático? Una posible explicación (aunque no es la única posible) es que ideas de sentido común (las llamadas concepciones espontáneas, o preconcepciones) interfieren en la adquisición de nueva información. El diccionario define accidental como no esencial, es decir, no importante, no principal. La explicación, por tanto, seguiría de la siguiente forma: «el sujeto entiende que error accidental es aquel error no importante o no principal. El cambio en la longitud de la regla, debido al calor, es de esperar que sea pequeño, por tanto ese puede ser también un error accidental». Los investigadores en didáctica de la ciencia han venido recomendando repetidamente, a partir de muchos casos similares la importancia de tener siempre en cuenta las concepciones previas de los sujetos que aprenden ciencia.

Sin embargo, esta explicación sería incompleta: ¿por qué se da la interferencia de la acepción de sentido común de «accidental» y no ocurre igualmente con otros términos del texto? Tomemos, por ejemplo, el caso de «valor» al final del párrafo. El diccionario define valor como «Grado de utilidad o estimación que tienen las cosas». ¿Por qué no en-

1 Corresponde a apuntes sobre teoría de errores elaborados por J.M. García del Departamento de Física de la U. de Alcalá.

tiende el sujeto la última frase como «se supone que aportan un error cuyo *grado de utilidad* varía al azar de una medida a otra»? La explicación que se podría dar en este caso es que en el proceso de comprensión del significado de las palabras no se recurre ciegamente al léxico. Los sujetos apelan al contexto para extraer el significado adecuado. La pregunta entonces sería, ¿por qué en este caso se apela al contexto y no en el caso de «accidental»? ¿por qué en algunas ocasiones desaparecen los significados correctos de la información que el sujeto procesa?

Intentar una respuesta a esta pregunta implica examinar con algún detalle los procesos de adquisición de información a partir de un texto.

Till, Mross y Kintsch (1988) estudiaron la activación de los significados asociados a las palabras componentes del discurso. Encontraron que con un tiempo de hasta alrededor de 300 milisegundos se activan tanto conceptos asociados de las palabras que son contextualmente adecuados como los que son contextualmente inadecuados. Así por ejemplo, al leer la palabra «banco» en «Alfonso empieza a trabajar a las 8.00 en el banco» se activarían tanto asociados contextualmente correctos, como «dinero», como asociados contextualmente incorrectos, como «mueble». Estos últimos desaparecen, sin embargo, después de este tiempo, mientras que los primeros se mantienen activos al menos durante 1.5 s. Este resultado es recogido por el modelo C-I de comprensión de textos (Kintsch, 88) que es relevante para el problema que nos ocupa. Expuesto muy brevemente, el modelo C-I supone que los textos se procesan en ciclos, debido a las limitaciones de la memoria a corto plazo. En cada ciclo el significado de la porción de texto que se considera resulta de un proceso en el que todos los significados y conceptos

asociados de las palabras son tenidos en cuenta, tanto si son contextualmente relevantes como si son irrelevantes. Cada uno de estos elementos se representa por un nodo en una red en donde se intercambia activación de acuerdo con los formalismos conexionistas (Rumelhart y McClelland, 1986). Algunos conceptos asociados de las palabras son inconsistentes con los de la mayoría y como consecuencia de ello quedan desactivados después de un proceso llamado de integración. En los procesos normales emerge el significado correcto. Sin embargo si se otorga especial importancia, de manera errónea, a algunos de los nodos el significado puede quedar distorsionado. Para ilustrar este fenómeno consideremos el siguiente ejemplo. Se dio a leer a alumnos de COU el siguiente texto:

La superconductividad es la desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Hasta ahora solamente se había conseguido enfriando ciertos materiales a temperaturas bajas, proximas al cero absoluto. Ello dificultaba enormemente sus aplicaciones técnicas. Muchos laboratorios trabajan actualmente en la obtención de aleaciones superconductoras. Recientemente se han descubierto muchos materiales con esta propiedad que tienen aplicación técnica inmediata.

Tomemos un término como «resistencia» en la primera frase. El término está asociado a conceptos contextualmente adecuados como «electricidad» pero también puede asociarse a conceptos contextualmente inadecuados como «rozamiento» (el rozamiento es causa de la resistencia de los cuerpos al movimiento). En condiciones normales conceptos relacionados con la resistencia al movimiento quedarían desactivados en este contexto. Pero supongamos que

por sobreaprendizaje, o quizá por un estudio reciente, están especialmente activados los conceptos relacionados con el rozamiento. El modelo predice entonces que este significado prevalece suprimiendo los otros (Otero, 1990). La excesiva activación de ciertos nodos puede distorsionar el significado final sin que el sujeto sea consciente de que no entiende. Esto es lo que se encuentra en este protocolo de recuerdo de una alumna de COU:

La superconductividad se da en superficies que no ofrecen rozamiento. El problema de esto es que hay que bajar mucho las temperaturas para conseguir ese estado de no rozamiento. Es muy importante para la industria pero difícil de aplicar por la dificultad del logro de esa baja temperatura (708, COU).

Desde luego, debe reconocerse que esta explicación de las interpretaciones erróneas hechas por los alumnos cuando leen textos de ciencias, al igual que la tradicional en términos de preconcepciones, es todavía «ad hoc». La explicación tiene enormes limitaciones si lo que se pretende es predecir cuando un sujeto hará una interpretación correcta del texto u otra distorsionada. Pero el análisis anterior tiene la ventaja de trasladar la reflexión sobre qué es una actividad de enseñanza adecuada, a un plano diferente al considerado tradicionalmente. La creación de representaciones inadecuadas del conocimiento que proporciona el libro de texto o el profesor puede ser resultado de un proceso normal de comprensión desencaminado en la fase que el modelo C-I llama de integración. Por razones que no conocemos bien, el sujeto da excesiva importancia a nodos de su red de significados que en condiciones normales desaparecerían, suprimidos por los elementos

correctos. ¿Cómo actuar sobre estos elementos de la red para conseguir que el sujeto alcance una representación normal? En la práctica, la responsabilidad de los profesores en la llamada enseñanza expositiva parece limitarse a la presentación organizada (evidentemente es problemático el significado que tiene aquí este término) del material que deben aprender los alumnos. Sin embargo, el análisis anterior pone de manifiesto que si el sujeto tiene dificultades en el uso de estrategias de adquisición de información, como la consideración equilibrada de la información que presenta el texto, esa tarea puede resultar tan difícil como la de intentar enseñar biomecánica a los alumnos de primer curso, mencionados más arriba, incapaces de calcular el seno o el coseno de un ángulo.

¿Cómo se aprende a elaborar la información?

VOLVIENDO al problema de comprensión mencionado más arriba, podríamos argumentar, ¿no ha leído Jorge que los errores aleatorios «aportan un error cuyo valor varía al azar de una medida a otra»? De acuerdo con esto, ¿no es natural que el sujeto infiera que una regla dilatada aporta un error siempre en el mismo sentido y que, por tanto, éste no puede ser aleatorio? La respuesta a esta última pregunta es probablemente «Depende». Existe una abundantísima literatura sobre la generación de inferencias cuando se leen textos. No parece que exista la claridad deseable, tanto en el nivel teórico (véase p. ej. Kintsch, 93) como en los resultados experimentales (véase para una revisión Singer, 1994). Sin embargo, una conclusión que parece razonable es que los lectores no hacen rutinariamente inferencias «de elaboración», como la que

nos ocupa. Esto queda ilustrado por el experimento siguiente (Duffy, 1986). Se dio a leer a un grupo de sujetos textos como el siguiente:

Juan se encontraba comiendo en el vagón
restaurante. El camarero le trajo un plato de sopa.
De repente el tren frenó bruscamente.

Otros sujetos leían el mismo texto pero habiendo sustituido la tercera frase por «La velocidad del tren comenzó a disminuir al entrar en una estación». La variable de interés era el grado en que los sujetos realizaban inferencias causales. En caso de que los sujetos realizaran siempre estas inferencias, la versión del texto que incluye el frenazo brusco debería promover la realización de la inferencia «La sopa se derramó». No así la otra versión. Con objeto de averiguar si se hacía esta inferencia, después de la tercera frase se realizaba una prueba de reconocimiento presentando la palabra «sopa». Los sujetos tenían que decidir si la palabra estaba o no estaba en el texto, tan rápidamente como pudiesen. En caso de que se hiciese la inferencia, la palabra «sopa» sería reconocida más rápidamente en la primera versión del texto que en la segunda. Sin embargo no se encontraron diferencias. La idea de sopa no se activaba más en el caso del texto que incluye el frenazo. Experimentos como éste ponen de manifiesto que los sujetos no realizan rutinariamente esta clase de inferencias. No debe extrañar, por tanto que Jorge leyese el texto sin relacionar, por medio de una inferencia, la definición de error aleatorio con el que proporciona una regla dilatada.

Si embargo no debe interpretarse lo anterior como indicando que la lectura es siempre un proceso superficial en donde no se relacionan las diversas partes del texto y la información del texto con la

que ya posee el lector. Esta actividad de relación puede tener lugar, pero se trata de una estrategia que los sujetos ponen en marcha en ciertas condiciones y que no es usada igualmente por todos ellos:

A pesar de la falta de pruebas que lo apoyen, pocos investigadores mantendrían que no se hacen inferencias de elaboración mientras se lee. Actualmente el problema no es determinar si los lectores generan inferencias de elaboración sino establecer las condiciones de contorno bajo las cuales se generan estos tipos de inferencia (O'Brien, Shank, Myers, and Rayner, 1988, pág. 410).

Algunos de los factores que definen estas condiciones de contorno son la capacidad de la memoria de trabajo del sujeto, la edad, el conocimiento que ya se posee en torno al tema sobre el que se está adquiriendo información o los objetivos con que el sujeto se enfrenta la tarea (Singer, 1994).

Conclusión

DESDE el punto de vista educativo, la pregunta que se puede plantear inmediatamente es ¿qué se puede hacer para influir en estos factores de forma que los sujetos utilicen estrategias adecuadas, como la de elaboración, para adquirir mejor la información? ¿Qué se puede hacer para que los sujetos aprendan a considerar de manera equilibrada la información científica que presenta un texto sin permitir que sus preconcepciones distorsionen el significado? ¿Como puede un alumno aprender a elaborar espontáneamente la información cuando lee un texto científico, de tal forma que genere el mayor número de inferencias posibles e

interrelacione este conocimiento con el presentado por el texto? La dificultad de contestar a estas preguntas no debe impedir que el sistema educativo preste atención a variables primarias como estas, determinantes del rendimiento de los procesos más complejos de adquisición de información en los que habitualmente se centran los profesores. Quizá el primer paso en la dirección de una solución a algunos problemas de aprendizaje de las ciencias en los niveles medio y superior es reconocer en donde se encuentra una de las raíces: deficiencias en la forma en que los alumnos *aprenden*. Por tanto, esto sugiere que la respuesta coherente de parte del sistema educativo es enseñar a los sujetos a *aprender*. Quizá prioritariamente en los niveles básicos de la educación, pero no únicamente en ellos. Ello implicaría dar cabida a modos y contenidos de enseñanza diferentes de los que se vienen incluyendo en los currícula que están en uso en la mayoría de los países. Las paradojas de la situación y la propuesta de cam-

bio ya fueron sintetizadas hace más de una década por un prestigioso psicólogo:

Es extraño que esperemos que los estudiantes aprendan y sin embargo rara vez les enseñemos sobre el aprendizaje. Esperamos que los alumnos resuelvan problemas y sin embargo rara vez les enseñamos sobre resolución de problemas. Y de manera similar, algunas veces requerimos de los estudiantes que recuerden una cantidad considerable de materia y sin embargo rara vez les enseñamos el arte de la memoria. Es hora de que solucionemos estas carencias, hora de que desarrollemos las disciplinas aplicadas del aprendizaje, la resolución de problemas y la memoria. Necesitamos desarrollar los principios generales de cómo aprender, como recordar, cómo resolver problemas, luego desarrollar cursos aplicados, y luego establecer el lugar que deben ocupar estos métodos en los currícula académicos (Norman, 1980, p. 97).

REFERENCIAS

- DUFFY, S.A. (1986). Role of expectations in sentence integration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 208-219.
- KINTSCH, W. (1988). The Role of knowledge in discourse comprehension: A Construction-Integration model. *Psychological Review*, 95, 163-182.
- NORMAN, D. (1980). Cognitive engineering and education. En D.T. TUMA y F. REIF (Eds.). *Problem solving and education*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- O'BRIEN, E., SHANK, D., MYERS, J.L., & RAYNER, K. (1988). Elaborative Inferences During Reading: Do They Occur On-Line? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 410-420.
- OTERO, J. (1990). *Failures in monitoring text comprehension: An explanation in terms of the Construction-Integration model* (ICS Technical Report, 90-17). Institute of Cognitive Science, University of Colorado, Boulder, Co., U.S.A.
- OTERO, J. & CAMPANARIO, J.M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460.

RUMELHART, D., MCCLELLAND, J. (1986). *Parallel distributed processing. Explorations in the microstructure of cognition*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.

SINGER, M. (1994). Discourse Inference Processes. En *Handbook of Psycholinguistics*. New York: Academic Press.

Resumen

Se considera una posible causa del bajo rendimiento de los alumnos de niveles medio y superior: la carencia de estrategias básicas de aprendizaje y la falta de respuesta del sistema educativo a este problema. La importancia de esta hipótesis explicativa radica en que una posible carencia de estrategias básicas de aprendizaje en los alumnos limitaría drásticamente la efectividad de mejoras en los contenidos o en los métodos de enseñanza. Ante esta situación, la respuesta coherente del sistema educativo debería ser enseñar a los sujetos a aprender, prioritariamente en los niveles básicos, pero no sólo en ellos, lo que implicaría dar cabida a modos y contenidos de enseñanza diferentes.

Palabras clave: Enseñanza de la Física, estrategias de aprendizaje, contenidos, métodos.

Abstract

Secondary pupils and university students show low standards in Physics. This may be due to a lack of basic strategies and the lack of response offered by the educational system towards this problem. Should this hypothesis be right, it would explain that a lack of basic strategies would surely limit the possibility to improve the contents or the teaching methods. In this case, a coherent response from the educational system should be to teach subjects how to learn, mainly at elementary levels, and therefore new teaching methods and contents could be exploited.

Key words: Teaching Physics, learning strategies, contents, methods.

José Otero

Departamento de Física

Facultad de Ciencias

Universidad de Alcalá de Henares

28801 ALCALÁ DE HENARES (MADRID)