

# Aprender ciencia con textos: Bases teóricas y directrices



Joan Josep Solaz-Portolés<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>IES Benaguasil, Valencia, España.

<sup>2</sup>C.U. Tomás y Valiente de la UNED, Valencia, España.

E-mail: jjsolaz@valencia.uned.es; jjsolpor@yahoo.es

(Recibido el 5 de Marzo de 2009; aceptado el 14 de Mayo de 2009)

## Resumen

En este trabajo se analizan los procesos cognitivos y las variables que intervienen en la comprensión de textos. Dado el importante papel que desempeña la representación mental denominada *modelo de situación*, se presentan las características textuales que, en ciencias físicas, favorecen su elaboración. Por último, se destacan los aspectos de las actividades (cuestiones, problemas, trabajos prácticos) que mejoran el aprendizaje a partir de textos de ciencias físicas.

**Palabras clave:** Comprensión de textos, componentes de la comprensión de textos, aprendizaje de la ciencia, características textuales, actividades de aprendizaje.

## Abstract

In this work we analyse the cognitive processes and the variables that take part in texts comprehension. We present the textual characteristics that, in physical sciences, favour the elaboration of the mental representation called *situation model*, for his important role in comprehension. Finally, we emphasize the aspects of the activities (questions, problem solving, practical work) that improve learning from texts of physical sciences.

**Keywords:** Texts comprehension, texts comprehension components, science learning, textual characteristics, learning activities.

PACS: O1.30.mr, O1.40.Ha, O1.50.-i

ISSN 1870-9095

## I. INTRODUCCIÓN

El libro de texto sigue utilizándose en ciencias como un recurso didáctico básico en países y situaciones educativas distintas, permaneciendo como uno de los principales determinantes del currículum en ciencias en las diferentes etapas de la educación. El célebre filósofo e historiador de la ciencia T.S. Kuhn [1] defiende la tesis de que la enseñanza basada en el libro de texto permite la formación de científicos aptos para realizar ciencia normal y los adiestra como solucionadores de problemas. Este autor, llega a definir a los libros de texto como "vehículos pedagógicos para la perpetuación de la ciencia normal".

Una de las formas en que se utiliza el texto educativo en ciencias es como fuente informativa mediante su lectura directa, aunque también se emplea en la realización de otras actividades de aprendizaje como cuestiones, problemas y trabajos prácticos.

Este artículo pretende efectuar una aproximación a los procesos cognitivos mediante los cuales aprendemos de los textos de ciencias, para después ofrecer directrices que nos permitan mejorar el aprendizaje a partir de dichos textos. Para ello, en primer lugar expondremos un modelo teórico de comprensión de textos, el modelo de construcción-

integración de Kintsch [2], e identificaremos los componentes interactivos que entran en juego cuando se pretende aprender de un texto. Posteriormente, indicaremos cómo podemos incidir en algunos de esos componentes para facilitar el aprendizaje.

## II. EL MODELO DE KINTSCH Y LOS COMPONENTES INTERACTIVOS DEL APRENDIZAJE DE UN TEXTO

Este modelo de comprensión de textos de Kintsch [2] (basado en los trabajos previos de Kintsch y van Dijk [3]; van Dijk y Kintsch [4]; y Kintsch [5]), centra su atención en la integración textual, en la administración de la información textual en la memoria de trabajo del lector, y en los mecanismos que determinan el almacenamiento de la información de un texto en la memoria de largo plazo del mismo.

El modelo parte del nivel de análisis semántico del texto y asume que el lector construye una representación proposicional del contenido semántico textual. Las proposiciones constan de dos o más conceptos

interrelacionados que forman una unidad de significado en un nivel abstracto que no está limitado ni por frases ni por palabras. La representación proposicional es un formalismo que el modelo utiliza tanto para representar el contenido semántico de un texto, como el contenido semántico del recuerdo de un texto por parte del lector.

Según el modelo solamente se procesan porciones limitadas de texto en razón de las limitaciones impuestas por la memoria de trabajo. El procesamiento se efectúa por ciclos, durante los cuales se toman un número limitado de proposiciones del texto y se intenta conectarlas con las que ya se tienen en la memoria de trabajo o en la memoria de largo plazo. Las conexiones entre proposiciones son realizadas merced al compartimiento de argumentos y/o conceptos entre ellas. Tras el procesamiento de este conjunto de proposiciones, una parte de las proposiciones recogidas en la memoria de trabajo se desvía hacia la memoria a largo plazo, donde con bastante probabilidad se almacenarán. Otra parte de las proposiciones en la memoria de trabajo es empleada para iniciar un nuevo ciclo de procesamiento de proposiciones. El resto de las proposiciones del conjunto se desplaza de la memoria de trabajo, esto es, se desechan.

El subconjunto de proposiciones que se mantiene en la memoria de trabajo para iniciar el siguiente ciclo de procesamiento contiene las que son más recientes e importantes para el lector. Las más importantes son las que mejor interconectadas están con otras partes leídas del texto.

El modelo postula que, tras la lectura de un texto, se construyen dos representaciones mentales diferentes denominadas base textual y modelo de situación. La base textual se elabora a partir de las proposiciones del texto y expresa su contenido semántico tanto a nivel global como local. Esta representación refleja sobre todo las relaciones de coherencia entre las proposiciones, así como su organización. Los autores llaman modelo de situación a un constructo elaborado mediante la integración del contenido textual en los esquemas de conocimiento del lector. Es decir, es una representación mental del contenido textual generada a partir de los conceptos a los que se refiere el texto y de los esquemas de conocimiento del lector.

Destacaremos dos diferencias importantes entre ambas representaciones. La primera es que la base textual está muy influida por la coherencia global y local existente entre las proposiciones del texto, debido a su estrecha conexión con el contenido semántico; en cambio, el modelo de situación se ve influido principalmente por aquellos aspectos que permiten enlazar mejor los esquemas de conocimiento del sujeto lector con la información textual. La segunda es que la base textual se evalúa mediante tareas de recuerdo libre, en tanto que el modelo de situación se mide más efectivamente mediante tareas de aprendizaje que requieren estrategias cognitivas de alto nivel, como, por ejemplo, la resolución de problemas. Naturalmente, ambas representaciones no son independientes. De hecho, "la base textual es un paso necesario hacia el modelo de situación" [3]. Es decir, construir una adecuada base textual es una condición necesaria aunque no suficiente para la elaboración de un adecuado modelo de situación.

La comprensión de un texto constituye el primer paso en su aprendizaje. En el estudio y aprendizaje de un texto se deben implicar una serie de estrategias de anclaje de la información que permitan su recuperabilidad. De acuerdo con Snow [6], la comprensión de un texto depende de cuatro componentes interactivos: características del lector, el texto, actividades o tareas de lectura, y el contexto sociocultural. Las investigaciones realizadas se han centrado principalmente en los tres primeros componentes.

Los estudios muestran que los efectos de las características textuales dependen de las aptitudes propias del lector, y son su conocimiento previo y su habilidad lectora [7] como de la tarea que ejecutan tras la lectura [8]. Todos ellos han tomado como base teórica el modelo construcción-integración de Kintsch.

### III. CARACTERÍSTICAS DE UN TEXTO DE CIENCIAS QUE FACILITAN EL APRENDIZAJE

En el trabajo de Solaz-Portolés y Moreno-Cabo [9] se enumeran y ejemplifican de manera exhaustiva el conjunto de variables que influyen en el aprendizaje de un texto de ciencias. Se analizan las que afectan a la prosa expositiva, a las ilustraciones y a las actividades de aprendizaje. De las primeras, las que más favorecen la formación de la base textual (porque aumentan la coherencia o la cohesión textual, y mejoran la estructura u organización del texto) son:

- Partir de los principios conceptuales, situándolos al comienzo del texto, apartados o párrafos.
- Buscar la secuencia de ideas o de conceptos que sea la más adecuada para el estudiante.
- Utilizar resúmenes con la información más importante y frases introductorias que anuncien el contenido.
- Dar a conocer los temas en los títulos o encabezamientos.
- Destacar ideas y conceptos mediante tipos en negrita.
- Emplear partículas o expresiones que dirijan la atención del lector y le permitan interconectar mejor los conceptos.
- Ser redundante en las ideas clave o problemáticas.
- Usar párrafos distintos para unidades de información distintas.
- Las ideas y conceptos presentados tienen que ser relevantes para el contenido tratado (las no relevantes deben ser eliminadas).

Y las que más ayudan a la construcción de un modelo de situación (porque permiten engarzar mejor la información textual en los esquemas de conocimiento del lector) son:

- Introducir la materia a partir del conocimiento previo del lector.
- Establecer relaciones explícitas entre ideas de tal manera que se reduzcan las inferencias que el lector tiene que llevar a cabo.

- Presentar el contenido en forma de pregunta/respuesta.
- Poner énfasis en las concepciones que contradigan las concepciones espontáneas del lector.
- Incluir analogías y ejemplos que relacionen la información textual con el mundo cotidiano del estudiante.

Estas variables han sido puestas en juego en la realización de tareas de resolución de problemas, comprobándose que los estudiantes que leyeron textos que contenían modificaciones textuales que favorecían tanto la formación de la base textual como un modelo de situación (texto BTMS) resolvían significativamente mejor los problemas [10]. Además estas modificaciones textuales afectaban mucho más a los sujetos de menor conocimiento previo, y eran mucho más influyentes en los problemas más difíciles. Así, cuando los problemas son algorítmicos (solamente se aplican reglas o ecuaciones y se realizan cálculos) los textos no alteran significativamente el porcentaje de sujetos que hacen bien el problema. Sin embargo, en el caso de problemas conceptuales (exigen seleccionar y aplicar conceptos, principios o leyes sin utilizar ecuaciones ni cálculos complicados, esto es, demandan comprensión de conceptos y razonamiento inferencial) sólo el grupo de estudiantes que leyó el texto BTMS resolvió mejor con diferencias estadísticamente significativas [11].

En relación a las ilustraciones (diagramas u otro tipo de ilustraciones), para que éstas ayuden a la formación de las representaciones mentales adecuadas para el aprendizaje del texto se han de cumplir los siguientes requisitos [9, 12]:

- Dar a conocer las convenciones que se han empleado en su construcción
- Explicarlas convenientemente
- Interconectarlas con el resto de la información proporcionada en el texto.
- Proponer actividades de aprendizaje para trabajarlas.
- Proporcionar a los estudiantes las explicaciones oportunas para diferenciar modelo científico - boceto conceptual de objetos cuya existencia se asume y que forman parte de al menos una teoría-, diagrama de un modelo científico -construcción física utilizada para representar un modelo científico-, y observación de la realidad física.

Finalmente, trataremos las actividades de aprendizaje que todo libro educativo de ciencias habría de incluir. Las más usuales son las cuestiones, la resolución de problemas y los trabajos prácticos. Los aspectos que se deberían tener presentes de las actividades de aprendizaje para cumplir con la finalidad para la que se proponen son [9, 13]:

- Disponer las actividades de aprendizaje después de los pasajes que contienen la información a la que se refieren. Son más eficaces en el aprendizaje las actividades de alto nivel cognitivo (de comprensión, de inferencia y de aplicación) que las factuales.
- Exigir la justificación de las respuestas dadas a las actividades de aprendizaje.

- Las actividades de aprendizaje más productivas para el cambio conceptual son aquellas que: están centradas en las ideas principales, revelan errores conceptuales, promueven la unión entre las ideas del texto y la vida real, sirven para poner en tela de juicio las concepciones alternativas de los alumnos, y dan muchas oportunidades de trabajar sobre un concepto.
- Evitar la profusión de problemas algorítmicos en los que el alumno se limita a manipular ecuaciones, efectuar cálculos numéricos o literales, sustituir valores, aplicar reglas y repetir conocimientos memorizados.
- Plantear problemas y cuestiones conceptuales, esto es, aquellas que exigen seleccionar y aplicar conceptos, principios o leyes sin utilizar ecuaciones ni realizar cálculos.
- Incluir actividades en las que se estimulen los procesos de estudio en profundidad del texto (explicaciones, relaciones y confrontación de los contenidos) para poder extraer los conocimientos procedimental y situacional.
- Usar materiales concretos, por ejemplo, modelos, fotografías, dibujos, diagramas, etc., para hacer los conceptos abstractos más accesibles a los estudiantes con baja habilidad en las operaciones formales.
- Proponer discusiones cualitativas en torno al enunciado de los problemas, que pueden efectuarse mientras los estudiantes resuelven el problema.
- Proveer a los estudiantes de diversas, continuas y prolongadas experiencias de resolución de problemas.
- Podemos facilitar el éxito de los estudiantes en la resolución de problemas mediante la reducción de la cantidad de información a procesar, a saber, los enunciados pueden ser redactados de forma que no sobrecarguen la memoria de trabajo.
- Plantear problemas abiertos (sin datos numéricos, sin metodología prefijada) y suministrar anotaciones con ejemplos trabajados.
- Usar representaciones mediante símbolos y objetos para como guía en la resolución de problemas.
- Ofrecer actividades de carácter metacognitivo. Tales actividades deben tratar, entre otros aspectos, de la existencia de diferentes tipos de conocimiento (declarativo, procedimental, situacional, etc.), de la importancia del conocimiento esquemático de problemas, del uso de heurísticos en la resolución de problemas y de la explicación del papel de las estrategias/habilidades metacognitivas en los distintos pasos o procesos de resolución de problemas.
- Proponer actividades que permitan al alumno y al profesor el control de la comprensión del texto que se lee.
- Introducir los trabajos prácticos dentro de la unidad didáctica como una actividad más de construcción de conocimientos, plenamente integrada con todas las demás. Deben constituirse en una ocasión

privilegiada para aplicar la metodología científica (emisión de hipótesis, diseño de experimentos, análisis resultados, elaboración de una memoria de trabajo, etc.).

#### IV. CONSIDERACIONES FINALES

Se han analizado algunos aspectos que resultan relevantes en el aprendizaje de las ciencias mediante textos. Pero no podemos dejar de señalar que hay varios aspectos que no se han abordado. En primer lugar, hay tres tipos de actividades de aprendizaje que no hemos tratado, y que todo texto educativo de ciencias tendría que incluir: de relaciones ciencia/técnica/sociedad/medio-ambiente, de elaboración de mapas conceptuales y de (auto) evaluación. Estas actividades han de constituirse en instrumentos al servicio de aprendizaje significativo y elementos de mejora de la enseñanza de las ciencias.

En segundo lugar, no hemos hablado de cómo mejorar las estrategias de lectura. Esto es, cómo entrenar a los estudiantes para mejorar su habilidad lectora. Como señalan Just y Carpenter [14], el principal ingrediente de un aprendizaje exitoso de un texto es el desarrollo de estrategias que organicen la nueva información y la conecten con lo que ya sabe el lector. McNamara [7] ofrece algunos procedimientos que pueden ser aplicados para enriquecer la habilidad lectora de nuestros estudiantes.

Finalmente, decir que no hemos analizado el papel de texto de los enunciados de los problemas y cómo influye en los procesos de resolución de los mismos. A este respecto, el modelo de resolución de problemas de Johnstone y El-Banna [15] establece que un estudiante tendrá éxito en la resolución de un problema si su demanda mental ( $Z$ , los autores aproximan el valor de  $Z$  al número de pasos efectuado en la resolución por el alumno menos talentoso, pero exitoso en dicha resolución) es menor o igual a la capacidad de la memoria de trabajo del estudiante,  $X$  (esto es,  $Z \leq X$ ). La bondad del modelo ha sido puesta a prueba en los trabajos de Tsaparlis [16] y Tsaparlis y Angelopoulos [17].

#### REFERENCIAS

[1] Kuhn, T. S., *La estructura de las revoluciones científicas* (FCE, 11ª Reimpresión, Madrid, 1987).  
[2] Kintsch, W., *Comprehension: a paradigm for cognition* (Cambridge University Press, Cambridge UK, 1998).  
[3] Kintsch, W. y Van Dijk, T. A., *Toward a model of discourse comprehension and production*, *Psychological Review* **85**, 363-394 (1978).

[4] Van Dijk, J. A. y Kintsch, W., *Strategies of discourse comprehension* (Academic Press, New York, 1983).

[5] Kintsch, W., *The role of knowledge in discourse comprehension: A Construction-Integration Model*, *Psychological Review* **95**, 163-182 (1988).

[6] Snow, C., *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*, *Memory & Cognition* **24**, 733-743 (2002).

[7] McNamara, D. S., *Aprender del texto: Efectos de la estructura textual y las estrategias del lector*, *Revista Signos* **37**, 18-30 (2004).

[8] Sanjosé, V., Solaz-Portolés, J. J., y Vidal-Abarca, E., *Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: primeros resultados*, *Enseñanza de las Ciencias* **11**, 137-148 (1993).

[9] Solaz-Portolés, J. J. y Moreno-Cabo, M., *Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias*, <http://www.eumed.net/libros/2008c/467/index.htm> Consultado el 13 de Enero de 2009.

[10] Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V., *Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción*, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **6**, 70-89 (2007) <http://www.saum-vigo.es/reec/Volumenes.htm> Consultado el 2 de Enero de 2009.

[11] Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V., *Problemas algorítmicos y conceptuales: Influencia de algunas variables instruccionales*, *Educación Química* **17**, 372-378 (2006).

[12] Solaz-Portolés, J. J., *Diagramas: ¿Ilustraciones eficaces para la instrucción en ciencias?*, *Educación Química* **7**, 145-149 (1996).

[13] Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé, V., *Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de ciencias: Consecuencias para la enseñanza*, *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación* **1**, 147-162 (2008) <http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Educacion/08/magis-dos/numero-uno/magis-uno-presentacion.html>, Consultado el 5 de Enero de 2009.

[14] Just, M. A. y Carpenter, P. A., *The Psychology of reading and language comprehension* (Allyn & Bacon, Boston, 1987).

[15] Johnstone, A. H. y El-Banna, H., *Capacities, demands and proceses: A predictive model for science education*, *Education in Chemistry* **23**, 80-84 (1986).

[16] Tsaparlis, G., *Dimensional analysis and predictive models in problem solving*, *International Journal of Science Education* **20**, 335-350 (1998).

[17] Tsaparlis, G. y Angelopoulos, V., *A model of problem solving: Its operation, validity, and usefulness in the case of organic-synthesis problems*, *Science Education* **84**, 131-153 (2000).