

t a r b i y a

Revista de Investigación e Innovación Educativa
del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación.
Universidad Autónoma de Madrid

Universidad Autónoma de Madrid

ÁNGEL GABILONDO. Rector

MARÍA JESÚS MATILLA QUIZA. Vicerrectora de Investigación

Instituto Universitario de Ciencias de la Educación

CÉSAR SÁENZ DE CASTRO. Director

MARÍA RODRÍGUEZ MONEO. Vicedirectora

MANUEL ÁLVARO DUEÑAS. Secretario Académico

Tarbiya, *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, es una publicación del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación, que pone al alcance de la comunidad educativa nuevas perspectivas de la investigación e innovación en el campo de la teoría de la educación y de las didácticas específicas.

La revista está catalogada en la base de datos IRESIE del Centro de Estudios sobre la Universidad (UCE) de la Universidad Autónoma de México. También en la base de datos de Bibliografía Española de Revistas Científicas de Ciencias Sociales y Humanidades del Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Desde el número 25 los contenidos de la revista están disponibles en formato PDF en la siguiente dirección electrónica: <http://www.uam.es/iuce/iuceweb/publicaciones/tarbiya/tarbiya.htm>

Editor

FERNANDO ARROYO ILERA

fernando.arroyo@uam.es

Redacción

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Ciudad Universitaria de Cantoblanco

28049 Madrid

Tels.: 91 397 40 49 / 91 397 50 22

Fax: 91 397 50 20

tarbiya@uam.es

Tarbiya, no se identifica necesariamente con el contenido de los trabajos ni con la opinión de los autores que publica.

Consejo de Redacción

FRANCISCO ALONSO BLÁZQUEZ, JESÚS ALONSO TAPIA, MANUEL ÁLVARO DUEÑAS, CARMEN ARAGONÉS PRIETO, AMPARO CABALLERO GONZÁLEZ, ROSA MARÍA DE CASTRO MONTORO, M^a LUISA ORTEGA GÁLVEZ, MARÍA RODRÍGUEZ MONEO, NICOLÁS RUBIO SÁEZ, CÉSAR SÁENZ DE CASTILLO Y CARMEN VÍZCARRO GUARCH

Consejo Asesor

JUAN JOSÉ APARICIO (U. Complutense de Madrid); ISABEL BRINCONES CALVO (U. de Alcalá de Henares); HORACIO CAPEL (U. de Barcelona); MARIO CARRETERO (U. Autónoma de Madrid); ANTONIO CORRAL (U. Nacional de Educación a Distancia); JUAN DELVAL (U. Autónoma de Madrid); EUGENIO HERNÁNDEZ (U. Autónoma de Madrid); FRANCISCO JAQUE (U. Autónoma de Madrid); ELENA MARTÍN (U. Autónoma de Madrid); JAVIER ORDÓÑEZ (U. Autónoma de Madrid) y JOSÉ OTERO (U. de Alcalá de Henares)

Edición

ENTIMEMA

Fuencarral, 70. 28004 Madrid

Tel.: 91 532 05 04

Fax: 91 532 43 34

ISSN: 1132-6239

Depósito legal: GU-231-1992

Sumario n^o 36

INTRODUCCIÓN

- 5 La comprensión de los libros de texto de ciencias
JOSÉ OTERO Y MARÍA HELENA CALDEIRA

ARTÍCULOS

- 11 Estructuras retóricas en los libros de ciencias
MERCÈ IZQUIERDO
- 35 La argumentación en los libros de texto de ciencias
M^a PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE, VÍCTOR ÁLVAREZ PÉREZ, JUAN M. LAGO LESTÓN
- 59 La creatividad, el pensamiento crítico y los textos de ciencias
MAURÍCIA DE OLIVEIRA, PAULA SERRA
- 81 Utilización del hipertexto en la comunicación científica y educativa
ISABEL CHAGAS, TERESA BETTENCOURT, JORGE MATOS, JOAO SOUSA
- 103 Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos
ARTHUR C. GRAESSER, BRENT OLDE, VICTORIA POMEROY, SHANNON WHITTEN,
SHULAN LU, SCOTTY CRAIG
- 129 El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias
EDUARDO VIDAL-ABARCA, RAMIRO GILBERT, JEAN-FRANCOIS ROUET
- 149 Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento
y prácticas del profesorado
ISABEL P. MARTINS, M. ASSUNÇÃO BRIGAS
- 167 Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser?
MARÍA HELENA CALDEIRA

RESEÑAS

- 185 The psychology of science text comprehension

La comprensión de los libros de texto de ciencias

José Otero
María Helena Caldeira

Diversos estudios han puesto de manifiesto que el libro de texto es uno de los recursos más importantes para la enseñanza de las ciencias. Las características y el uso de los libros de texto de ciencias constituyen un área de interés creciente dentro de la Didáctica de las Ciencias. En la serie de trabajos que se incluyen en este número especial se estudia, desde diversos puntos de vista, la comprensión de los libros de texto de ciencias, examinando sus características y el uso que hacen de ellos los alumnos y profesores. El propósito es contribuir a una mejora de su diseño y utilización.

La comprensión de un texto de ciencias depende, al menos, de variables relacionadas con el texto y con el lector. Aunque la afirmación pueda parecer obvia, no siempre se ha considerado así. La Didáctica de las Ciencias pasó por un largo período en el que primaban los análisis llamados "lógicos" de la enseñanza y del curriculum. El interés se centraba en las características de la ciencia (frecuentemente del contenido conceptual de la ciencia) que se intentaba enseñar,

**La comprensión
y uso de los textos de
ciencias depende
de las características
del propio texto,
de lo que sabe, y de
lo que hace el lector.**

prestando una pequeña atención al sujeto que aprende. Sin embargo, a finales de los años setenta, los investigadores comenzaron a prestar atención al papel del alumno en el aprendizaje de las ciencias. Profesores e investigadores en la Didáctica de las Ciencias reconocieron la importancia de las ideas que el sujeto ya posee como condicionante de lo que puede aprender. El interés por las llamadas "concepciones alternativas" de los alumnos, trajo a primer plano variables relacionadas con los sujetos en los estudios sobre la mejora de la enseñanza de las ciencias. Las ideas espontáneas de los alumnos, adquiridas en su interacción diaria con el mundo, interfieren, de manera compleja, con la información científica que proporciona un libro de texto.

Sin embargo, no solamente lo que el sujeto sabe, sino también lo que *hace* cuando intenta aprender influyen en el resultado final. Cualquier tarea de aprendizaje con interés escolar involucra el uso de conocimiento mediante *procesos* que determinan lo que el sujeto aprende finalmente. Estos procesos pueden ser automáticos, como los de activación de significados relacionados con una palabra que se está procesando en un cierto instante, o estratégicos, como los que pone en marcha un buen lector que se hace preguntas mientras lee un texto de ciencias, o que intenta identificar las ideas principales. Por tanto, un estudio didáctico sobre la comprensión de los libros de texto debe tener en cuenta también estos factores procedimentales.

En la serie de trabajos que se incluyen a continuación, se estudia la comprensión y el uso de los libros de texto de ciencia examinando variables pertenecientes a las dos grandes áreas que se acaban de describir: características del texto y de los lectores que los usan. Aunque deba admitirse la dificultad de establecer una separación nítida entre ambas clases de variables, dado que las características de los textos tienen que ver con las características de los lectores que los utilizan, algunos de los trabajos ponen el énfasis en variables de la primera clase, mientras que otros examinan características más próximas al lector.

Los trabajos incluidos en este número se inician con el análisis de Izquierdo sobre las estructuras retóricas de los textos de ciencias. Los alumnos que leen un texto no acceden directamente al mundo, como cuando se asoman a la ventana de su escuela, sino, más bien, a una representación lingüística con características específicas. Izquierdo utiliza precisamente recursos de la lingüística, como la noción de "actos del habla", para examinar algunas características de esta representación. El objetivo es analizar cómo es presentado el mundo a los alumnos, en los textos. El análisis de esta representación incluye la forma en que se "construyen" los hechos científicos, es decir, se seleccionan y ordenan, y las diversas estrategias retóricas utilizadas con el propósito de presentar una visión ordenada del mundo natural.

Jiménez, Álvarez y Lago creen que las capacidades de argumentar y reconocer la calidad de las argumentaciones realizadas por otros es una destreza a la que puede y debe contribuir la enseñanza de las ciencias. Por ello, examinan características de los libros de texto de ciencias relacionadas con las pautas de argumentación. En particular analizan la forma en que los textos relacionan las teorías y los datos, y si emplean pautas de razonamiento análogas a las que se desea que desarrollen los alumnos. El modelo de argumentación desarrollado por Toulmin (1958) proporciona el armazón teórico para este análisis.

Oliveira y Serra consideran que la producción de textos científicos puede constituir una importante estrategia de enseñanza en la promoción de la creatividad y el pensamiento crítico. Así, intentan conocer hasta qué punto los textos de ciencias promueven el pensamiento crítico y creativo, o son un simple medio de comunicar y evaluar el conocimiento de los alumnos. Identifican las capacidades de pensamiento crítico y creatividad exigidas en las actividades incluidas en los libros de texto y hacen sugerencias a los profesores para que estas actividades hagan apelación sistemática y explícita a la promoción de la creatividad y el pensamiento crítico, recurriendo a la estrategia de implicar a los alumnos en la producción de textos científicos.

Chagas, Bettencourt, Matos y Sousa analizan el papel de los recursos en soporte

hipertexto en el proceso de enseñanza y aprendizaje, identificando sus posibilidades y limitaciones y las características de los ambientes de aprendizaje que se generan con su uso. Hacen una descripción del uso educativo del hipertexto desde finales de la década de los ochenta, y una revisión de la investigación sobre el uso de estos programas para el aprendizaje de la ciencia.

Otros trabajos se dedican a variables más vinculadas a las características del lector y del uso que éste hace de los libros de texto de ciencias. La construcción, en la memoria del lector, de una representación adecuada de un texto científico implica la activación de conocimiento, es decir la realización de inferencias durante la lectura. Pero éste es un proceso dificultoso en el caso de los textos científicos: los sujetos tienen conocimientos limitados y, además, no están familiarizados con este proceso de generación de inferencias. Graesser y sus colaboradores explican que la ejercitación en la formulación de preguntas es un recurso eficaz para conseguir este propósito. Además, la formulación de preguntas por parte del que lee un texto científico constituye una prueba eficaz del grado de comprensión alcanzado: una comprensión profunda corresponde a preguntas de más calidad.

En relación con las preguntas, Vidal-Abarca, Gilabert y Rouet estudian el efecto que tienen en el aprendizaje las preguntas intercaladas en los textos de ciencias, y los procesos que pone en marcha un lector

cuando se enfrenta a preguntas de alto o bajo nivel. El efecto de estas preguntas no es sencillo, dado que interaccionan con variables como el conocimiento de los sujetos o las estrategias que son capaces de utilizar. Dentro de este panorama complejo, los autores sintetizan un conjunto de conclusiones sobre el efecto de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias.

Martins y Brigas analizan los libros de texto de ciencias desde un punto de vista diferente a los artículos anteriores, pero de igual importancia: el del uso por los profesores. Examinan las concepciones de los profesores sobre los libros de ciencias y sobre su uso, y describen un estudio sobre el uso de libros de texto en clases de química del nivel secundario.

Finalmente, Caldeira cierra este número interrogándose sobre cómo deberían ser los libros de texto de ciencias. Fundamentando su opinión en la investigación en didáctica de las ciencias, analiza libros de texto e intenta mostrar alternativas más

concordantes con las recomendaciones de la investigación.

Una característica que queremos destacar en los artículos que se acaban de describir es el uso que casi todos hacen de herramientas conceptuales tomadas de disciplinas como la Psicología, la Lingüística o la Filosofía. Creemos que los artículos de este número ilustran muy apropiadamente el valor que tienen estas herramientas en el estudio de los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Los enfoques interdisciplinarios son esenciales en el análisis y solución de problemas como los que plantea la mejora de los textos educativos de ciencias. De esta forma, la Didáctica de las Ciencias se beneficia, en primer lugar, de marcos teóricos más potentes que los que intenta desarrollar por sí misma, en su relativamente corta historia. En segundo lugar, aprovecha los enfoques metodológicos de disciplinas de más larga tradición, como la Psicología o la Lingüística, frecuentemente más rigurosos que los utilizados en la Didáctica de las Ciencias.

Bibliografía

TOULMIN, S. (1958), *The uses of Argument*. New York: Cambridge University Press.

Agradecimientos

La idea de reunir esta colección de artículos surgió hace algún tiempo en un Seminario sobre Comprensión de Textos Científicos que se celebró en la Universidad de Aveiro, en Portugal. Los coordinadores tuvimos la fortuna de contar con la participación de un número de excelentes especialistas en distintos aspectos de la comprensión y uso de los textos de ciencias, tanto de España como de Portugal. Agradecemos a la *Unidade de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores* del Departamento de Didáctica e Tecnología de la Universidad de Aveiro, el apoyo que prestó en la crucial fase inicial de contacto entre todos estos investigadores. Además, el trabajo de preparación de esta colección se ha apoyado en los Proyectos de Investigación del Programa General de Promoción del Conocimiento PB98-0711 y BS02002-02736 (I.P.: J. Otero), del Ministerio Español de Educación y Ciencia. La Acción Integrada Hispano-Portuguesa HP1997-008 (II.PP.: J. Otero y M.H. Caldeira), y otras anteriores, permitieron la colaboración entre nosotros que sentó las bases de este trabajo. También debemos poner de manifiesto el apoyo permanente que nos han prestado los Departamentos de Física de la Universidad de Alcalá y de la Universidad de Coimbra, a los cuales pertenecemos respectivamente. Finalmente, manifestamos nuestro agradecimiento a la Dirección de Tarbiya por la favorable acogida a nuestra propuesta de realización de este número monográfico.

La realización de este número contó con la ayuda de Koto Ishiwa que se ocupó de la traducción de varios artículos de autores portugueses y de la revisión de los formatos. Agradecemos mucho su trabajo cuidadoso. Agradecemos también a Amparo Mendoza la traducción de otros artículos.

José Otero

*Grupo de Investigación sobre el Aprendizaje de las Ciencias
 Consorcio Ibérico de Estudios sobre Educación Científica
 Departamento de Física
 Universidad de Alcalá
 28871 Alcalá de Henares
 Madrid*

María Helena Caldeira

*Consorcio Ibérico de Estudios sobre Educación Científica
 Departamento de Física
 Universidad de Coimbra
 P3000 Coimbra, Portugal*

Estructuras retóricas en los libros de ciencias

Mercè Izquierdo

Introducción teórica

La "ciencia escolar" es muy diferente de la "ciencia de los científicos" (Otero, 1989). La investigación científica utiliza, elabora o modifica las teorías en cuyo seno trabaja, según sean los retos experimentales o teóricos que haya de superar; y elabora argumentaciones que convencen de la oportunidad de los cambios introducidos. En la escuela, en cambio, los retos que se plantean a los alumnos son los que le parecen al profesor más adecuados a la propuesta teórica que se ve obligado a hacer, la cual corresponde al programa que debe cursarse preceptivamente y, en general, al contenido de los libros de texto. Además, el profesor ha de convencer a los alumnos de que todo aquello que se explica en la clase de ciencias se ajusta al comportamiento del mundo y permite explicar su funcionamiento de la mejor manera posible.

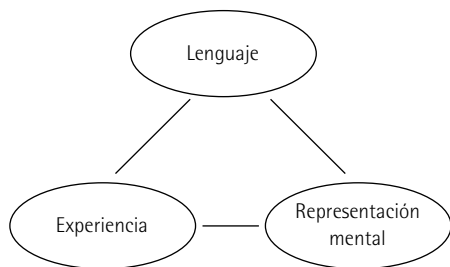
Naturaleza retórica de la ciencia escolar

Por ello, si bien en ambas ciencias son importantes los mecanismos retóricos (puesto

Las estructuras retóricas se utilizan para presentar los fenómenos del mundo de manera apropiada y convincente para el alumnado.

que lo son en toda actividad comunicativa) toda la ciencia escolar es, por su misma naturaleza, retórica porque ha de convencer al alumnado de que determinadas entidades (átomos, células, fuerzas...) explican el funcionamiento del mundo, permiten comprender los fenómenos. Una "buena retórica" será la que contribuya a desarrollar relaciones de coherencia entre el conocimiento (lo que se piensa), la intervención en los fenómenos (lo que se hace) y el lenguaje (lo que se dice), porque contribuye a mostrar que se puede intervenir en los fenómenos del mundo de tal manera que se pueda pensar y hablar sobre ellos.

Figura 1
Interpretación de Guidoni (1985)



La dimensión retórica de los textos de ciencias se ha tenido muy poco en cuenta hasta hace poco. El término ha resultado incluso peyorativo, como si denotara una intención de engañar haciendo ver la realidad de manera diferente a como es. Tampoco se había tenido en cuenta en didáctica, por la misma razón. Sin embargo, la retórica es el arte de la buena utilización del lenguaje

para hacerlo eficaz, para convencer mediante el discurso. La importancia de esta dimensión es evidente ahora, porque en plena era de la comunicación no podemos ignorar los mecanismos (retóricos) de persuasión mediante el lenguaje ni la transformación que se produce en el conocimiento cuando se quiere comunicar a otros.

En nuestra investigación llamamos "estructuras retóricas" a aquellas características de los textos de ciencias gracias a las cuales se genera una determinada manera de presentar los fenómenos del mundo con la finalidad de que la explicación que se ofrece resulte apropiada y convincente para el alumnado. Estas características contribuyen a que se puedan elaborar, en clase, argumentaciones con significado en relación con los problemas que plantean los fenómenos, en la naturaleza o en el laboratorio. Para ello son necesarios algunos referentes teóricos que se presentan a continuación.

Los hechos de habla o actos lingüísticos

Según Hannaway (1975) las ciencias se estructuran como disciplina (es decir, "para el discípulo") gracias a los libros de ciencias, ya que éstos se escriben con una intención didáctica. Esta pretensión didáctica subyacente en la mayoría, si no en todos, de los textos de ciencias nos permite situar nuestro análisis en la perspectiva de lo que Austin (1982) y Searle (1986) denominan "actos de habla". Calsamiglia y Tusón (1999,

pág. 195), citan las siguientes afirmaciones de Searle (1986):

"La comunicación lingüística incluye actos lingüísticos... La unidad de la comunicación lingüística no es... el símbolo, palabra, oración... sino más bien la producción o emisión del símbolo, palabra u oración al realizar un acto de habla."

Es decir, determinados enunciados tienen consecuencias más allá de describir el mundo: con ellos se "hacen cosas". En los libros de ciencias escritos con intención didáctica, los enunciados se emiten con la intención de transformar el mundo del lector y lo consiguen. Así, los textos científicos tienen un sentido literal, pero constituyen también un tipo de acción que debería proporcionar al lector un nuevo estilo de relación con el mundo. Los libros de ciencias hablan del mundo de una manera diferente a la que es habitual, porque lo transforman para mostrar el orden y sentido que permite comprender cómo funciona y cómo se puede intervenir en él para mejorarlo... y llegan a hacerlo de manera tan radical que algunas veces parece que no hablan del mundo real.

Para conseguir este resultado, los fenómenos se muestran según una determinada secuencia, se narran siguiendo una cierta "historia de intriga", con la cual se impone la perspectiva adecuada para convencer al lector de que la explicación correcta de lo que pasa es precisamente la que le da el

autor gracias a los conocimientos teóricos que se van exponiendo y que se imponen debido a la autoridad de alguien (la comunidad científica, el profesor, las personas que reflexionan...). Los datos (sean observaciones o resultados experimentales obtenidos en los laboratorios) se elaboran literariamente para que puedan ser aceptados por los diferentes colectivos a los que se dirige y que tienen diferentes objetivos: pasar un examen, incorporarse a la comunidad científica, saber cómo funciona el mundo, aprender a razonar...

Las narrativas experimentales

Así pues, a pesar de que el texto de ciencias sea, considerado en conjunto, expositivo y teórico, se encuentran intercaladas en él "narraciones" que se refieren a "las cosas que pasan en el mundo" y que son mecanismos literarios con los cuales se consigue transformar el mundo de diversas maneras para poder explicarlo. En efecto, según Ogborn, Kress y Martins (1996) "... las explicaciones [...] son historias sobre el mundo en el que un grupo de entidades producen los fenómenos que deben explicarse" (pág. 5).

Como han de convencer al lector de que el mundo funciona tal como lo propone la ciencia, estas narraciones tienen una función retórica específica y podemos referirnos a ellas como "narrativas experimentales". Se escriben con la intención de implicar al lector en un acontecimiento que le parezca familiar o que el texto le describe, para mostrarle que

puede pensar sobre él gracias a las nuevas entidades científicas que se van a utilizar para dar sentido al mundo.

Las "historias" que se explican en los libros de ciencias contienen un conjunto de actos lingüísticos que tienen resultados concretos. Dependen de la perspectiva con la que observamos el mundo, de las preguntas que nos formulamos y de las respuestas que les damos... y esta perspectiva depende de lo que el autor quiere que sea su libro. En ellas se destacan algunos de los aspectos de algunos fenómenos, los que se van relacionar entre sí para introducir las nuevas entidades científicas que darán significado a lo que pasa. Así, escribir ciencias podrá generar "hechos científicos" allí donde sólo se tenían hechos cotidianos, dando "vida" a las entidades científicas.

Sin estas narrativas, los términos científicos y el mundo quedarían desconectados. Gracias a ellas puede conseguirse que un buen libro sirva realmente para introducir al lector en el gremio de los alfabetizados en ciencias. Sin embargo, frecuentemente nos pasan desapercibidas porque las tomamos como "hechos" reales y, con ello, se nos escapa también la dimensión retórica de los libros de ciencias.

Qué pretendemos en este artículo

Como consecuencia de lo que se ha venido diciendo hasta aquí, vemos que los libros pueden persuadir de muchas

maneras diferentes. Si bien la "ciencia" no es un libro, sino una actividad desarrollada por personas concretas que trabajan en un contexto específico, sabemos de ella lo que queda escrito en los libros, y según sean éstos podremos captar con más o menos acierto el tipo de intervención experimental que pretende controlar. Nos parece interesante analizar los textos desde esta perspectiva pragmática (retórica) que ha sido poco utilizada hasta ahora. Gracias a este análisis hemos podido identificar diferentes maneras de presentar los fenómenos del mundo y los indicadores que permiten caracterizarlos.

Nos parece que con ello podemos contribuir a mostrar los recursos que los autores de los libros de ciencias utilizan para reconstruir literariamente el mundo para hacerlo comprensible... y que podrían utilizar otros si los consideraran más convincentes, más eficaces, según su intención al ponerse a escribir. Con todo ello pretendemos mostrar los aspectos retóricos de los textos para empezar a plantearnos cómo gestionarlos en clase.

En los apartados siguientes vamos a presentar algunas reflexiones sobre la construcción de los hechos científicos en los libros de ciencias. Veremos cómo intervienen en esta construcción las finalidades del autor, y también veremos cómo identificar las estrategias lingüísticas que se han utilizado.

Algunos apuntes sobre la investigación

Nuestra investigación se centra en la identificación de diferentes maneras de presentar el mundo real (las narrativas o historias que aparecen en los libros y que explican los profesores, siguiendo a Ogborn *et al.*, 1996) y de su función retórica, para poder utilizarlas mejor en clase. ¿Dónde buscamos estas narrativas que el autor dedica a sus lectores y cómo las caracterizamos? ¿Cómo identificar los actos de habla propios del discurso científico, que es transformador del mundo, generador de entidades, legitimador de explicaciones?

Empezamos por analizar los prólogos de los textos, para ver cómo se expresa el autor en relación con sus finalidades. Estudiamos a continuación el índice de capítulo, la macroestructura y la superestructura de cada capítulo, y con ello tenemos una primera aproximación al contenido del texto y a la relación que establece con el lector. A partir de ello seleccionamos las narrativas experimentales: los hechos en los que se apoya el texto para desarrollar el contenido, teniendo en cuenta también lo que le aportan las ilustraciones, si las hay.

Para ello, intentamos poner en evidencia cuál es la historia que se narra, con sus protagonistas, sus actores secundarios, el marco de la acción, sus agentes y sus pacientes... que son, a veces, científicos o personas, pero que pueden ser también "el rayo de luz que

atraviesa una lente" o "los electrones que son arrancados del átomo". Con ella se construye la imagen del mundo que le conviene al autor, la que mejor sintoniza con su intención comunicativa. Por esto, estas historias tienen una función retórica. En algunos trabajos anteriores se caracterizaron ya cuatro tipos de narrativa: apodíctica, magistral, de duda real y de duda retórica (Izquierdo, 1997, 2000; Izquierdo y Rivera, 1997). Las experiencias narradas de manera "apodíctica" muestran que "el mundo es así". La narrativa magistral hace algo parecido, pero se refiere a un fenómeno idealizado o un conjunto de fenómenos agrupados de una determinada manera, que es la que conviene al autor para desarrollar el texto, y que constituye un epitome que funciona como modelo para el resto del texto. En la narrativa de "duda retórica" se suscita una duda o se presenta un problema que luego serán resueltos en el propio texto, gracias a las informaciones o reflexiones que son las que quería comunicar el autor; en cambio, en la narrativa de duda real el autor ofrece una interpretación tentativa de un conjunto de hechos difíciles de interpretar.

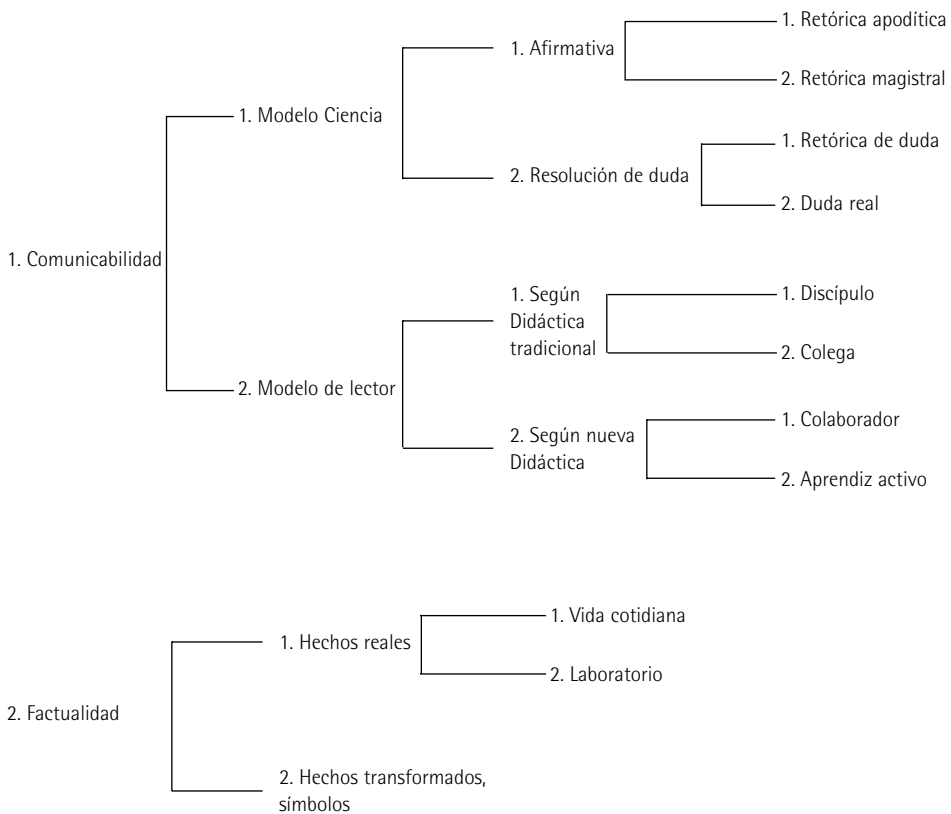
Estas narrativas corresponden a dos representaciones algo diferentes de lo que es la ciencia: a) conocimiento sobre los hechos del mundo, del cual pueden afirmarse determinadas leyes (de manera apodíctica) que los entendidos pueden mostrar, o/y enlazando entre sí causas y efectos (de manera magistral); o b) resolución de enigmas, que da lugar a planteamiento de

dudas que han de ser resueltas por el propio texto (duda real y duda retórica). También corresponden, a nuestro parecer, a estilos diferentes de aproximarse al lector: como discípulo en el primer caso o como colegas en el último.

Hemos desarrollado aquí este esquema, poniendo mayor atención a los factores

que intervienen en la credibilidad de los "ejemplos" o hechos del mundo que se proponen en el texto, que pueden ser experimentos de laboratorio o aplicaciones de la ciencia. Obtenemos así el esquema que se muestra en la figura 2. Según éste, las narrativas se pueden caracterizar según su comunicabilidad, es decir, de qué manera conectan con el lector, y según su

Figura 2
Características de las narrativas experimentales



factualidad, es decir, qué tipo de hechos las constituyen. Estas categorías coinciden con las propuestas por Potter (1996, pág. 123), que añade otra, el enfoque didáctico, es decir, a qué tipo de alumno se dirigen. Aquí no se ha tenido en cuenta, de momento, la dimensión didáctica porque es común a todos los textos estudiados.

Tal como muestra la figura, la comunicabilidad se caracteriza aquí según dos factores: a) el modelo de ciencia que se escoja y b) el modelo de lector por el que se opte. En el estilo didáctico tradicional era habitual "mostrar y ver": considerar un discípulo al que se explica la ciencia o un colega que comparte un problema que se resuelve. En un modelo didáctico "constructivista", de "lee y actúa", el libro se hace polifónico: el autor aparece algunas veces como maestro y otras como colega del lector, y el lector, como alumno, toma también la palabra de vez en cuando. La factualidad se caracteriza según los ejemplos sean reales o simbólicos; y, en el primer caso, según procedan mayoritariamente de la vida cotidiana o del laboratorio. Si, además, tenemos en cuenta los diferentes actos de habla (las definiciones, comparaciones, clasificaciones...) del texto y su relación con los dos factores identificados, nos encontramos con una interesante gama de posibilidades. Las narrativas experimentales se pueden caracterizar según una secuencia de números que se deducen de la figura 2, que orientan sobre la manera de utilizar el texto en clase. A continuación mostramos ejemplos de

análisis referidos a textos históricos de ciencias y a libros de texto actuales.

Un ejemplo de texto de duda retórica: sugerencia de un nuevo modelo científico en las cuestiones 30 y 31 de la Óptica de Newton

En este tipo de narrativa se utilizan las preguntas para generar el flujo de información, que se irá repartiendo entre las preguntas y las respuestas, las cuales se presentan como hipótesis que van siendo verificadas a medida que el texto progresa. En el texto se introduce un nuevo modelo de mundo sabiendo que puede ser problemático para el lector; y se hace de manera que el lector se enfrente al problema (que va a ser resuelto a continuación) gracias a las nuevas ideas que introduce el texto (para un ejemplo de este tipo de narrativa en un libro de química actual véase Izquierdo, 1997).

En el texto de Newton que ponemos ahora como ejemplo (Óptica, 1704/1997), la novedad del modelo son los principios activos que hacen que las partículas que forman los cuerpos muestren actividad química. En la época de Newton se aceptaba que los materiales están formados por partículas, pero no la existencia de "principios de actividad" que podían ser identificados con las "causas ocultas" propias de las explicaciones renacentistas ya pasadas de moda y contrarias al paradigma mecanicista vigente.

Los hechos del mundo según la retórica "La acción de Dios vista en los misterios de la naturaleza"

Newton presenta los fenómenos ya agrupados de la manera que más le conviene para responder a la pregunta que formula retóricamente: ¿acaso no será que...? Destaca sólo aquellos aspectos que conducen a una visión unitaria de todo el conjunto, dando así la impresión de que hay una única respuesta apropiada. No afirma nada, pero la pregunta que plantea ya es una afirmación, porque induce una respuesta cuyo contenido se impone convincentemente al autor.

El texto progresa gracias a las preguntas y respuestas entrelazadas y, gracias a ambas, se construye un mundo de partículas y de atracciones entre ellas. Pero las preguntas no son lo que está entre interrogantes, sino que lo problemático es lo que está fuera de ellos: el comportamiento de los cuerpos cuando interaccionan entre ellos:

"En efecto, cuando la sal de tártaro se disuelve per deliquum, ¿acaso no se debe a la existencia de una atracción entre las partículas de la sal de tártaro y las partículas de agua que flotan en el aire en forma de vapor?... Y ¿a qué se debe, si no es a esta potencia atractiva, que el agua no se destile de la sal de tártaro sin un gran calor, siendo así que ella sola se destila con un calor suave y tibio? Cuando el agua y el aceite de vitriolo se vierten sucesivamente en la misma vasija y se calientan

muchísimo con la mezcla ¿acaso este calor no muestra que las partes de los líquidos poseen un gran movimiento ¿Acaso este movimiento no muestra que, al mezclarse, las partes de ambos líquidos se unen con violencia, por lo que corren unas hacia otras con un movimiento acelerado?" (págs. 325, 326).

El mundo químico que Newton nos presenta (y que conoce muy bien) está constituido por partículas que se abalanzan unas sobre las otras produciendo así determinados efectos propios de la dinámica habitual de los fenómenos. De esta manera, los episodios que Newton selecciona y utiliza son *unos determinados cambios* en la naturaleza, y no otros, pero como consecuencia *todos* los cambios quedarán explicados por el texto como interacciones entre partículas, porque,

"Así, la naturaleza del mundo será muy simple y acorde consigo misma, realizando todos los grandes movimientos de los cuerpos celestes con la atracción de la gravedad que media entre ellos y casi todos los movimientos pequeños de sus partículas con otros poderes atractivos y repulsivos que median entre ellas...

Tras considerar estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles... También me parece que estas partículas no sólo poseen una *Vis inertiae* acompañada de las leyes del movimiento

que se derivan naturalmente de esta fuerza, sino que también están movidas por ciertos principios activos, tales como el de la gravedad y los que causan la fermentación y la cohesión de los cuerpos. No considero que estos principios sean cualidades ocultas, supuestamente derivadas de las propiedades específicas de las cosas, sino que son las leyes generales de la naturaleza las que forman las cosas mismas y cuya verdad se nos aparece por los fenómenos, aun cuando sus causas aún no hayan sido descubiertas" (págs. 342-345).

Newton quiere convencernos de algo más conflictivo, como es la existencia de principios activos que Dios renueva constantemente, mostrando que sus afirmaciones, no sólo se fundamentan en la unidad de la naturaleza creada por Dios, sino que son consecuencia de un método validado por su semejanza con la matemática:

"Como en las matemáticas, en la filosofía natural la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis ha de preceder siempre al método de composición. Este análisis consiste en realizar experimentos y observaciones, en sacar de ellos conclusiones generales por inducción y en no admitir otras objeciones en contra de estas conclusiones que aquellas salidas de los experimentos u otras verdades ciertas, pues las hipótesis no han de ser tenidas en cuenta en filosofía experimental... En la medida en que conozcamos por filosofía natural cuál es la primera causa, qué poder tiene sobre

nosotros y qué beneficios obtenemos de ella... se nos aparecerá con luz natural cuál es nuestro deber hacia ella así como hacia nosotros mismos..." (pág. 349).

Newton no se atreve a defender abiertamente aquello que cree (la existencia de principios activos) y construye en el texto una coartada doble: la que le proporciona la propia duda retórica y la que le proporcionan las reiteradas alusiones a la "unidad de la naturaleza creada por Dios, tal como lo muestra la filosofía experimental".

Los "hechos de habla" del texto de Newton

La duda retórica le permite no afirmar nada abiertamente, por más que sí que muestra claramente una propuesta convincente, pues las reflexiones de Newton sobre estas dos cuestiones retóricas (que son en realidad una exposición de sus ideas sobre la química) influyeron profundamente en la química del siglo XVIII. Las alusiones a la unidad de la naturaleza tuvieron también éxito, puesto que su prestigio como filósofo natural capaz de explicar el mundo mediante las matemáticas no decreció ni un ápice a pesar de su creencia en principios activos poco identificables. Y no sólo esto, sino que establece como "ley de la naturaleza" y como origen de la reacción química las atracciones entre partículas, que es una manera de ver el fenómeno químico que ha tenido un enorme impacto en el desarrollo de esta ciencia.

Pero hay algo más. En su discurso, Newton agrupa diferentes hechos que reciben una explicación común y pasan a formar una "familia de reacciones" (como hemos visto en el primero de los breves textos seleccionados). Este tipo de regularidad en los fenómenos ya formaban parte del bagaje de los químicos¹; pero ahora se refuerza esta agrupación, que se justifica por las atracciones más o menos intensas entre las diferentes partículas. Poco años más tarde, estas relaciones se representarán mediante "tablas de afinidad", las cuales funcionarán efectivamente como una "ley del cambio químico" y constituirán una de las inscripciones más eficaces para la elaboración del concepto de sustancia química (simple o compuesta) (Roberts, 1993).

Una narrativa magistral: los hechos del mundo son el escenario de las teorías científicas

La narrativa magistral se caracteriza por generar a grandes rasgos un "mundo" en el cual se producen hechos relevantes, relacionados entre sí y supuestamente familiares al lector. En este escenario se van a producir fenómenos que se muestran encadenados de manera natural y que preparan al lector para la explicación científica que se va a facilitar. Este mundo no genera ninguna pregunta, a diferencia de

lo que ocurre en el texto de duda retórica, ni se introduce de manera autoritaria, a base de definiciones, como en los textos apodícticos. Se adapta perfectamente a la explicación del autor y la hace creíble, porque proporciona una razón, una causa para que el funcionamiento global del mundo sea tal como se nos muestra. Los maestros la conocen y, ejerciendo su magisterio, la comunican a los alumnos, que deben aprenderla.

Los hechos magistrales sólo existen en el texto, porque nadie puede verlos o experimentarlos tal como son narrados, aunque todos pueden imaginarlos fácilmente. Al ser un conjunto de hechos conocidos y relacionados causalmente, resultan verosímiles y constituyen un poderoso recurso retórico. Ejemplos de este tipo de narrativa en los libros de ciencias pueden ser el agua en la naturaleza, la cual, puesto que es conocida por todo el mundo, funciona como ejemplo paradigmático para explicar el estado líquido y los cambios de estado, poder disolvente, medio de reacción, etc. Las combustiones relacionadas con la función clorofílica constituyen otro ejemplo que permite conectar el aprovechamiento de energía con la alimentación o las máquinas con la degradación de la energía.

Veamos, como ejemplo de narrativa magistral, algunos fragmentos con estas

1. No existía la profesión de químico en el sentido actual, pero sí que podemos considerar equivalente el trabajo de todos aquellos que se dedicaban a la farmacia química o a la elaboración sistemática de productos de droguería.

características del libro *Chemistry counts*, de Graham Hill (1995), editado por Hodder y Stoughton.

La introducción

En la introducción, el autor se dirige directamente a los lectores, pero con cierta frialdad, indicando simplemente que el libro trata de Química y de la función de ésta en la vida cotidiana. Se indica cómo utilizar el libro y los ejercicios que contiene. Recuerda que los ejercicios son similares a los de los documentos oficiales del GCSE, recomendando a continuación que se resuelvan el mayor número posible de ellos.

Los hechos del mundo según la retórica "El mundo es ordenado y los profesores nos explican por qué lo es"

En estos textos predomina el tono de "profesor" que muestra conjuntos de fenómenos seleccionados como un escenario para su disertación científica. La selección de fenómenos tiene una fundamentación teórica, puesto que todos ellos forman un conjunto adaptado a las relaciones que se van a establecer desde el enfoque teórico. En los fragmentos que hemos seleccionado se nos muestra que la electricidad no sólo es muy importante en la vida cotidiana, sino que es un componente de los materiales y, por lo tanto, de los átomos:

"Es difícil imaginarse la vida sin electricidad. Dependemos diariamente de la electricidad

para cocinar, para calentarnos y para tener luz. Sólo apretar un interruptor ya funciona el hornillo, o el secador de pelo, o docenas de otros aparatos. La electricidad se genera en las centrales eléctricas a partir de carbón, aceite o combustible nuclear. El calor generado por el combustible se utiliza para hacer hervir el agua. El vapor producido mueve turbinas y genera electricidad. De esta manera, la energía química del combustible se transforma en energía eléctrica.

Además, utilizamos también linternas, radios y calculadoras que utilizan la energía eléctrica de las pilas y baterías. La electricidad también se puede utilizar para obtener algunas sustancias importantes. Por ejemplo, la sal (cloruro de sodio) no puede ser descompuesta utilizando electricidad. El sodio y el cloro se manufacturan haciendo circular la electricidad a través de sal fundida mezclada con cloruro de calcio a 600 °C" (pág. 70).

En el conjunto de la lección, se van citando fenómenos todos ellos relevantes: los circuitos y sus variables, la conductividad de los materiales y de las disoluciones, la cantidad de corriente, la electrólisis, los iones: sus cargas, su fórmula, sus enlaces, las aplicaciones industriales de la electrólisis... según la lógica propia del contenido científico teórico que se ha de enseñar. Sin embargo, no se dice que se está interpretando el mundo según un determinado modelo, sino que da la impresión de que este modelo se "ve" directamente en los

fenómenos; éstos han sido narrados de tal manera que se ha de creer necesariamente en las entidades teóricas que se introducen como si fueran "objetos del mundo" tan reales como los que vemos y tocamos:

"Peinad vuestro cabello rápidamente con un peine de plástico y a continuación utilizad el peine para levantar trocitos de papel. ¿Por qué pasa esto?

Los átomos están compuestos de tres partículas-protones, electrones y neutrones. El centro del átomo, llamado núcleo, contiene protones y neutrones. Los protones son positivos pero los neutrones no tienen carga...

Cuando os peináis el pelo rápidamente con un peine de plástico, el pelo toma electrones de los átomos del pelo. Entonces el peine tiene más electrones que protones y por eso adquiere carga negativa. El pelo tendrá menos electrones que protones y por ello tendrá carga positiva.

Cuando acercáis trocitos de papel al peine cargado, la carga negativa del peine repele a los electrones del área de papel próxima al peine. Entonces esta parte del papel queda positiva y es atraída por el peine, porque cargas diferentes se atraen. El papel es suficientemente ligero como para ser levantado" (pág. 71).

En el texto que acabamos de ver, los electrones parecen tan reales como el peine, y

la carga negativa de éste, tan evidente como los trocitos de papel.

Los hechos de habla del texto magistral

Los textos magistrales vienen a suplir una diferencia de información entre el autor y el lector: el lector no sabe, el autor, sí. Los hechos de habla creados en el texto son explicaciones en las que determinadas entidades (los electrones, en este ejemplo) dan razón de una secuencia de causas y efectos (se frota el peine y éste atrae el papel). El texto ha introducido con toda naturalidad entidades teóricas que vienen a llenar los huecos entre los diferentes aspectos del fenómeno (el peine, los trocitos de papel que se le pegan...) consiguiendo así establecer las relaciones de causa-efecto: los papelitos se le pegan al peine porque el frotamiento ha generado cargas en el peine.

Sin embargo, los textos magistrales, como los de duda retórica, no lo explican todo, ni mucho menos; es sorprendente que, en general, nadie se da cuenta de lo mucho que oculta el texto y se acepta la narración como si realmente explicara el fenómeno. Por ejemplo, no se dice por qué la carga en el peine atrae a los trocitos de papel (que no tienen carga, pues no se nos ha dicho cómo podrían haberla adquirido), ni qué les ha pasado al cabo de un rato a los electrones.

Narrativas apodícticas: construcción de un mundo teórico mediante experimentos; convencer del valor de la ciencia por su utilidad

Este tipo de narrativa es la más frecuente en los libros de texto clásicos, los anteriores a la LOGSE, y aún ahora tiene una gran influencia, puesto que ofrece un determinado modelo de conocimiento: la metáfora "libro", que conduce a la confusión entre la construcción literaria del mundo y el propio mundo, así como entre las intenciones del autor del libro y los objetivos de la actividad científica.

En este tipo de narrativa, autoritaria, la ciencia se impone al mundo, hasta tal punto que el autor puede no aparecer para nada: el único mensaje es que la ciencia es muy importante y quien "habla", en el texto, es "la ciencia". A diferencia del texto magistral, que seduce, el apodíctico obliga a aceptar una determinada explicación. El texto apenas necesita presentación: es, simplemente, indispensable, porque dice la verdad sobre el mundo, lo que hay que saber sobre él, y esto es lo único que el lector busca y quiere recibir.

Un aspecto importante del mensaje implícito de este tipo de textos es que la ciencia muestra que las cosas no son como parecen: lo que aparentemente es de una determinada manera, es, en realidad, muy

diferente; y que sólo una experimentación cuidadosa (que no se explica en el libro), unida al razonamiento riguroso, permite no ser engañados por los sentidos. Así pues, mediante esta narrativa se presentan entidades, invisibles y abstractas, que deben ser enseñadas a los que no conocen las ciencias porque, con ellas, van a poder interpretar los fenómenos del mundo. Y, aunque se supone que se utiliza para ello el método científico, experimental, esta capacidad de abstracción y de reconstrucción lógico-matemática de los fenómenos se presenta como una actividad intelectual infinitamente más importante que la habilidad práctica real..., porque "experimentar" es, asimismo, mucho más que "simplemente manipular".

Los hechos científicos de los que se nos habla en este tipo de narrativa son experimentos de laboratorio reconstruidos mediante las entidades científicas que el texto introduce; y se da por supuesto que éstas existen ya para siempre y se pueden utilizar en cualquier circunstancia. Se pasa de los experimentos controlados a los fenómenos naturales sin necesidad de una justificación complementaria (como veremos en el ejemplo, la electrólisis muestra que existen las fuerzas químicas).

Veamos un ejemplo de esta narrativa en el libro de texto *Física y Química* (Galindo y otros, 1996), del Bachillerato LOGSE, publicado por Mac Graw Hill.

Introducción

En este libro aparece una cierta contradicción entre la Introducción y el contenido de todo el libro. Esta contradicción es ahora bastante frecuente, puesto que muchos autores exponen las ideas que configuran la reforma LOGSE pero en cambio no modifican de manera real los contenidos del libro de acuerdo con estas nuevas ideas. En el momento actual se han incorporado a todos los libros de texto frases dedicadas a valorar la enseñanza comprensiva y la aplicabilidad del conocimiento científico, aunque sin que esto suponga modificar la orientación apodíctica del contenido (en este ejemplo), que corresponde a una valoración muy diferente de la ciencia: es un "lenguaje teórico" que debe saberse con exactitud.

Los hechos del mundo según la retórica "la ciencia es difícil, pero es muy seria y valiosa"

Los fragmentos seleccionados corresponden a la lección 13, "Modelos atómicos". El primer apartado, al que pertenecen ambos fragmentos, lleva por título "Naturaleza eléctrica de la materia".

(Primer párrafo) "La electrólisis, la radioactividad, la valencia y los espectros discontinuos de las sustancias elementales en fase gaseosa demostraron que la materia tenía naturaleza eléctrica y los átomos, estructura..."

(Electrólisis) "En estas experiencias los elementos de un compuesto químico se podían separar por medio de la electricidad, lo que indicaba que estaban unidos por fuerzas químicas.

Faraday llamó electrólisis a estas reacciones, electrólitos a las disoluciones, electrodos a las placas metálicas que se introducen en la cuba electrolítica, ánodo..." (pág. 294).

¿Vale la pena explicar mejor qué son las fuerzas químicas o que no siempre la electrólisis produce la separación de los elementos de un compuesto? Al parecer no, porque ya se ha afirmado que las hay (las fuerzas) o se ha explicado lo que es la electrólisis.

A continuación se propone una actividad experimental: nada menos que "hacer un montaje como en la figura" para "electrolizar una solución de cloruro de sodio a la que se ha añadido unas gotas de fenolftaleína". Evidentemente, las informaciones que proporciona el texto no son suficientes para interpretar lo que pasa, pero al parecer nadie se preocupa excesivamente por ello. En esta narrativa se construye un mundo paralelo al real, construido por las entidades que se introducen a base de afirmaciones. No se muestra ninguna intención de conectar con los conocimientos previos que seguramente el lector posee del mundo natural.

Aunque esta narrativa es aparentemente teórica en realidad no lo es, porque sólo describe y afirma, pero no establece ninguna

diferencia entre los hechos y los modelos ni ayuda a establecer relaciones significativas entre hechos, entre ideas y, aún menos, entre hechos e ideas. Parece sabia, pero en realidad es enciclopédica y pedante.

Actos de habla en una narrativa apodíctica

Lo que es más propio de esta narrativa son las definiciones que se imponen a determinados fenómenos. Son tan artificiales las unas como los otros, pero el lector está prevenido y no se enfada por ello, porque ya acepta que la ciencia pretende mucho más que "conocer la realidad natural", puesto que su objetivo es controlarla mediante los instrumentos y este control se comunica mediante un lenguaje especializado. El lector no espera pues "comprender", sino que se prepara para aprender "resultados de experimentos" y una manera de hablar de ellos específica, compleja y quizás críptica, pero muy "científica".

Si bien el acto de habla más propio del texto apodíctico es la definición de las entidades que intervienen en los experimentos, éstas apenas tienen significado en el mundo real.

La influencia de la nueva didáctica en los libros de texto

Vamos a ver ahora dos textos muy recientes que muestran cómo se hace "literatura científica" según la orientación constructivista

actual. Este tipo de textos son el resultado de una voluntad de "enseñar a aprender" que ha ido consolidándose en el seno de la actual reforma LOGSE. En el primero de ellos predomina la retórica apodíctica, por más que diversificada en propuestas fáciles de digerir por el alumno y organizadas según un ritmo que facilita su aprendizaje. El segundo se organiza según la duda retórica, pero planteada de tal manera que coincida con el método científico. En ambos textos se requiere la participación del alumno-lector; por ello ambos textos resultan "polifónicos" (intervienen en él muchas voces, "hablan a la vez" diversas personas), cosa que no ocurría en los libros de texto tradicionales.

"Verás que fácil es aprender"

El autor del libro se dirige al lector como lo hace un profesor a sus alumnos, considerándolos, en algunos momentos, colegas que han de resolver los mismos problemas que los científicos, y en otros, alumnos que han de ser informados. Alterna el tono magistral con las invitaciones a que el alumnado trabaje por su cuenta, planteando preguntas y sugiriendo actividades.

Lo más notable de este texto es que presenta un "ritmo" que corresponde a un "ciclo de aprendizaje" (Karplus y Thier, 1969) que se justifica por las actuales teorías didácticas llamadas genéricamente constructivistas.

Veamos, por ejemplo, el libro *Ciencias da Naturaleza* de 1º de ESO, de Cid González y otros (1996), publicado por Ediciones Xerais (Vigo). En este caso se utiliza una analogía para que el alumnado se encuentre a sus anchas con el libro y las situaciones que se le presentan según un ciclo de aprendizaje le resulten familiares: un paseo en bicicleta, con diversas etapas (*contacto, arrincada, pedalando, avituallamento, aprendendo a aprender, demarrando, sprintando, relaxandote*). Los hechos del mundo que corresponden a cada una de las etapas se presentan de manera diversa (en general, como problemas a resolver sobre un fondo magistral, pero también con aspectos apodícticos) dando lugar a una interpretación científica de los mismos; y el "ritmo didáctico" los transforma en "aptos para ser aprendidos", con la complicidad del lector, que el texto da por supuesta. En este libro son muy importantes las imágenes, porque proporcionan información que no está en el texto.

Introducción

El libro no tiene introducción, sino sólo una presentación que tiene la misma estructura que los capítulos y que, sin decirlo explícitamente, "muestra" cómo va a funcionar el libro. El contenido de la presentación es invitar al lector a iniciar una excursión en bicicleta en compañía de

dos "colegas como tú". La metáfora "paseo en bicicleta" se desarrolla a base de dividir el capítulo en ocho apartados, de títulos muy explícitos²:

- Contacto, en el cual se presenta el contenido del capítulo mediante un cómic de dos páginas.
- Arrancada, en el cual se pregunta sobre el contenido del cómic.
- Pedaleando, en el cual se prometen explicaciones interesantes aunque también algún esfuerzo para superar las cuestas.
- Cre-actividades, en el cual se hacen ejercicios: "Es el momento de ordenar los conocimientos y de aprender a estudiar, de ejercer la creatividad".
- Avituallamiento, en el cual se ofrecen nuevos contenidos importantes, de carácter más aplicado.
- Aprendiendo a aprender, en el cual se proponen actividades autónomas.
- Demarrando, para salir del pelotón y prepararse para llegar a la meta. Se ofrece más vocabulario, nuevas informaciones... aunque se anuncia que se va a exigir algún pequeño esfuerzo suplementario.
- Esprintando, en el cual se pide el máximo esfuerzo y concentración para llegar a la meta. Se deberán repasar las ideas principales y analizar las actitudes.

2. Los nombres han sido traducidos por la autora del gallego, que es la lengua en el que se ha escrito el libro.

- Relajándote, para descansar del esfuerzo mediante la lectura de textos seleccionados para ampliar el tema y la realización de actividades de consolidación.

Los hechos del mundo, según la retórica "pensemos, trabajemos y lo resolveremos... porque el mundo es ordenado y tiene sentido"

La novedad de este texto es el ritmo que se imprime, gracias a la variedad de narrativas que se utilizan, dependientes de la etapa de la "excursión" que se está realizando; y la presentación gráfica, como cómic, del primer episodio de cada lección (tomando contacto). Sin embargo, las narrativas dominantes son la magistral y la apodíctica, aunque formuladas de manera que el lector se encuentre "entre iguales" y se vea animado constantemente a colaborar con su propio esfuerzo. En algunos de los apartados predominan las preguntas, pero éstas no vertebran el texto ni vehiculan nuevas informaciones y por ello no tienen el efecto retórico de los textos que hemos llamado de "duda".

Los actos de habla en las narrativas basadas en la actividad de los alumnos-lectores

Aunque se combinan narrativas magistrales y narrativas apodícticas, predominan estas últimas. Por esto el texto construye, sobre todo, definiciones/constataciones sobre cómo funciona el mundo. Sin embargo,

como los contenidos se seleccionan según una orientación bastante aplicada, se consigue también, probablemente, que el alumno complete el texto dando respuesta a las invitaciones que se le hacen: "razona, investiga, mide" que serían los actos de habla propios de este texto. Pero, como ocurre casi siempre en los libros de texto, las informaciones que el texto proporciona son desmesuradas y va a ser difícil que el alumno pueda con ellas por más que se adapte al ritmo didáctico, que podría ser muy útil para unos contenidos menos ambiciosos; por ello, va a ser difícil cumplir la promesa que se hacía en la presentación: contactar con la naturaleza a través de 15 viajes fantásticos.

El convencimiento por el método científico

En este caso, como en el anterior, el texto "enseña a aprender" y lo hace siguiendo un modelo determinado de aprendizaje, que se corresponde con un modelo determinado de método científico. Hemos tomado como ejemplo el libro *La estructura de todas las cosas*, Proyecto "Investigar y comprender la naturaleza", de Martínez Torregrosa y otros (1997), publicado por Aguaclara en Alicante.

Los hechos que se ofrecen al lector tienen un doble aspecto: son susceptibles de dar lugar a un modelo teórico gracias a la participación del lector y son experimentales: se explica al lector cómo intervenir en ellos en situaciones diferentes, que pueden ser tanto caseras como de laboratorio. Así,

aparecen agrupados según los diferentes modelos a tratar, que configuran también los diferentes capítulos, y todas las narraciones que se refieren a ellos presentan una misma estructura.

La introducción

El libro al que nos referimos presenta una doble introducción: una presentación y un capítulo que lleva por título: "¿Qué esperamos conseguir en este curso? ¿Cómo debería funcionar la clase para aprender mejor?". En la "Presentación del curso" se avisa que "este libro no es un texto habitual" puesto que no se puede entender sin un trabajo conjunto en la clase. Y, como los conocimientos científicos son el fruto de intentos de resolver problemas, el curso también abordará grandes problemas para avanzar hacia su solución. La actividad constante del alumno, paralela a la lectura, es imprescindible. Así, se incluyen actividades identificadas con diferentes logos: "Entrénate", "Atrévete", "Pon a prueba lo que has aprendido", que imprimen también un "ritmo didáctico" al texto.

En el primer capítulo, que funciona como introducción, el autor (identificado al profesor), se dirige a los lectores (identificados a los alumnos), explicando y pactando cómo será el trabajo a realizar conjuntamente para que sirva para aprender (págs. 6 y 7). Así, por ejemplo, se dice: "es conveniente que discutamos en las primeras sesiones del curso las expectativas de todos los componentes de la clase...", y el texto sugiere más adelante que...

"en efecto, la familiarización con la metodología científica será uno de los objetivos de este curso". Se insiste en esta idea y, más adelante, hablando en plural, se usa el ambiguo "trataremos de conseguir" para presentar el modelo de clase que se está proponiendo: "Trataremos de conseguir, entre todos, que la clase se convierta en una comunidad de aprendices que se enfrenta al reto de resolver problemas sobre la Naturaleza, aprendices dirigidos por un investigador experto (el profesor o la profesora)...". Se admite que los alumnos van a tener una lógica preocupación por la evaluación y por ello se van a proponer actividades de evaluación y recapitulaciones (¿qué problema nos habíamos planteado?, ¿qué estrategia hemos escogido?, ¿hasta dónde hemos llegado?, ¿cómo vamos a continuar?), explicando lo que se hará (pensar, poner en común, hacer propuestas, analizarlas...).

*Los hechos del mundo según la retórica
"se ha de enseñar a hacer ciencia,
la ciencia es resolución de problemas
por contrastación con modelos"*

Los fragmentos escogidos corresponden a la lección "Otra propiedad general de la materia: la carga eléctrica"; el primero pertenece al epítome inicial y el segundo, al segundo apartado de la lección.

"... La electricidad tiene una importancia fundamental en múltiples aspectos de la vida cotidiana: la iluminación, calefacción, desplazamiento y transportes, motores

eléctricos, comunicaciones, medicina, trabajo doméstico... Todo ello da idea de cómo sería la vida sin electricidad: prácticamente un retorno a la Edad Media. La electricidad constituye pues un tema de gran interés, al que vale la pena dedicar nuestra atención...

... Como vemos, los inicios del estudio de la electricidad están asociados a la investigación sobre las interacciones eléctricas existentes entre ciertos objetos cuando frotamos algunos de ellos. Por esto, antes de establecer la estrategia a seguir para el estudio sistemático de esta propiedad, conviene que nosotros mismos procedamos a electrizar algunos objetos.

A.1 Tratad de electrizar por frotamiento todo tipo de objetos disponibles, como por ejemplo reglas, bolígrafos, cabellos, tijeras, llaves... Y proponed a continuación posibles preguntas sobre esta propiedad que sirvan para profundizar en su comprensión.

A partir de las experiencias es posible que surjan preguntas como: ¿a qué es debido el comportamiento observado?; ¿es el mismo fenómeno que el que ocurre entre imanes y objetos de hierro?; ¿qué materiales se pueden electrizar?... (págs. 101-102).

... 2. Un primer modelo para la naturaleza eléctrica de la materia. A continuación trataremos de elaborar un modelo que dé cuenta de cada uno de los aspectos de comportamiento eléctrico observado en los cuerpos.

A.9 Proponed, a modo de hipótesis, un primer modelo que pueda explicar el comportamiento eléctrico de los materiales, en particular:

- a. El hecho que un cuerpo, que no manifiesta propiedades eléctricas, se electrice al frotarlo.
- b. Que objetos idénticos, frotados de igual manera, se ejerzan siempre fuerzas repulsivas.
- c. Que también puedan existir fuerzas atractivas entre cuerpos electrizados (por ejemplo, entre vidrio y plástico).

El hecho de que los cuerpos neutros se electricen al frotarlos sugiere que hay algo que se manifiesta después de frotar, algo que se añade o se quita al objeto..." (pág. 110).

Como vemos, en este caso los hechos han sido seleccionados de manera estratégica para que puedan tener sentido en el marco de un modelo que va emergiendo lentamente a lo largo del aprendizaje, gracias también a los propios hechos seleccionados; pero (tal como ha de ser en la escuela) el modelo emerge de manera sumamente mediada por el libro (que asume, en este caso, la función del profesor).

Los actos de habla en las narrativas basadas en la didáctica del método científico

En este caso los hechos de habla quedan en suspenso: interpretad, construid, revisad, sugerid... y se podrían resumir en "comprended". En rigor, es el lector el que los ha de construir y los autores del libro son

coherentes en su propósito. Sin embargo, el libro contiene también actos de habla: consigue "modelizar" algunas situaciones experimentales de manera muy acertada, aunque no sea según el método científico sino según un método genuinamente didáctico y totalmente retórico.

Los resultados de la lectura de los textos de ciencias

Para que el análisis que se ha realizado sea realmente útil es imprescindible comprobar cuál es realmente el resultado de la lectura en los lectores: ¿ha transformado las ideas del lector tal como el autor esperaba? ¿qué es ahora capaz de hacer este lector, cómo puede utilizar el conocimiento del mundo que ha adquirido gracias a la lectura?

Aunque contestar a estas preguntas es el propósito de parte de la investigación que realizamos actualmente, solamente disponemos de datos referentes a la lectura de los textos más comunes en las clases: los apodícticos; y podemos avanzar que los textos apodícticos no sólo no sirven para aplicar la ciencia a la interpretación de los fenómenos cotidianos sino que son probablemente responsables de lo que, en estos momentos, puede considerarse el obstáculo principal que dificulta el diseño de actividades docentes adecuadas a un aprendizaje significativo de la ciencia: la confusión entre la ciencia y el libro de ciencias.

Respecto a los nuevos libros constructivistas, su éxito depende de que los alumnos lleguen

a utilizarlos para actuar, pues para esto se han escrito. Creemos que hace falta además escribir libros de divulgación que hagan "vivir" la ciencia como, por ejemplo, los del proyecto Solaris (Vic: EUMO), dedicado a novelas cortas en las cuales la trama incluye un concepto científico. Éstos deberían complementar los que ofrezcan buenas orientaciones para "actuar" en clase, que deberían centrarse en pocos "hechos" y en pocos "modelos" para poder desarrollar a fondo la conexión entre los hechos y los modelos.

Creemos que la principal aportación del artículo es mostrar la importancia "literaria" del texto de ciencias, y con ello desmitificarlo como "verdad sobre el mundo" que lo hace casi intocable y que lo identifica con la propia ciencia. Se han identificado narrativas (las "cosas que pasan" de las que hablan los libros de ciencias) que tienen una finalidad retórica porque generan convincentemente un mundo apropiado a las entidades científicas introducidas por el texto. Se ha mostrado que, en todas las narrativas, algo queda explicado: unas veces es el mundo real, pero otras son sólo las entidades científicas y las fórmulas que las representan. Las diferentes narrativas se han caracterizado según dos dimensiones principales: la comunicabilidad y la facticidad, sin que esto signifique una valoración de las mismas.

Creemos, con ello, haber contribuido al análisis de los aspectos pragmáticos de los textos, complementando así las aportaciones

de estudios sobre los textos de ciencias y su interpretación (Otero, 1989, 1990; Brincones y Otero, 1994; Otero y Campanario, 1990), identificando lo que le falta al libro de ciencias para llegar a ser significativo para los alumnos: se ocupan de los hechos y, sin decirlo, de las teorías, pero olvidan las acciones.

Volvemos así al punto esencial que planteábamos al inicio: la enseñanza significativa requiere coherencia entre el conocimiento (las teorías), las acciones (los experimentos)

y el lenguaje (lo que se dice, lo que se lee y lo que se escribe).

El estudio realizado sirve para ver la enorme riqueza de la literatura científica, los muchos matices que pueden adquirir las narraciones que una mirada más superficial considera descripciones. Las ciencias se enseñan a partir de textos, fundamentalmente, y como los textos son una producción literaria de un autor concreto, podrían ser muy diferentes a como son y continuar siendo igualmente científicos.

Bibliografía

- AUSTIN, J. I. (1982). *Cómo hacer cosas con las palabras*. Barcelona: Paidós.
- BRINCONES, I., OTERO, J. (1994). Student's Conceptions of the Top-Level Structure of Physics texts. *Science Education*, 78, 171-183.
- CALSAMIGLIA, E., TUSÓN, A. (1999). *Las cosas del decir*. Barcelona: Ariel.
- HANNAWAY, O. (1975). *The Chemist and the word*. Baltimore and London: Hopkins University Press.
- IZQUIERDO, M. (2000). Three Rhetorical Constructions of the Chemistry of Water. En A. Lundgren y B. Bansaude-Vincent (eds.). *Communicating Chemistry* (págs. 255-272). Canton: Watson International.
- IZQUIERDO, M. (1997). La narración del mundo en los textos de ciencias. En Mari A. Lires y Mariés P. Mariño (eds.). *O ensino da Química* (págs. 143-170). Vigo: Servicio de Publicaciones Universidade de Vigo.
- IZQUIERDO, M., RIVERA, L. (1997). La estructura y la comprensión de los libros de ciencias. *Alambique*, 11, 87-91.
- OGBORN, J., KRESS, G., Y MARTINS, I. (1996). *Explaining Science in the classroom*. Londres: Open University Press.
- OTERO, J. (1989). La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 223-228.
- OTERO, J. (1990). Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 17-22.

- OTERO, J. y CAMPANARIO, J. M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *J. Research in Science Teaching*, 27, 447-460.
- POTTER, J. (1996). *Representing Reality*. London: Sage.
- ROBERTS, L. (1993). Setting the Table: the disciplinary development of eighteenth-century Chemistry as read through the changing structure of the tables. En Peter Dear (ed.). *The Literary Structure of Scientific Argument*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- SEARLE, J. R. (1986). ¿Qué es un acto de habla? En L. Valdés Villanueva (ed.), *La búsqueda del significado* (págs. 431-448). Madrid: Tecnos/Universidad de Murcia.

Textos analizados

- CID GONZÁLEZ y OTROS (1996). *Ciencias da Natureza 1 ESO*. Vigo: Xerais.
- GALINDO, A. y OTROS (1996). *Física y Química, 1 Bachillerato*. Madrid: Mac Graw Hill.
- HILL, G. (1995). *Chemistry Counts*. Hodder Et Stoughton: London.
- MARTÍNEZ TORREGROSA y OTROS (1997). *La estructura de todas las cosas* (Proyecto: Investigar y comprender la naturaleza). Aguaclara: Alicante.
- NEWTON, I. (1727). *Óptica*. Madrid: Alfaguara.

Resumen

En este artículo se analizan las "estructuras retóricas" de los textos de ciencias, es decir, aquellas características de los textos gracias a las cuales se genera una determinada manera de presentar los fenómenos del mundo con la finalidad de que la explicación que se ofrece resulte apropiada y convincente para el alumnado. El propósito es mostrar los aspectos retóricos de los textos para saber cómo gestionarlos en clase. Se identifican diferentes "narrativas", es decir, diferentes maneras de presentar el mundo real, en textos escolares y en textos históricos: la de "duda retórica", la "magistral" o la "apodíctica". Se finaliza con un análisis de las estructuras retóricas en los libros de texto de ciencias que se acomodan a las nuevas orientaciones didácticas.

Abstract

This article examines rhetorical structures of science texts. These are text characteristics used to present world phenomena in a certain way, so that explanations are convincing and appropriate for students. The purpose of this work is to show rhetorical characteristics of texts to know how to use them in the classroom. Several "stories" are identified. Stories correspond to different ways to present the real world in school science texts and historical science texts. Several of these stories are identified: "rhetorical doubt", "magisterial", or "apodictical". Finally, rhetorical structures are examined in science textbooks written according to new science education trends.

Mercè Izquierdo

*Departament de Didàctica de la Matemàtica
y de les Ciències Experimentals
Edifici G
Universitat Autònoma de Barcelona
08193 Bellaterra, Barcelona*

La argumentación en los libros de texto de ciencias

M^a Pilar Jiménez Aleixandre
Víctor Álvarez Pérez
Juan M. Lago Lestón

Las perspectivas sobre el aprendizaje de las ciencias que se han ido configurando durante los últimos años dibujan una panorámica compleja en la que hay que atender a diferentes cuestiones y problemas que interactúan en el aprendizaje. Hoy día se contemplan como objetivos de la enseñanza de las ciencias, además de la construcción de modelos sobre el mundo físico y natural, otros como el desarrollo de competencias comunicativas, por ejemplo la capacidad de razonar o argumentar en cuestiones de ciencias. En otras palabras, para poder construir estos modelos explicativos y operar con ellos es necesario, no sólo aprender significativamente los conceptos implicados, sino también ser capaz de escoger el mejor modelo entre distintas opciones, así como justificar los criterios que conducen a esa elección. Esta ampliación de objetivos persigue además de aprender el "qué" de las ciencias, participar en su forma de trabajar, en sus métodos, en su forma de enfrentarse a los problemas. Esto se puede expresar de otra forma diciendo que el alumnado debe apropiarse del lenguaje

El aprendizaje de las ciencias debe incluir como objetivo el desarrollo de la capacidad de argumentación.

científico, entendido en sentido amplio. En este trabajo se discute un aspecto específico del razonamiento científico: la argumentación. En el primer apartado se resumen algunos de los significados con los que se utiliza el término argumentación; en el segundo se presenta brevemente el proyecto RODA sobre la argumentación en las clases de ciencias y los instrumentos utilizados en el análisis; a continuación, se discuten ejemplos de resultados del análisis de argumentación en textos en Física y Medio Ambiente, y se finaliza con algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias.

El aprendizaje de las ciencias y la argumentación

El aprendizaje de las ciencias es una cuestión compleja que depende de interacciones entre múltiples componentes, por ejemplo la persona que aprende, el contenido que se debe aprender o el contexto de la tarea. El aprendizaje de las ciencias incluye también aspectos relacionados con la forma de resolver problemas que es característica de la ciencia, con la articulación entre datos y pruebas por un lado, y conclusiones o interpretaciones por otro. Tener en cuenta la capacidad de argumentación entre los objetivos de la enseñanza de las ciencias significa varias cosas. En primer lugar se debe reconocer la contribución de las prácticas o procesos discursivos en la construcción del conocimiento científico.

Por discurso se entiende aquí el sistema de comunicación en una comunidad o contexto determinado, sea un laboratorio científico, sea el aula, y los significados que se comparten entre los participantes en esa comunidad, sobre todo por medio del lenguaje oral o escrito, pero también por medio de gestos, dibujos, gráficos u otros modos de comunicación. Aunque la construcción del conocimiento científico se identifica comúnmente con la realización de experimentos en un contexto de laboratorio, hacer ciencia no es sólo realizar experimentos, sino también proponer y discutir ideas, evaluar diferentes alternativas y elegir entre distintas explicaciones. Por ejemplo, un artículo que ha tenido gran relevancia en la Biología del siglo XX, la propuesta de un modelo tridimensional (doble hélice) para la estructura del ADN (Watson y Crick, 1953), está basado en datos de otros investigadores, Chargaff, Franklin, Wilkins, y no en un informe sobre experimentación.

En segundo lugar se debe ampliar la forma de entender el aprendizaje de las ciencias, que comprende no sólo la exploración, sino también justificar las explicaciones teóricas en relación con los datos o pruebas (Khun, 1993), es decir, analizar las hipótesis y conclusiones en conexión con las comprobaciones experimentales (Jiménez, 1998). Esto supone poner de manifiesto en las clases de ciencias que la elección entre modelos explicativos, o soluciones a un problema, está basada en los datos disponibles. Aunque

esto puede parecer obvio para el profesorado, no siempre lo es para el alumnado que, según nuestra experiencia, encuentra grandes dificultades en distinguir qué datos apoyan o contradicen determinado enunciado.

Y por último, tener en cuenta la capacidad de argumentación implica proponer como objetivo la participación de las y los estudiantes en el discurso de las ciencias, en el lenguaje de la comunidad científica, utilizando léxico, símbolos y metáforas, lo cual constituye todo un sistema de recursos para crear significados. Esto supone tener en cuenta en clase los aspectos relacionados con la comunicación, tan relevantes en la comunidad científica.

Driver, Newton y Osborne (2000) han realizado una revisión de distintos significados de los términos "argumento" y "argumentación", partiendo de la idea de argumentar como práctica humana, individual o social, como forma en que razonan las personas en situaciones reales (incluyendo la producción del conocimiento científico) frente al razonamiento lógico, a reglas abstractas para llegar a inferencias correctas. Driver *et al* (2000) distinguen entre argumentos retóricos y dialógicos. Los primeros serían razones para convencer a alguien, como ocurre en clase cuando se presenta una interpretación científica. Los argumentos dialógicos son aquellos en los que se someten a examen diferentes alternativas y proporcionan mejores oportunidades

para que las y los estudiantes elaboren sus propios argumentos. Por otro lado, cabe distinguir entre argumentos racionales y persuasivos: en el primer caso, se entiende la argumentación como la búsqueda de una resolución racional a un problema, mientras que en el segundo se pone el acento en lograr la aprobación o consenso por parte de una audiencia o grupo. La posición de Driver *et al* (2000) en cuanto a la racionalidad es reconocer que todos los argumentos o enunciados están situados, es decir influidos por una cultura, época o ideología determinadas. Esto no significa que sean totalmente relativos, ya que existen métodos y criterios para comparar enunciados alternativos y elegir el mejor (Jiménez, 1996).

Podemos decir que promover la capacidad de argumentación es un objetivo de carácter epistémico, más relacionado con la construcción del conocimiento científico que con el contenido, aunque no se puede olvidar que para poder participar en la construcción de la ciencia es preciso manejar conceptos y teorías. Los argumentos que nos interesan son únicamente los sustantivos (Toulmin, 1958), es decir, aquellos en los que es necesario un conocimiento del contenido. En la construcción de modelos explicativos ambos elementos, conceptos y justificaciones (razones que llevan a escoger uno u otro) son necesarios y están estrechamente relacionados: por ejemplo, al atribuir el origen de las montañas a los movimientos de las placas o tectónica global estamos

utilizando por una parte, conceptos geológicos y físicos, y por otra, razones que llevan a desechar otras teorías anteriores como la de la contracción terrestre. Algunas investigaciones educativas prestan mayor atención a los conceptos y otras al proceso de justificación. En nuestro caso hemos prestado especial atención a un aspecto de la argumentación que es la forma de justificar los enunciados teóricos en relación con los datos y el conocimiento de referencia.

Nuestra propuesta de que el aprendizaje de las ciencias debe incluir situaciones en las que haya que optar entre diferentes explicaciones, hipótesis, modelos o soluciones a un problema está fundamentada, desde el punto de vista filosófico entre otros, en los trabajos de Toulmin (1958, 1977) y en la perspectiva cognitiva de Giere (1988). Toulmin analiza el proceso de selección intelectual que lleva a la sustitución de un concepto por otro. Giere considera el razonamiento científico más como un proceso de toma de decisiones, de elección entre diferentes teorías alternativas, que como procesos de inferencia. En su opinión la inferencia ha sido contemplada de forma sesgada como la dimensión más importante del razonamiento científico. Duschl (1997) desarrolla ejemplos de aplicación del proceso de elección entre teorías alternativas propuesto por Giere, a diferentes casos de teorías científicas desarrolladas a lo largo de la historia como la tectónica global, la teoría de la evolución, la teoría atómica y la mecánica newtoniana. Un

aspecto importante en la opción por una determinada explicación son los criterios que llevan a ella. A este respecto, consideramos que no es adecuado trasladar a las clases de ciencias las posiciones del relativismo radical, que niegan la existencia de criterios racionales para enjuiciar las teorías científicas. La existencia de criterios racionales es lo que nos permite delimitar la ciencia de las creencias pseudocientíficas (Jiménez, 1996) y promover que el alumnado haga suya esta distinción. Éste es un asunto más actual que lo que pueda parecer a primera vista en un momento en que más del 50% de los estudiantes universitarios consideran científica la astrología. Otra cuestión diferente es que en la elección entre teorías, a lo largo de la historia de la ciencia, hayan influido otros criterios además de los racionales, ya que la ciencia es también una construcción social.

La perspectiva de la construcción social de la ciencia es la que ha guiado estudios sociológicos de la actividad científica como el de Latour y Woolgar (1995) que analizan la actividad científica en un laboratorio de Biología, caracterizando esta práctica como un intento de poner orden en un conjunto desordenado de observaciones. Entre las operaciones encaminadas a crear orden, como el registro de datos o la escritura, nos interesa para la argumentación la construcción y destrucción de hechos científicos en las discusiones, o la forma en que un enunciado que comienza siendo hipotético pasa a no ser puesto en duda (o a ser descartado).

El análisis de las clases de ciencias pone de manifiesto que los estudiantes también realizan algunas de estas operaciones, por ejemplo construir hechos y datos, o modificar el estatus de los enunciados, al resolver problemas (Jiménez, Duschl y Díaz, 1998). La clase de ciencias también puede ser contemplada como una comunidad donde se produce y se usa el conocimiento, y en ella los textos científicos son una de las fuentes de datos y de autoridad.

Tomar decisiones sobre los datos, discutir qué pautas aparecen en ellos, justificar una decisión, proponer una explicación, es tomar parte en el discurso de las ciencias, en la construcción de significados en ellas, participar activamente en su sistema de comunicación (no sólo como receptores pasivos), se haga en un laboratorio de investigación o –a otra escala– en el aula. Lemke (1997) ha acuñado la expresión "hablar ciencias" para distinguir entre las situaciones de clase en las que los estudiantes toman parte activa en la construcción de significados y aquéllas, que denomina diálogo triádico (pregunta del docente –respuesta de los estudiantes– evaluación del docente) en las que no "hablan ciencias", por ejemplo cuando resuelven tareas estereotipadas a las que responden según lo que creen que se espera de ellos. Para este autor "hablar ciencias" es distinto de hablar "sobre" ciencias ya que significa participar en la construcción de las ciencias por medio del lenguaje (entendido en sentido amplio, es decir verbal, gestual, simbólico, gráfico),

y pone como ejemplos de ello actividades como describir un objeto o fenómeno, comparar explicaciones o datos, discutir sobre un experimento, justificar una opción, comunicar a otras personas una decisión o unos resultados, escribir informes de laboratorio.

Argumentación en las aulas de secundaria: el proyecto RODA

En esta perspectiva, en el proyecto RODA (Razonamiento, Discusión y Argumentación) llevado a cabo en la Universidad de Santiago de Compostela, nos interesamos por el razonamiento y la argumentación en el discurso de las clases de ciencias, en particular en la enseñanza secundaria. Durante los años ochenta y noventa gran parte de la investigación educativa en didáctica de las ciencias ha prestado atención sobre todo a las interpretaciones del alumnado, a sus modelos sobre el mundo físico y natural. Estos estudios han proporcionado muchos datos de interés y han transformado nuestra visión del aprendizaje de las ciencias. Sin embargo, en la actualidad creemos necesario tomar otra perspectiva: analizar situaciones reales de clase, las actividades llevadas a cabo por las y los estudiantes, y en particular los procesos de razonamiento y argumentación. En concreto, el problema que estudiamos es la forma en que relacionan las y los estudiantes los datos con las conclusiones, y la forma en que justifican sus enunciados o sus acciones.

Los métodos utilizados para estos propósitos incluyen la grabación en audio y vídeo de clases de ciencias, en el aula y en el laboratorio, con especial atención a las situaciones en que los estudiantes resuelven problemas y discuten en pequeños grupos. También se analizan sus producciones: informes, cuadernos de laboratorio y carpetas ("portfolios") que recogen todas las tareas realizadas durante una unidad didáctica. Estos análisis que se discuten en otros trabajos (por ejemplo, Jiménez, Bugallo y Duschl, 2000; Reigosa y Jiménez, 2000).

Los resultados nos indicaron que en la mayor parte de las clases de ciencias convencionales, apenas hay razonamiento o argumentación por parte del alumnado. Creemos que esta ausencia tiene relación con los fines de la instrucción planteados por el diseño curricular, con los materiales y con los profesores o profesoras. Si el desarrollo de las capacidades de razonar y argumentar no se tienen en cuenta entre los objetivos, no es de esperar que se diseñen tareas encaminadas a ello. Hay, sin embargo, ambientes de aprendizaje que favorecen la discusión y el razonamiento, como es la resolución por parte del alumnado de problemas contextualizados, es decir problemas "auténticos" (Jiménez, 1998).

Teniendo en cuenta la importancia de los libros de texto en la instrucción y su influencia en el aprendizaje del alumnado, una de las cuestiones que cabe preguntarse

es si los propios textos de ciencias relacionan explícitamente las teorías y los datos, si en ellos se emplean estrategias de razonamiento similares a las que deseáramos que empleasen los estudiantes, o qué pautas de argumentación siguen. Puesto que los libros de texto son el material curricular utilizado por la casi totalidad del profesorado, es interesante analizar la argumentación existente en los mismos. En este trabajo se presentan resultados del análisis de argumentaciones en algunos libros de texto.

A continuación se discute el modelo de Toulmin empleado en el análisis, tanto para el discurso del alumnado como para los textos. Los problemas estudiados y su contexto disciplinar se presentan en un apartado posterior.

El modelo de argumentación de Toulmin

Stephen Toulmin se ha interesado tanto por el uso colectivo de conceptos, como por la forma de argumentar de los seres humanos y la relación de estos dos aspectos con el lenguaje. En cuanto al desarrollo conceptual ha propuesto una teoría que pretende explicar no sólo el cambio conceptual, sino también la continuidad o estabilidad de las ideas a lo largo de la historia de la ciencia (Toulmin, 1977). Lo hace de forma análoga a la teoría darwinista que explica no sólo el cambio de las especies, sino también su continuidad. Igual que en

el modelo darwinista la selección natural opera sobre una variedad de caracteres dentro de una especie, la selección intelectual opera sobre una variedad de conceptos (de los que unos sobreviven y otros desaparecen). Toulmin (1977) pone el acento en la dimensión colectiva de los conceptos, subrayando que:

"... cada uno de nosotros piensa sus propios pensamientos, pero los conceptos los compartimos con nuestros semejantes. En efecto, de lo que creemos somos responsables como individuos; pero el lenguaje en que se articulan nuestras creencias es propiedad pública" (pág. 49).

Analiza las complejas interacciones entre ideas o conceptos, pruebas empíricas y autoridad intelectual, en lo que denomina ecología intelectual o ecología conceptual, concepto que ha sido utilizado en didáctica de ciencias, tanto en los estudios sobre cambio conceptual, como en el análisis del discurso del alumnado. La elección colectiva por la comunidad científica de un concepto o teoría, o la sustitución de un modelo por otro, se explica, más que por la lógica formal, por la interrelación entre los objetivos intelectuales de una disciplina o campo dado, los problemas que pretende resolver y la aplicación de los elementos de juicio o criterios de elección. Es decir, hay un razonamiento lógico, pero no sigue los mismos criterios que la lógica formal, algo semejante a lo que propone en su modelo de argumentación.

En su libro *The uses of Argument* Toulmin (1958) propone un modelo de argumentación como un proceso racional más conectado con la práctica que con la teoría lógica, estableciendo una analogía con la jurisprudencia, la decisión entre argumentos de distintas partes. Este modelo es el que hemos utilizado como herramienta de análisis de la argumentación.

Toulmin propone seis componentes de los argumentos, de los cuales los tres primeros son considerados básicos. A continuación se presentan en una traducción que no es siempre literal, ya que hemos modificado algunos aspectos y añadido categorías nuevas siguiendo a Kelly, Drucker y Chen (1998):

- a) *Datos* o "hechos" a los que se apela como base para la conclusión: en ellos distinguimos entre datos suministrados (por una fuente externa, como un texto) y datos obtenidos por la persona que argumenta. Dentro de éstos últimos se distingue entre datos empíricos, por ejemplo los que proceden de una experiencia en el laboratorio, y datos hipotéticos. Por ejemplo, cuando se trataba de explicar por qué los pollitos en las granjas son amarillos y no moteados como los de las especies de vida libre, en un estudio de Jiménez *et al* (2000), un dato suministrado podría ser "Los pollitos de gallina criados en granjas son amarillos o pálidos".
- b) *Conclusiones*, enunciados cuya validez se pretende establecer. Los enunciados que cuestionan la validez de otros se han

denominado, siguiendo a Pontecorvo y Girardet (1993), oposición. Por ejemplo, en el estudio de Jiménez *et al* (2000) mencionado anteriormente, la oposición de una alumna a un enunciado que atribuía el origen del color de los pollitos a la comida de la granja fue "Pues no (es la comida)", seguido de la justificación que se reproduce a continuación.

- c) *Justificaciones*, enunciados que justifican la conexión entre los datos y las conclusiones. En nuestra opinión son un componente clave, que permite evaluar la calidad de la argumentación. Así, en el ejemplo anterior la justificación de la oposición fue anterior "porque tú, aunque comas mucha lechuga, la cara no se te pone verde".
- d) *Conocimiento* básico, de carácter teórico que ejerce como respaldo (así lo denomina Toulmin) de la justificación. Puede proceder de distintas fuentes: docente, libro, guión o elaboración propia. En los argumentos sobre cuestiones de ciencias, la conclusión y la justificación deben ser coherentes con el marco disciplinar de referencia. Continuando con el ejemplo de los pollitos, frente a un enunciado que suponía herencia de caracteres adquiridos, una alumna indica "Eso sería si la teoría de Lamarck fuese cierta, pero como no es cierta...".

A estos cuatro componentes se agregan, en algunos casos:

- e) *Calificadores modales*: condiciones que regulan la hipótesis o conclusión. Por

ejemplo, se puede añadir el calificador "con el tiempo" al enunciado de que si se pone un pollito en una granja no se vuelve blanco: "pero con el tiempo sí que se vuelve".

- f) *Refutación*: condiciones en las que se descartaría la hipótesis o conclusión. En el debate anterior, frente a dos alumnas que se oponen a la atribución del color a la comida o al color del ambiente, ya que los humanos no se vuelven verdes por comer vegetales, otro alumno exclama: "¡Eso es comparar a los pollos con las personas!", indicando que no los considera comparables y que, por tanto, esa justificación no es aceptable.

Hay que tener en cuenta que estos componentes pueden ser explícitos, o haber algunos implícitos, como ocurre con frecuencia en las discusiones verbales. En la tabla 1 se resumen estos elementos, con ejemplos de los textos y del discurso del alumnado, y en la figura 1 se reproduce un ejemplo, discutido más adelante, en el formato del esquema en el que Toulmin representa sus relaciones.

Nos interesa tener en cuenta cómo consideran los alumnos o los textos cada uno de estos elementos y cómo los emplean, más que lo que son realmente de acuerdo con las definiciones proporcionadas. El análisis del discurso es un método de naturaleza interpretativa, y los debates sobre cómo interpretar fragmentos específicos del discurso en el aula, sobre si un enunciado

Tabla 1
Componentes del modelo de Toulmin (modificado de Kelly et al 1998).
Ejemplos del proyecto RODA, USC

Componente	Definición	Ejemplo
Dato	Hechos a los que se alude como base para la conclusión	
Dato suministrado DS	DS Origen en fuente externa	DS El 3% del agua terrestre es dulce y el 97% salada
Dato obtenido:		
- Dato empírico DE	DE Origen en experiencia	DE Todas las células (<i>de la muestra</i>) son iguales
- Dato hipotético DH	DH Origen en conocimiento	DH Un ecosistema tarda su tiempo (<i>en recuperarse</i>)
Conclusiones	C Enunciado cuya validez se quiere establecer	C El gas se condensará
Conclusión C		
Oposición O	O Enunciado que cuestiona la validez de otro	O Pues no (<i>es la comida</i>)
Justificación	Enunciado general que justifica la conexión entre datos y conclusiones	J Las moléculas de gas pierden energía y la distancia entre ellas será menor
J		
Conocimiento básico	Conocimiento de carácter teórico que respalda la justificación	B El movimiento es una característica permanente de las partículas. Hay relación directa entre la temperatura de una cantidad de materia y la energía cinética de sus partículas
B		
Calificador modal	Especifica condiciones para la hipótesis o conclusión	M Depende del número de integrantes de la familia (<i>el gasto de agua</i>)
M		
Refutación	Especifica condiciones para descartar la hipótesis o conclusión	R A menos que la variación de temperatura y presión sea insuficiente (<i>para licuar el gas</i>)
R		

puede considerarse dato o justificación (u otro elemento), nos llevan a establecer una distinción entre la *naturaleza* de los enunciados, es decir, lo que son desde el punto de vista ontológico y su *papel en el discurso*, o en un texto como elementos de la argumentación (Jiménez y Díaz, en 2003). Por ejemplo: cuando una alumna pregunta: "A ver, si tú te tiñes el pelo de amarillo, ¿tus hijos nacerán con el pelo amarillo?", o cuando otro dice que determinada muestra vista al microscopio es un vegetal porque se ve de color verde, lo que indica presencia de clorofila, el color verde de la muestra es un dato empírico, y la no transmisión del color teñido un dato hipotético. Desde el punto de vista ontológico son datos, mientras que se usan en el discurso como justificación que sustenta la conclusión: en un caso "el color de los pollos se debe a la herencia" y en otro "la muestra es de tejido vegetal". Creemos que esta distinción debe ser tenida en cuenta a la hora de realizar un análisis.

Análisis de la argumentación en textos: ejemplos de Física y Medio Ambiente

A continuación se presentan los resultados de un análisis de dos muestras de libros de textos de enseñanza secundaria. Nuestro punto de partida es que estos libros de textos se utilizan como el material curricular más generalizado en la enseñanza de las ciencias. En una instrucción que pretende la

integración entre la construcción de significados y la práctica de la ciencia sería deseable que el discurso en los libros de texto y el razonamiento guardase una semejanza estructural, desde el punto de vista de la argumentación, con el discurso argumentativo de la disciplina de referencia. Con esto no queremos obviar la transposición didáctica. Es evidente que un libro de texto de enseñanza secundaria presentará un discurso transformado, el léxico no será el mismo y la complejidad conceptual tampoco. Lo que sí sería de esperar es que las conclusiones se justificasen en base a los datos empíricos, y que se relacionasen con otros conocimientos básicos que constituyen su marco de referencia.

Por tanto, las preguntas que nos planteamos son: ¿qué estrategias de razonamiento emplean los libros de texto?, o bien, ¿qué pautas de argumentación aparecen en ellos? Este problema general se puede desglosar en tres específicos, relacionados con la existencia, cantidad y calidad de la argumentación, tomando como referencia el esquema de Toulmin:

- 1) ¿Existen fragmentos del texto que puedan considerarse argumentos? ¿Son implícitos o explícitos?
- 2) ¿Qué componentes de los argumentos aparecen en ellos?
- 3) ¿Está justificada la conclusión en cada argumento? ¿Sobre qué supuestos? ¿De qué tipo son las justificaciones?

Los ejemplos proceden del análisis realizado sobre dos series de libros que constituyen ejemplos diferentes en cuanto a las disciplinas implicadas y en cuanto a los argumentos de referencia. Se utilizaron libros de texto de Física de 1º de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), 2º de BUP, y COU, en los cuales se compara la estructura argumental con un argumento de referencia para el modelo de partículas, a partir de un texto universitario de Física. Se usaron también libros de texto de 1º y 2º de la ESO, en los que se analizó la argumentación en el tema del agua. El análisis emplea en los dos casos el esquema de Toulmin, con algunas diferencias que se discuten a continuación para cada uno de ellos.

Argumentos sobre el modelo de partículas

Se analizan las pautas de argumentación sobre los cambios de estado de la materia; al tratarse de un fenómeno específico al que no se presta la misma atención en todos los textos, se ha analizado también el modelo de materia empleado y, en algunos casos, su utilización para explicar los conceptos de temperatura y calor. La muestra comprende siete textos escogidos entre los de editoriales de más amplia difusión: tres de Ciencias de la Naturaleza de 1º de ESO, dos de Física y Química de 2º de BUP, uno de Física de COU y un texto universitario de Física. Las referencias de los textos figuran al final de este trabajo.

Para analizar la argumentación en los textos se construyó, siguiendo a De Vos y Verdonk (1996), un argumento de referencia que representa el modelo de los expertos que podría utilizarse en la ciencia escolar. En la figura 1 se representa este argumento en el formato de Toulmin y una versión abreviada se da a continuación:

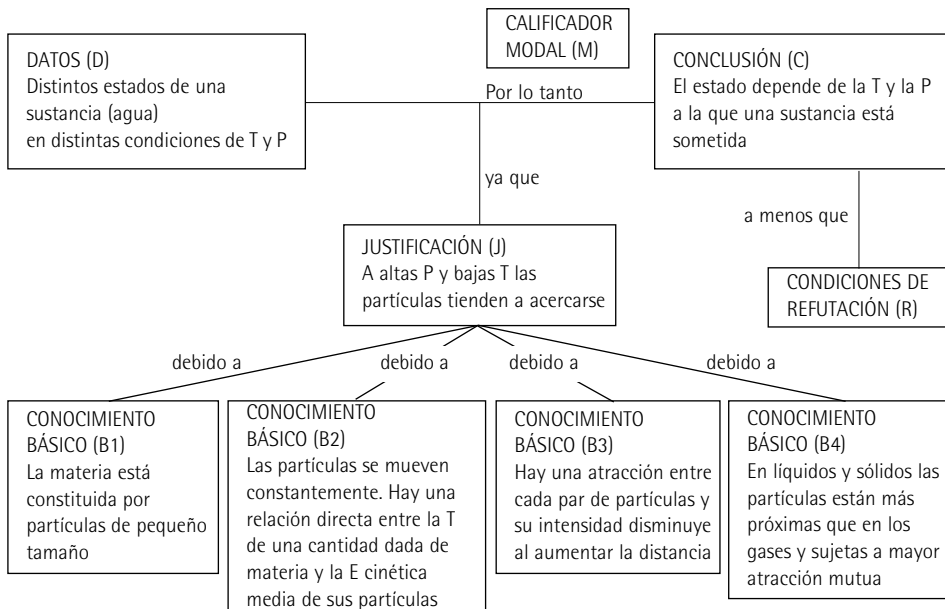
- a) *Datos*: distintos estados de una sustancia (por ejemplo, agua) en distintas condiciones de temperatura y presión.
- b) *Conclusión*: el estado depende de la temperatura y la presión a las que una sustancia está sometida (por ejemplo, el gas se condensará, es decir pasará a la fase líquida).
- c) *Justificación*: a altas presiones y bajas temperaturas las partículas tienden a acercarse como en los líquidos y los sólidos.
- d) *Conocimiento básico*: a) La materia está constituida por entidades denominadas partículas, de tamaño muy pequeño. b) El movimiento es una característica permanente de las partículas. Hay una relación directa entre la temperatura de una cierta cantidad de materia y la energía cinética media de sus partículas. c) Existe una atracción mutua entre dos partículas cualesquiera, y su intensidad disminuye al aumentar la distancia. En un gas la atracción entre partículas es despreciable, excepto a altas presiones y bajas temperaturas. d) En los líquidos

y sólidos las partículas están mucho más próximas y sujetas a mayor atracción mutua. En los sólidos las partículas se disponen siguiendo patrones regulares. En los líquidos se disponen irregularmente.

En este argumento los datos son empíricos, observacionales, y proceden de lo que podemos llamar el mundo real, por ejemplo que el agua se encuentra en tres fases o estados. La justificación, en este argumento, tienen carácter teórico, pero sustentadas en comprobaciones experimentales muy conocidas y repetidas, por lo que no se alude a ellas.

Para el análisis de los textos de la muestra, utilizando la herramienta de Toulmin, se han categorizado los componentes, teniendo en cuenta que, para que pueda hablarse de la existencia de un razonamiento argumentado, deben estar presentes al menos datos, conclusiones y justificaciones. La existencia de los otros elementos tiene que ver con la riqueza y complejidad de la argumentación; un razonamiento será más complejo y de mayor calidad cuanto mayor sea la variedad y el número de los elementos que lo conforman. Por ejemplo, puede aparecer más de una justificación en un argumento, respaldada o no por su correspondiente conocimiento básico.

Figura 1
Cambios de estado: argumento de referencia



Se seleccionaron en cada libro los capítulos en que se hace referencia a los cambios de estado, y en ellos, los fragmentos de texto en que se presenta el modelo utilizado, y las explicaciones sobre cambios de estado de agregación, calor y temperatura. Se analizaron para identificar qué partes se corresponden con cada uno de los componentes de Toulmin, con los resultados que aparecen en la tabla 2, donde cada texto está identificado con abreviaturas T1 a T7 que corresponden a las de la lista al final de este trabajo.

La primera conclusión, como se aprecia en la tabla, es que no hay ningún argumento explícito en los fragmentos analizados. La identificación de los distintos argumentos y componentes no es inmediata, ya que (al menos en los textos estudiados) la estructuración de los razonamientos no

es lineal. El número de componentes en la mayoría de los argumentos (31 de 34) es de tres o cuatro: datos, conclusión y justificación, apareciendo más de una justificación sólo en dos casos. En 13 de los 34 argumentos no figura el conocimiento básico.

El análisis se ilustra mediante el siguiente ejemplo, referido a los factores que condicionan el estado de una sustancia (Texto 4: Escudero, 1991, Física y Química 2º de BUP, ed. Santillana). En este texto aparece el mayor número de argumentos (11) y componentes, y es el único en el que hay más de una justificación o conocimiento básico en algunos argumentos:

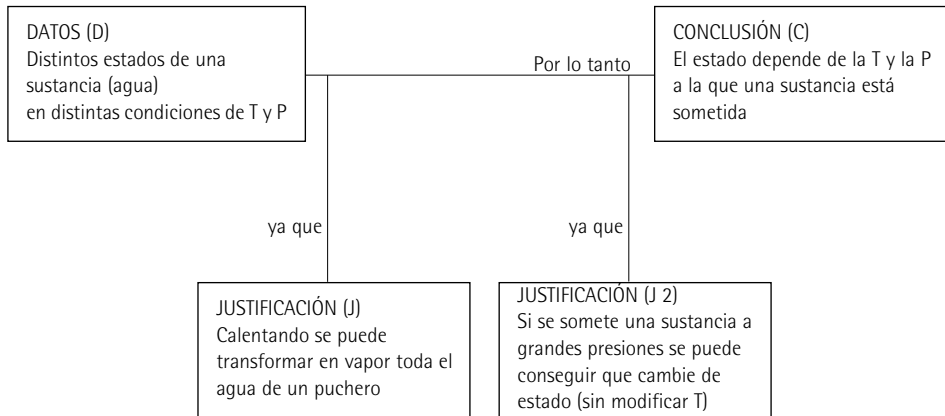
¿De qué factores depende el que una sustancia se encuentre en un estado físico determinado?

Tabla 2
Argumentos y componentes en los textos de Física analizados. N=7

Nº argumentos implícitos arg. (texto)	Componentes por argumento	Justificaciones por argumento	C. básicos por argumento
-11 (T4)	-6 (2 arg, T4)	-1 (2 arg, T4)	-2 (2 arg, T4)
-9 (T3)	-5 (1 arg, T7)	-1 (31 arg, todos)	-1 (19 arg, todos)
-6 (T1)	-4 (17 arg T1, T3, T4, T5, T6, T7)	-0 (1 arg, T1)	-0 (13 arg, T1, T3, T4, T5)
-5 (T5)			
-2 (T7)	-3 (14 arg, T1, T3, T4, T5)		
-1 (T6)			
-0 (T2)			
Nº argumentos: 34	Nº argumentos: 34	Nº argumentos: 34	Nº argumentos: 34

Figura 2

Cambios de estado: argumento en texto 4



- En primer lugar depende, evidentemente, del *tipo de sustancia* que estamos considerando.
- También depende de la *temperatura*: calentando se puede transformar en vapor toda el agua de un puchero y, enfriando, esa misma agua se puede transformar en hielo.
- La *presión* es el tercer factor a tener en cuenta. Si se somete una sustancia a grandes presiones, se puede conseguir que cambie de estado, aunque no se modifique la temperatura. (...)

"El estado físico en que se encuentra una cierta sustancia depende de la temperatura y de la presión a las que dicha sustancia se encuentra sometida. Modificando uno de estos factores, o los dos, es posible conseguir que la sustancia cambie de estado" (Escudero, 1991).

En la figura 2 se ha representado este fragmento en forma de esquema de Toulmin. Comparando el esquema con el texto, puede decirse que los componentes del argumento no son fácilmente identificables. Por ejemplo la identificación de la conclusión (*El estado físico en que se encuentra una sustancia...*) puede no ser inmediata para el alumnado. También cabe destacar que no se alude la justificación teórica (que aparece en el argumento de referencia), sino a comprobaciones empíricas, apelando a la experiencia del alumnado (*calentando se puede transformar en vapor toda el agua de un puchero...*). Tampoco se apela al respaldo en el conocimiento básico, por ejemplo, no se mencionan propiedades de las partículas que constituyen la materia. Es un argumento poco complejo: con sólo tres tipos de componentes. Al no hacer referencia al modelo de partículas,

se limita a una descripción macroscópica del fenómeno de los cambios de estado en la que sólo se emplean las variables presión y temperatura. Todo esto, afecta a la calidad de la argumentación.

El número de argumentos encontrados en los apartados que tratan sobre los cambios de estado, calor y temperatura es muy variable incluso en textos pertenecientes al mismo nivel educativo. Por ejemplo de los dos textos de 1º de ESO (alumnos de 12-13 años), uno tiene 6 argumentos (T1) con 3 o 4 componentes y otro ninguno (T2); o los tres textos de 2º de BUP (equivalente a 4º de ESO, 15-16 años), presentan respectivamente 11 (T4), 9 (T3) y 5 (T5) argumentos. Algunos textos se limitan a señalar la existencia de los distintos estados de agregación de la materia, y a utilizar sus características para presentar el modelo de partículas, sin emplear ningún razonamiento argumentativo, es decir sin relacionar el modelo teórico con los datos empíricos o las justificaciones. Aunque se describen (a nivel macroscópico) los diferentes estados, no se discute ninguno de los modelos alternativos que los explicaban, por lo que no es posible poner de manifiesto el mayor poder explicativo del modelo de partículas. En los casos en que se explica (o se trata de explicar) el fenómeno analizado, no se hacen evidentes los distintos componentes del argumento y aparecen mezcladas justificaciones con respaldos. Al tratar de encontrar los fundamentos de una afirmación, el camino que lleva a ella,

las conclusiones pueden aparecer antes que los datos, mientras que las justificaciones y respaldos carecen, en algunos casos, de relación explícita con el resto del argumento. Un ejemplo de la falta de respaldo teórico de las conclusiones es que no todos los textos establecen la relación entre temperatura y energía cinética de las moléculas, y tampoco se menciona en todos la atracción entre partículas y su disminución al aumentar la distancia. Aunque las ilustraciones no son objeto de nuestro análisis, cabe señalar que en la mayoría de los casos no favorecen la comprensión del modelo, pues no ponen de manifiesto la poca relevancia de la forma y dimensiones de las partículas, ni tienen en cuenta la escala, por ejemplo en el caso de los gases en los que la distancia entre las partículas es mucho mayor que la representada.

Como se observa en la tabla 2 no se ha encontrado una tendencia hacia una mayor complejidad de los argumentos conforme aumenta el nivel académico, el texto que presenta mayor número de argumentos y más complejos es T4 de 2º de BUP, no el de COU o el manual universitario. Lo que sí aumenta con el nivel académico es el número de magnitudes y conceptos relacionados con el fenómeno, pero presentados en forma de conocimiento declarativo, de forma que no constituyen un argumento más complejo (con más justificaciones o respaldos), sino que serán utilizados en la resolución de problemas de carácter numérico. Por otra parte

en ninguno de los textos se menciona el razonamiento en ciencias, ni aparecen actividades con objeto de promover su utilización. En resumen, puede decirse que los argumentos sobre los que se basan implícitamente las explicaciones de estos textos, son bastante elementales: en los casos en que hay razonamientos, éstos suelen ser poco complejos en términos de calidad y cantidad de elementos. Por tanto, no parece que se conciba la enseñanza y aprendizaje de ciencias como un discurso argumentado en el sentido de explorar diferentes alternativas explicativas a un fenómeno, de aportar datos que justifiquen por qué se elige una explicación y se desecha otra, o de aplicar los modelos estudiados a la resolución cualitativa de situaciones nuevas.

Educación ambiental y recursos: el agua como recurso

La segunda muestra está constituida por 13 libros de texto de los dos primeros cursos de la ESO en los que se han analizado las unidades relacionadas con el agua. La elección de este tema se debe a un interés en explorar la forma en que los textos incorporan la Educación Ambiental como dimensión transversal. Durante la última década el interés por los temas ambientales ha aumentado, tanto entre la población en general como entre el alumnado, pero en muchas ocasiones este interés se plasma en contenidos superficiales sobre determinados problemas ambientales, bien porque reciben mayor atención de los

medios de comunicación, bien porque su menor complejidad facilita que sean comprendidos o abordados. En particular una gran proporción del alumnado sólo identifica "problemas ambientales" con situaciones de contaminación o alteraciones del entorno, como el vertido de lodos tóxicos en el entorno de Doñana, mientras que tienen más dificultades para identificar la gestión de recursos naturales, como el agua o el suelo, como cuestiones ambientales (Jiménez, Federico y Lima, 2001). Esta percepción simplificada aparece no sólo entre el alumnado de la enseñanza primaria y la enseñanza secundaria, sino también entre universitarios. Por ejemplo, cuando estos últimos son preguntados por los problemas ambientales que afectan al medio marino, mencionan con más frecuencia los vertidos o la contaminación debida a "fábricas" o "conserveras" que el agotamiento de los caladeros.

Para el análisis se ha escogido el agua, un recurso cuya gestión constituye un serio problema en todo el planeta. Una de las dificultades para comprender la importancia de ahorrar y depurar el agua tiene que ver, en el caso del alumnado en Galicia, con la climatología gallega y la frecuencia de lluvia. Ello que lleva a pensar que el agua es muy abundante y no precisa de ningún cuidado especial. Los problemas planteados se refieren tanto a los textos como a las actitudes del alumnado y la forma en que argumentan las justificaciones que emplean; pero aquí se presentan únicamente resultados del

análisis de textos. Los resultados del estudio de aula y los argumentos del alumnado aparecen en Lago (1998). Las cuestiones analizadas aquí son: ¿identifican los textos y el alumnado el agua como un recurso?, ¿se discute claramente esta necesidad de ahorro y cuidado?, ¿cómo se justifica esta necesidad?

La muestra estaba constituida por 13 textos de la ESO, 9 de 1º y 4 de 2º, 6 de los cuales son de 1996 y 7 de 1997. Se recogen la mayoría de los editados en gallego, incluyendo las editoriales con mayor implantación (las referencias figuran al final de este trabajo). En el análisis se utilizaron dos instrumentos. En primer lugar, una ficha de registro para explorar si los textos incluyen o no a ciertos temas y conceptos. En segundo lugar se identificaron los diferentes argumentos que aparecen en relación con el agua, y los componentes que presentan respecto al esquema de Toulmin, siendo esta segunda parte la que se discute aquí.

Para realizar el análisis se elaboró un argumento de referencia, correspondiente a lo que –en opinión de los investigadores– sería una argumentación sobre la necesidad de ahorrar agua adecuada al primer ciclo de la ESO. Hay que mencionar que no se puede entender de la misma forma un argumento de referencia en un tema ambiental y en uno de Física, como el analizado en el apartado anterior, que cuenta con un amplio consenso en la

comunidad científica. En cambio en las cuestiones ambientales puede haber perspectivas diferentes y varias soluciones a un mismo problema.

Los componentes del argumento de referencia se muestran en la primera columna de la tabla 3. La conclusión sería la que aparece en primer lugar: la conveniencia de ahorrar y mantener limpia el agua. Las justificaciones son varias, las más importantes son las que aparecen en la tabla: la necesidad de agua para la vida y la escasez de agua dulce disponible. Éstas, a su vez, pueden considerarse como conclusiones de otros argumentos, es decir se trataría de lo que Kelly *et al* (1998) denominan justificaciones subsecuentes. En la segunda columna de la tabla 3 se resume la presencia de esta conclusión y justificaciones en los textos analizados.

Ocho textos de los 9 de primer curso y uno de los de segundo hacen referencia a la necesidad de un uso racional del agua, que es la conclusión del argumento. La formulación de este enunciado varía: reducir su consumo, tener una actitud responsable hacia su uso, explotarla racionalmente, depurar, cuidar los acuíferos, etc. En todos los casos se trata de enunciados explícitos. En cuanto a las justificaciones, la necesidad del agua para la vida, aparece en los mismos ocho textos de primer curso, en dos de ellos de forma implícita. En cuanto a la escasez de agua dulce sólo un texto, L9, la menciona explícitamente y en cuatro

Tabla 3

Argumentos sobre el agua en textos del 1er ciclo de la ESO (Lago, 1998)

Argumento: componentes	Textos en los que aparece N1 = 9 de 1º, N2 = 4 de 2º
C: Hay que reducir el consumo de agua y mantener limpia	8 de 1º de ESO (todos excepto L2) 1 de 2º de ESO (L11) (todos explícitos)
J: El agua es indispensable para la vida	8 de 1º de ESO (todos excepto L2) (6 explícitos, L3 L4 L5 L6 L8 L9; 2 implícitos L1, L7)
J: El agua dulce disponible es escasa	5 de 1º de ESO (L1 L3 L6 L8 L9) (1 explícito, L9; 4 implícitos, L1 L3 L6 L8)

de ellos se trata de una justificación implícita. Por ejemplo dan las proporciones de agua dulce y salada pero sin enunciar explícitamente la escasez de agua dulce. En otras palabras, aparecen los datos, pero no la conclusión que se deduce de estos datos (conclusión que, como se indicaba más arriba, constituiría la justificación de ahorrar agua. Por ejemplo, en L5 (pág. 152) hay unos datos presentados en forma de tabla de los que podría deducirse la escasez de agua disponible para el consumo humano, pero esta conclusión no se hace explícita.

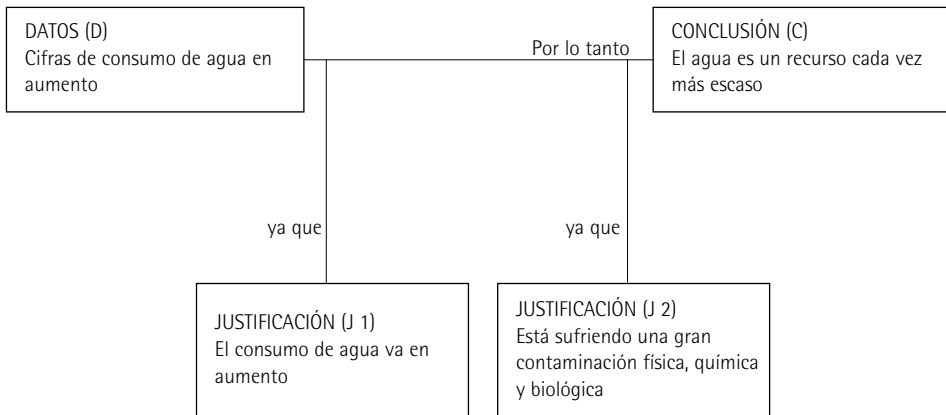
En la figura 3 se representa en formato de Toulmin un argumento que constituye una justificación subsecuente, la del único texto en que aparece explícitamente (L9, pág. 86). Los libros de texto hacen referencia a estas cuestiones, lo cual es positivo, aunque esto

no implica que presenten una estructura argumentativa, ya que en muchos casos los distintos componentes de un argumento se encuentran dispersos a lo largo de una unidad, no formando parte de un razonamiento coherente. Por ejemplo los conceptos de recurso natural y de recursos renovables y no renovables, que son parte del conocimiento básico en esta cuestión, no se tratan en ninguno de los libros de primer curso, aunque sí en dos de segundo curso (L11 y L13).

En resumen, puede decirse que la mayor parte de los textos analizados, sobre todo en primer curso, recomiendan un uso racional del agua, aunque no siempre lo justifican por una argumentación apropiada, sino que hay diferentes datos y afirmaciones a lo largo del texto que apoyan implícitamente esta recomendación. Es

Figura 3

Escasez de agua: argumento en texto L9 ed. Xerais, pág. 86



interesante combinar en un libro diferentes modos comunicativos: texto, figuras, gráficas, tablas u otros, pero hay que prestar atención a la integración de estos modos entre sí. A veces puede ser inadecuado esperar que sea el propio estudiante quien los integre, o quien utilice datos procedentes de uno de ellos para apoyar conclusiones formuladas por medio de otro.

Un ejemplo de argumentación en textos: el artículo de Watson y Crick

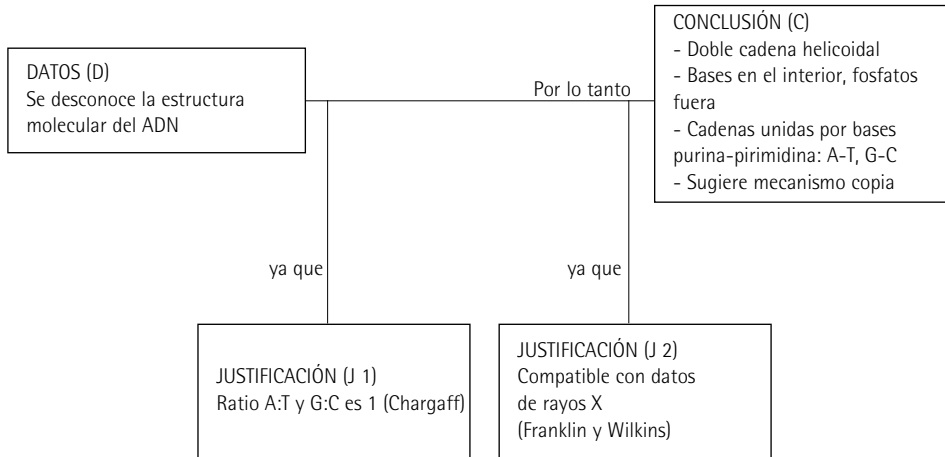
De los análisis anteriores podría deducirse que es difícil escribir un texto con estructura argumentativa. Para mostrar que es posible y que muchos artículos científicos contienen argumentos, se ha analizado el célebre artículo de Nature en el que Watson y Crick (1953) hacen una propuesta

para la estructura del ADN. Se han identificado las conclusiones de los autores, así como las justificaciones experimentales (de otros autores) en las que se sustentan. Este argumento se representa en formato de Toulmin en la figura 4.

Implicaciones didácticas: promover la argumentación

Las perspectivas de las reformas educativas en diferentes países parecen coincidir en que uno de los fines principales de la enseñanza de las ciencias en la etapa obligatoria es la alfabetización científica. Creemos que esta alfabetización equivale a la formación de ciudadanos responsables que posean capacidad crítica, es decir que puedan evaluar la información, que sean conscientes del impacto de las actuaciones propias y ajenas, y que sean capaces de mantener

Figura 4
Argumento en Watson y Crick, Nature 1953



opiniones argumentadas, por ejemplo a la hora de tomar decisiones. Estos fines deberían suponer modificaciones en la selección de contenidos y en la forma de tratarlos y, en nuestra opinión, incluir dentro de los contenidos de aprendizaje las competencias de comunicación, las destrezas de razonamiento y argumentación.

Existe una argumentación de carácter cotidiano que se emplea en diferentes situaciones de la vida diaria que nada tienen que ver con las ciencias; su fundamento está, por un lado, en la experiencia (que a veces se transfiere de un campo a otro sin relación con él) y por otro, en creencias, justificadas o no, transmitidas de una generación a otra, así como en prejuicios. Pero la argumentación a que nos

referimos tiene un carácter específico, pues está sustentada en datos y conocimiento básico de carácter científico y, por otra parte, es específica también la forma en la que se llega desde los datos hasta las conclusiones. Cuando en ciencias se enuncia que el agua es un recurso que debe mantenerse limpia, no es una mera opinión, sino una conclusión que puede justificarse mediante datos, enunciados o conceptos. Es importante que el alumnado distinga entre lo que son opiniones individuales y discutibles y conclusiones fundamentadas en datos empíricos y teorías, y que pueda llegar a apropiarse de los criterios que permiten valorar diferentes enunciados y escoger el que está más de acuerdo con los datos. Para conseguir estos objetivos, una herramienta fundamental es

el diseño curricular de ambientes de aprendizaje que promuevan la indagación, así como las estrategias del profesorado coherentes con este ambiente. Otra herramienta podrían ser los libros de texto y a este respecto, aun cuando se perciben los intentos por incorporar dimensiones como las cuestiones ambientales, no hay una atención a la estructura argumentativa. Creemos que es una dimensión que

debe tenerse en cuenta y que puede colaborar a un aprendizaje de las ciencias más completo.

Agradecimientos: los autores agradecen a la DGICYT la financiación del proyecto PB 98-0616 del que este trabajo forma parte. También a Isabel García Rodeja y Raquel Rial Sánchez su colaboración en el análisis de la argumentación en textos.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, V. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física de Secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.
- BERNAL M., ÁLVAREZ V., GARCÍA-RODEJA E. Y JIMÉNEZ BERNAL, M., ÁLVAREZ, V., GARCÍA-RODEJA, E. Y JIMÉNEZ, M. P. (1997). Destrezas argumentativas en Física: un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación. *Comunicación en el V Congreso Investigación en Didáctica de Ciencias*, Murcia, septiembre 1997.
- DE VOS, W., VERDONK, A. H. (1996). The particulate Nature of Matter in Science Education and in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 657-664.
- DRIVER, R., NEWTON, P., y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- DUSCHL, R. A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- GIERE, R. (1988). *Explaining Science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1996). *Dubidar para Aprender. Modelos de Ensino das Ciências e a sua fundamentación*. Vigo: Edicións Xerais.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16: 203-216.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., BUGALLO RODRÍGUEZ, A. y DUSCHL, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 359-370.

- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. y DUSCHL, R. A. (1998). Scientific culture and School culture: epistemic and procedural components. Paper presented at the Comunicación en NARST Annual Meeting. San Diego, CA.
- JIMÉNEZ, M. P., FEDERICO, M. y LIMA, G. (2001). *A conservación dos recursos naturais: avalaiación dos materiais ¿De quen é a auga?* Consello de Cultura (informe inédito).
- KELLY G.J., DRUCKER S. y CHENKELLY, G. J., DRUCKER, S. y CHEN, K. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849-871.
- KUHN, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77: 319-337.
- LAGO LESTÓN, J. M. (1998). *Razoamento en problemas ambientais en Secundaria: a auga como recurso nos textos e a súa percepción polo alumnado*. Trabajo Académicamente Dirigido. Depto. Didáctica das Ciencias Experimentais, USC.
- LATOUR B. y WOOLGAR, B. y WOOLGAR, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Universidad.
- LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- PONTECORVO C. y GIRARDET, H. (1993). Arguing and Reasoning in Understanding Historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11, 365-395.
- REIGOSA CASTRO, C. E. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18: 275-295.
- TOULMIN, S. (1958). *The uses of Argument*. New York: Cambridge University Press.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Universidad.
- WATSON, J. y CRICK, F. (1953). Molecular Structure of Nucleic Acids. A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, abril 25, pág. 737 (reproducido en Lehninger A., *Bioquímica*, Barcelona: Omega, edición de 1978, 866).

Textos analizados

Modelo de Partículas

- T1 ANGUIA, F. (1996). *Ciencias da Natureza, 1º Secundaria*. Madrid: SM.
- T2 CARRIÓN, F. (1996). *Ciencias de la Naturaleza, 1º ESO*. Madrid: Anaya.
- T3 MOURIÑO, X. (coord.) (1996). *Física y Química 2º BUP*. Madrid: Santillana.
- T4 ESCUDERO, P. (1991). *Física y Química 2º de BUP*. Madrid: Santillana.

- T5 ARRIOLA, A. *et. al.* (1991). *Física y Química. Energía, 2º BUP*. Madrid: SM.
 T6 LÓPEZ, F. (1992). *Física. Energía, COU*. Madrid: SM.
 T7 ZEMANSKY, M.W., DITTMAN, R. H. (1984). *Calor y Termodinámica*. Madrid: McGraw-Hill.

El agua como recurso

- L1 *Ciencias da Natureza 1, 1º ESO* (1996). Madrid: Anaya.
 L2 *Ciencias da Natureza, 1º ESO* (1996). Barcelona: Casals.
 L3 *Ciencias de la Naturaleza, 1º ESO* (1996). Valencia: ECIR.
 L4 *Ciencias de la Naturaleza, 1º ESO* (1997). Madrid: Edelvives.
 L5 *Ciencias da Natureza, 1º ESO* (1996). Vigo: Galaxia.
 L6 *Ciencias da Natureza, 1º ESO* (1997). Barcelona: Rodeira – EDEBÉ.
 L7 *Ciencias da Natureza, 1º ESO* (1997). Madrid: SM.
 L8 *Ciencias da Natureza 1, 1º ESO* (1996). Barcelona: Vicens Vives.
 L9 *Ciencias da Natureza, 1º ESO* (1996). Vigo: Xerais.
 L10 *Ciencias da Natureza, 2º ESO* (1997). Madrid: Edelvives.
 L11 *Ciencias da Natureza, 2º ESO* (1997). Barcelona: Rodeira – EDEBÉ.
 L12 *Ciencias da Natureza, 2º ESO* (1997). Madrid: SM.
 L13 *Ciencias da Natureza, 2º ESO* (1997). Vigo: Xerais.

Resumen

En este trabajo se discute un aspecto específico del razonamiento científico: la argumentación. Se resumen en primer lugar algunos de los significados con los que se utiliza el término argumentación. Después se presenta brevemente el proyecto RODA sobre la argumentación en las clases de ciencias y los instrumentos utilizados en el análisis de esta argumentación. A continuación se discuten ejemplos de argumentación en textos en Física y Medio ambiente, y se finaliza con algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias.

Abstract

A specific aspect of scientific reasoning is discussed in this article: argumentation. First, several of the meanings of the term "argumentation" are summarized. Project RODA about argumentation in science classrooms is presented next, together with the instruments

used in the analysis of argumentation. Then, some examples of argumentation in Physics texts and Earth Science texts are discussed. Finally some consequences for science education are discussed.

M^a Pilar Jiménez Aleixandre

Víctor Álvarez Pérez

Juan M. Lago Lestón

Universidad de Santiago de Compostela

Avda. Xoán XXIII s.n.

15782 Santiago de Compostela

La creatividad, el pensamiento crítico y los textos de ciencias

Maurícia de Oliveira
Paula Serra

Introducción

La investigación presentada en este artículo es el resultado de dos de nuestras preocupaciones como profesoras. Por una parte, la gran dificultad que tienen los alumnos a la hora de escribir textos en clase de ciencias, y la baja calidad de los mismos; por otra, la necesidad de promover en los alumnos las capacidades de pensamiento crítico y creatividad, que les permitan enfrentarse a problemas cotidianos y de índole profesional.

Así, este estudio, esencialmente empírico, se sitúa en el ámbito de la didáctica de las ciencias y reúne en sí mismo dos líneas de investigación educativa: la línea del pensamiento crítico y la creatividad, y la línea de la escritura para el aprendizaje de la ciencia. Creemos que tanto la producción de textos, como el pensamiento crítico y la creatividad, implican capacidades cognitivas comunes. El desarrollo de investigaciones, en el campo de la didáctica de las ciencias, que intenten unir estas áreas,

La producción de textos científicos puede promover la creatividad y el pensamiento crítico.

pueden contribuir al desarrollo de prácticas educativas más eficaces para el aprendizaje de las ciencias y la formación general de los alumnos. Estamos convencidas de que la producción de textos puede ser utilizada, en las clases de ciencias, como una estrategia de enseñanza que promueva el pensamiento crítico y creativo.

El interés de este trabajo se centra, esencialmente, en un intento de conocer hasta qué punto la producción de textos es contemplada por los autores de libros de texto de ciencias dirigidos a niños entre los 11 y 15 años como una estrategia de enseñanza que promueva el pensamiento crítico y creativo, y no como un simple medio de comunicar y evaluar el conocimiento de los alumnos.

El trabajo fue diseñado basándonos en tres objetivos:

- Identificar las capacidades de pensamiento crítico y creatividad exigidas en las actividades de aprendizaje de las ciencias en las que se producen textos.
- Indicar, a modo de ejemplo, algunas estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje que promuevan la creatividad y el pensamiento crítico mediante la producción de textos curriculares.
- Proponer a los profesores una metodología de desarrollo de actividades curriculares que promuevan el pensamiento crítico mediante la petición de la producción de un texto.

Contexto del estudio

En las últimas décadas se han producido profundas transformaciones sociales y culturales asociadas al crecimiento exponencial de la información y de la tecnología, al consumo de masas, a descubrimientos científicos tan polémicos como la clonación y la manipulación genética, a los problemas medioambientales como el cambio climático, la deforestación o la sobreexplotación de los recursos energéticos. Estas transformaciones han creado un panorama lleno de contradicciones donde los individuos deben poseer convicciones, pero al mismo tiempo, un espíritu abierto y tolerante. El empleo de estos valores para tomar posturas y decisiones sensatas requiere capacidades de pensamiento crítico y la creatividad. Como señaló Ricour (1993):

“Evolucionamos hacia una sociedad pluralista, tanto religiosa, como política, moral y filosóficamente, donde cada uno sólo cuenta con la fuerza de su propia palabra (...). Preparar a las personas para entrar en este universo problemático es un deber de la educación moderna. Ésta ya no tiene que transmitir contenidos autoritarios, sino que debe ayudar a los individuos a orientarse en las situaciones conflictivas, a dominar con valor un cierto número de antinomias” (pág. 71).

Por tanto, se hace necesario que, de forma crítica y creativa, los individuos consigan manejar lo imprevisible y los conflictos, y

procesen la información contradictoria que les llega de diversas fuentes.

Con todo, en lo que respecta al pensamiento crítico y creativo, la relación individuo-sociedad no tiene un único sentido. Si bien es cierto que un individuo necesita desarrollar formas de pensamiento que le permitan una integración plena dentro de la sociedad en la que vive, también es cierto que las sociedades democráticas sólo evolucionarán si incluyen individuos críticos y creativos que contribuyan a la resolución de los problemas sociales.

La definición de pensamiento crítico adoptada en este estudio es la proporcionada por Ennis. Este autor define pensamiento crítico en el sentido de actividad práctica reflexiva, cuya meta es una creencia o una acción sensata: "El pensamiento crítico es un proceso cuyo objetivo es tomar decisiones racionales acerca de lo que creer o hacer" (Ennis, 1996). Este proceso implica, según este autor, un conjunto de disposiciones, tres áreas básicas de capacidades (clarificación, soporte básico e inferencias) y una cuarta área de capacidades (estrategias y tácticas) que está relacionada con la aplicación de las capacidades básicas anteriormente referidas a las situaciones de interacción con los otros, a la toma de decisiones o a la resolución de problemas.

De este modo vemos que, para que exista pensamiento crítico, es necesario movilizar no sólo un conjunto de capacidades

que se refieren a aspectos cognitivos, sino además un conjunto de disposiciones a las que Ennis (1996) llama actitudes y/o tendencias y que considera fundamentales para que se puedan movilizar estas capacidades. Sirvan de ejemplo de estas disposiciones la preocupación por estar bien informado o el ser sensible a los sentimientos, niveles de conocimiento y grados de elaboración de los demás.

Esta definición es clara y operacional y puede ser aplicada de distintos modos en la enseñanza. Aunque existen otras muchas definiciones teóricas (McPeck, 1990; Paul, 1984; Perkins, 1987; Sternberg, 1986), nos parecen vagas y generales, lo que dificulta su aplicación al ámbito de la enseñanza.

Ennis desarrolla esta definición por medio de una taxonomía (ver anexo) conocida habitualmente como Taxonomía del Pensamiento Crítico o tabla de Ennis (1987). En esta taxonomía, Ennis considera, más allá de las disposiciones, un conjunto muy amplio de capacidades agrupadas en cuatro áreas: clarificación (elemental y elaborada), soporte básico, inferencia, y estrategias y tácticas. Cada una de estas áreas incluye una amplia gama de capacidades agrupadas en diferentes categorías independientes. Cada una de las categorías está constituida por diversas capacidades afines e interrelacionadas entre sí, que se desdoblán en otras capacidades. Por ejemplo, en el área denominada "inferencia" se consideran tres categorías: inducción, deducción

y realización de juicios de valor. La primera, a su vez, incluye las capacidades de generalizar y de inferir conclusiones e hipótesis explicativas. Esta última capacidad incluye, además, capacidades como la de investigación, que implica "diseñar investigaciones en las que se contemple el manejo de variables controlables", "buscar pruebas a favor y en contra" y "buscar otras posibles explicaciones".

La tabla de Ennis incluye además algunos criterios que deben ser tenidos en cuenta cuando se usan determinadas capacidades. Por ejemplo, al evaluar la credibilidad de una fuente, deben ser respetados criterios como el de no existir conflicto de intereses, existir acuerdo entre las fuentes y conocer la reputación del autor. Finalmente, la tabla de Ennis proporciona también ejemplos concretos de las diversas formas en las que se puede usar una determinada capacidad de pensamiento crítico. Por ejemplo, para la capacidad "utilizar y reaccionar ante las informaciones falaces", el autor da cuenta de manera exhaustiva las distintas formas que puede presentar una falacia, como la circularidad, el argumento de autoridad, seguir la postura predominante o usar una expresión que llame la atención.

Al analizar esta taxonomía, parece haber una relación entre las capacidades inherentes a la actividad científica y las capacidades de pensamiento crítico, ya que muchas de estas capacidades son necesarias para la actividad científica (Association

for Science Education, 1986; Millar, 1994) y para las actividades de aprendizaje que realizan los alumnos de ciencias.

Por todo ello, la tabla de Ennis puede servir de base para organizar currícula que promuevan el pensamiento crítico integrado en contenidos, puede emplearse como matriz para la construcción de instrumentos de evaluación del nivel de pensamiento crítico de alumnos y profesores, para el diseño de diversas actividades curriculares potencialmente promotoras del pensamiento crítico, y para el análisis de documentos escritos.

Hay que señalar que la definición de pensamiento crítico de Ennis no excluye, según el propio autor, la creatividad, la toma de decisiones o la resolución de problemas. Como se ha dicho anteriormente, éstas están íntimamente relacionadas con las capacidades referidas al área de estrategias y tácticas.

Respecto a la creatividad, en este estudio se utilizó la definición de Torrance (1990a). Según este autor, la creatividad tiene una naturaleza dual: puede considerarse como una competencia compleja o como un proceso. En el primer caso, implica las capacidades de fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración. Se entiende por fluidez que el individuo o los alumnos piensen en un gran número de ideas, y por flexibilidad que piensen en diferentes métodos, soluciones o respuestas. Siempre

que un individuo o un alumno propone soluciones o ideas poco usuales o singulares, se habla de originalidad. Cuando las ideas o soluciones se trabajan de forma detallada y pormenorizada, nos estamos refiriendo a la capacidad de elaboración.

Como proceso, la creatividad comprende distintas fases: la toma de conciencia, incubación, iluminación, verificación y comunicación. Torrance (1990b) considera que para que exista aprendizaje creativo, el individuo tiene que tener conciencia de que existen lagunas de conocimiento, disonancias, o problemas que requieren nuevas soluciones. A continuación, debe buscar información relacionada con los elementos que faltan o con las dificultades, con el propósito de identificar cuál es el problema o laguna de conocimiento. A lo largo de este período, se entra en la fase de "encajar las piezas", o sea, ir dando sentido a las ideas inicialmente difusas que va teniendo el individuo. Esta fase se acompaña de discusión, exploración y formulación de las posibles soluciones al problema. Todo esto sucede durante la fase de incubación, que culmina frecuentemente con el nacimiento de una nueva idea, muchas veces mediante el llamado "insight flash". Tras ésta, se realiza un esfuerzo deliberado para probar, modificar, comprobar y perfeccionar la idea. Finalmente, se produce la comunicación de los resultados.

El proceso creativo, una vez que se inicia, difícilmente puede pararse. Cuando se

describe de este modo, se encuentra un claro paralelismo con los procesos científicos, descritos en numerosas ocasiones, volviéndose por tanto adecuado para el aprendizaje de las ciencias.

La comunicación, considerada como una de las capacidades del pensamiento crítico (interacción con los otros) y como una de las fases del proceso creativo, posee un estatus especial dentro de la sociedad contemporánea. Paralelamente a las exigencias corrientes y cotidianas en los organismos públicos, en las escuelas, en las reuniones, donde se requiere constantemente a los individuos que defiendan sus posiciones, que argumenten y contraargumenten, que expliquen y resuman, en la actualidad se exige cada vez más el uso de nuevas formas de transmisión de información y comunicación. De hecho, la globalización de las estrategias económicas y políticas a nivel mundial y la consecuente necesidad de acercamiento entre los profesionales de todos los países, transformarán a la sociedad actual en una sociedad de la información y la comunicación. El dominio del lenguaje y la capacidad de comunicarse de un modo eficaz, ya sea oralmente o por escrito, constituyen saberes que suponen una ventaja para aquellos que los poseen. Los nuevos medios de circulación de la información, como Internet, el fax, o el correo electrónico, han puesto un nuevo énfasis en el lenguaje escrito, que ha pasado a competir con el lenguaje oral vinculado a los medios audiovisuales. Por tanto,

compete a la escuela la responsabilidad de promover entre los alumnos aquellos saberes y competencias, en particular competencias de composición escrita, necesarios para enfrentarse a estos nuevos desafíos.

En lo que respecta a la educación científica, el papel del lenguaje y la comunicación también ha sido enfatizado en los últimos años. En el Reino Unido, por ejemplo, la agenda gubernamental para el 2001 contempla un área curricular cuyo fin es el desarrollo de la escritura, la lectura, la comunicación oral y la capacidad de escuchar en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Staples & Heselden, 2001). De hecho, si consideramos que la enseñanza de las ciencias debe pasar, entre otros aspectos, por la apreciación de la naturaleza, los fines y las limitaciones generales de la ciencia, por la comprensión del enfoque científico (argumentos racionales, capacidad de generalizar, sistematizar y extrapolar) y por la comprensión del papel que juegan la teoría y la observación (Thomas y Durant, 1987; citados por Jenkins, 1990), entonces deberemos reconocer y poner énfasis en la importancia de la comunicación y el lenguaje dentro de la enseñanza de las ciencias. En lo que respecta a este asunto, Sutton (1996) afirma que:

"La experimentación es parte de la ciencia, pero también lo son la comunicación oral o escrita (...). Un problema corriente en la ciencia escolar es el énfasis puesto en la experimentación, lo cual crea el peligro de

mostrar a los alumnos una visión distorsionada del conjunto de tareas que lleva a cabo el científico" (pág 29).

De hecho, es imposible hacer ciencia sin que estén implicados la lectura, la producción de textos o la comunicación oral. Es obvio que los científicos tienen que comunicar sus ideas y los resultados de sus investigaciones.

Con todo, mejorar la capacidad de comunicación escrita no es la única razón por la que todas las áreas disciplinares, incluidas las ciencias, deben incluir actividades de producción de textos. Además de constituir un fin en sí misma, la producción de textos encierra una importante plusvalía al poder emplearse como estrategia de enseñanza que promueve competencias cognitivas de nivel elevado, como es el caso del pensamiento crítico y la creatividad. Como indica Klein (2000), diversos autores han defendido que escribir permite que los alumnos comprendan conceptos complejos, piensen de forma crítica y construyan nuevos significados.

Diversos autores han puesto énfasis en la importancia que tiene para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias la producción de textos científicos por los alumnos (Halliday & Martin, 1993; Keys, 1994; Prain & Hand, 1996; Rowell, 1997), y han desarrollado una línea de investigación conocida como escribir-para-aprender-ciencia (Writing-to-Learn-Science). Estos autores

han señalado a la escritura como una actividad prometedora para el aprendizaje de las ciencias, no sólo como contribución al establecimiento de interacciones sociales en el interior de comunidades del saber especializadas, llevando a la creación de ambientes de aprendizaje más auténticos, sino también como una estrategia para la construcción personal de significados y para el desarrollo de capacidades cognitivas de nivel elevado.

No obstante, a pesar de los resultados y recomendaciones de la investigación educativa, varios autores (Rowell, 1997; Rivard, 1994) señalan que la producción de textos ha sido usada por los profesores, en las aulas de ciencias, más como un medio para que los alumnos comuniquen sus conocimientos, en el contexto de la evaluación, que como un medio para que los alumnos construyan esos conocimientos y desarrollen competencias cognitivas. No es, pues, suficiente que los profesores creen oportunidades para que los alumnos realicen tareas de producción de textos; es fundamental que los profesores sean conscientes del potencial didáctico de esta tarea, de los objetivos educativos que subyacen, que conozcan los principales tipos de texto usados en las comunicaciones científicas y, sobre todo, que asuman responsabilidades en el apoyo y enseñanza de la producción de textos científicos.

El proceso de composición escrita puede considerarse como un complejo proceso de resolución de problemas, que implica varias

tareas como *planear, generar ideas, tener en cuenta al lector y editar* (Flowers, 1981). Durante la realización de estas tareas, el productor del texto debe responder a preguntas y tomar decisiones sobre, por ejemplo: "¿cuál es el objetivo de este texto?", "¿qué tipo de texto voy a usar para alcanzar este objetivo?", "¿qué es importante que diga?", "¿domino los contenidos sobre los que voy a escribir?", "¿cómo puedo defender esta idea?", "¿cómo puedo volver este texto más comprensible e interesante para el lector?" La respuesta a estos problemas implica la movilización de varias capacidades de pensamiento crítico, como la capacidad de enfocar una cuestión, de identificar preguntas relevantes, de responder a preguntas de clarificación, de establecer la estructura de un argumento, y de usar estrategias lógicas y retóricas.

Parece entonces que implicar a los alumnos sistemáticamente en tareas de producción de textos científicos, en las que el profesor guíe a los alumnos, por ejemplo a través de guiones conceptuales creados expresamente con la intención de requerir explícitamente las capacidades de pensamiento crítico, puede constituir una estrategia de enseñanza eficaz en la promoción de esas capacidades.

Análisis de libros de texto

Los libros de texto son uno de los materiales curriculares más utilizados por los profesores y por los alumnos en el aula. Así, en

lo referente a la primera finalidad de este estudio, se consideró a los libros de texto como el indicador por excelencia de las capacidades de pensamiento crítico y creatividad que normalmente se ponen en marcha cuando los profesores solicitan a los alumnos que escriban textos en las clases de ciencias. Consecuentemente, se realizó un análisis de los libros de texto de ciencias de 2º y 3º ciclo de enseñanza básica empleados en Portugal. Se trataba de identificar las actividades dirigidas al desarrollo de la creatividad y el pensamiento crítico mediante la escritura por parte de los alumnos. El análisis se basó en la taxonomía de pensamiento crítico desarrollada por Ennis (1987) y en las capacidades implicadas en el proceso creativo según Torrance (1990a).

Dada la gran cantidad de libros de texto de ciencias existentes en el mercado portugués y teniendo en cuenta la naturaleza exploratoria de este estudio, se seleccionó una muestra de los mismos, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Para cada disciplina, se seleccionó al azar un libro por curso escolar de 2º y 3º ciclos de enseñanza básica (5º, 6º, 7º, 8º y 9º curso).
- No debía haber dos libros escritos por el mismo autor.

De la combinación de estos dos criterios, resultó una muestra de ocho libros. Por razones éticas los autores de estos libros

permanecerán en el anonimato. Los libros analizados son dos de Ciencias de la Naturaleza (5º y 6º curso), dos de Ciencias Naturales (7º y 8º curso) y cuatro de Física y Química (de 8º y 9º curso).

En cada libro de texto se seleccionó, al azar, un capítulo o área temática. Se parte de la suposición de que un capítulo o área temática es suficiente para trazar el "estilo" pedagógico de los autores. Una vez seleccionado al azar el capítulo o área temática que se analizaría en cada libro de texto, la atención se centró en los guiones de actividades de aprendizaje que se proponen para que realicen los alumnos, por ejemplo guiones de actividades experimentales, de interpretación de textos, tablas y gráficos, o actividades de discusión. No se analizó el cuerpo del texto ni las pruebas de autoevaluación. Se decidió excluir este material del análisis ya que en el cuerpo del texto normalmente no se pide a los alumnos que realicen actividad alguna y las pruebas de autoevaluación se enfocan habitualmente como una actividad de evaluación de conocimientos y no como una actividad de aprendizaje.

Los guiones de actividades a que nos acabamos de referir se analizaron con el fin de identificar los requerimientos a los alumnos que apelasen de forma clara y explícita a la creatividad y al pensamiento crítico a través de la producción de textos. Se analizaron las actividades que requerían que los alumnos escribieran, al

menos, una frase, constatándose que en la mayoría no es necesario el uso de la creatividad o al pensamiento crítico. Sorprendentemente, también se comprobó que la mayor parte de estas actividades permiten que los alumnos respondan oralmente. Pocas veces se le pide una respuesta escrita a los alumnos y cuando esto sucede, en la mayor parte de los casos, pueden responder correctamente con una única palabra o una lista de palabras, rellenando huecos y estableciendo relaciones. Algunos ejemplos de este tipo de actividades son: "mide...", "calcula...", "completa la siguiente tabla...", "relaciona las palabras de la columna derecha con las de la columna de la izquierda...", o "¿cuál es la masa de...?".

Las actividades nunca o raramente exigen a los alumnos la producción de un texto, si tomamos por texto un conjunto articulado de frases e ideas, que muestren coherencia interna. Sólo unos pocas veces se pide a los alumnos que escriban una frase. En la práctica, esto significa que las actividades no incluyen instrucciones del tipo: "responde, por escrito, las siguientes preguntas..." o "escribe un texto en el que..." o "redacta una carta dirigida a... en la que..."; ni siquiera fue encontrada con frecuencia la instrucción "elabora un informe escrito del trabajo de laboratorio que acabas de hacer..." que se supone que debería ser corriente. Sólo un libro de texto de Química solicitaba con relativa frecuencia la elaboración de informes escritos.

El análisis realizado a los libros de texto de distintas disciplinas científicas mostró que de los 253 requerimientos a los alumnos sólo 67 (un 26,5%) podían responderse mediante la producción de, al menos, una frase: 29 se encontraron en los libros de texto de Física y Química y 38 en los libros de texto de Ciencias de la Naturaleza. Ninguno de los 67 requerimientos que implicaban la producción de un texto por parte de los alumnos promovían capacidades de pensamiento creativo. Es decir, ninguna requiere, de forma explícita, fluidez, flexibilidad, originalidad o elaboración por parte de los alumnos. La tabla 1, que se presenta a continuación, representa la distribución de los requerimientos que implican la producción de texto, de acuerdo con las áreas y capacidades de pensamiento crítico que exigen.

Hay que señalar que, de los 67 requerimientos mencionados anteriormente, 10 de ellos, a pesar de requerir la producción de un texto, no promueven ninguna capacidad de pensamiento crítico. Estos requerimientos consisten en la definición de términos, cuya definición es proporcionada previamente a los alumnos en el cuerpo del texto. Es decir, para responder a estos 10 requerimientos los alumnos se limitan a copiar, o en el mejor de los casos recurren a su memoria.

Los requerimientos encontrados en los libros de texto, que requieren del uso de capacidades de pensamiento crítico, cubren tres de las cinco áreas descritas por Ennis: clarificación elemental, inferencia y estrategias y tácticas.

Tabla 1

Distribución de los requerimientos de producción de texto, presentes en los libros de texto, de acuerdo con las áreas y capacidades de pensamiento crítico

Libro de texto	Pensamiento crítico	
Física y Química (29)	Clarificación elemental	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar argumentos: <ul style="list-style-type: none"> - buscar semejanzas y diferencias (10) - identificar razones no enunciadas (2) • Responder a preguntas de clarificación (4)
	Inferencia	<ul style="list-style-type: none"> • Deducir y evaluar las deducciones (1) • Inducir y evaluar las inducciones: <ul style="list-style-type: none"> - inferir hipótesis explicativas (6) • Realizar juicios de valor (1)
	Estrategias y tácticas	<ul style="list-style-type: none"> • Decidir una acción (1) • Interactuar con los otros (4)
Ciencias de la Naturaleza (38)*	Clarificación elemental	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar argumentos: <ul style="list-style-type: none"> - identificar razones enunciadas (3) - identificar razones no enunciadas (3) - buscar semejanzas y diferencias (1) - buscar la estructura de un argumento (1) - resumir (2) • Formular y responder preguntas de clarificación del tipo: <ul style="list-style-type: none"> - "¿Por qué?" (2) - "¿Qué quiere decir con?" (1) - "¿Le importa poner un ejemplo?" (1)
	Indiferencia	<ul style="list-style-type: none"> • Inducir y evaluar inducciones: <ul style="list-style-type: none"> - inducir hipótesis explicativas del tipo: <ul style="list-style-type: none"> - afirmación causal (10) - afirmación acerca de las creencias y actitudes de las personas (1) - afirmación de que algo es una causa no enunciada (2)
	Estrategia y tácticas	<ul style="list-style-type: none"> • Interactuar con los otros: argumentar (1)

*10 de ellos, a pesar de requerir la producción de un texto, no promueven ninguna capacidad de pensamiento crítico.

En los requerimientos que promueven capacidades de clarificación elemental, se pide al alumno que clarifique conceptos a través de la búsqueda de semejanzas y diferencias o mediante la identificación de las causas de un acontecimiento dado. Preguntas del tipo "compara..." o "¿qué significa decir que las hormonas son moléculas mensajeras?", son ejemplos de requerimientos que promueven capacidades de esta área y fueron las más frecuentemente encontradas en los libros de texto.

El área de inferencia incluye las capacidades de hacer juicios de valor, deducir e inducir. No obstante, en los libros de texto analizados sólo se encontraron requerimientos inductivos, por ejemplo: "formula una hipótesis explicativa" (capacidad de inducir hipótesis explicativas) o "¿cómo interpretas los resultados de esta experiencia?" (capacidad de inducir explicaciones, estableciendo una relación causal).

Finalmente, se encontraron pocos requerimientos referidos al área de las estrategias y tácticas. Esta área incluye la capacidad de decidir una acción y la capacidad de interaccionar con los otros a través de la argumentación, el uso de estrategias lógicas y retóricas, y el uso y reacción a falacias. De entre las capacidades incluidas en esta área, la más frecuentemente encontrada fue la de interaccionar con los otros requiriendo una argumentación, presentando una posición por escrito. La exigencia de esta capacidad tomaba la forma de "redacta un

informe sobre el trabajo práctico que realizaste". La capacidad de decidir una acción sólo fue encontrada en un único requerimiento: "¿Qué sugerencias darías para hacer que un embalaje sea mas informativo?". Lo mismo sucedió con la capacidad de argumentar: "Envía una carta a estas entidades, haciendo sugerencias".

En ninguno de los libros se exigen capacidades del área de soporte básico, en particular, capacidades de evaluación de la credibilidad de una fuente, de observación de resultados experimentales y del área de la clarificación elaborada, que incluye capacidades como establecer y evaluar definiciones o identificar suposiciones.

Es curioso verificar que es semejante el énfasis relativo en las tres áreas de pensamiento crítico contempladas, tanto en los libros de Ciencias de la Naturaleza como en los de Física y Química. El mayor número de requerimientos recae en el área de clarificación elemental, seguida del área de inferencia y, finalmente, el área de las estrategias y tácticas, que aparece con poca importancia. También es importante hacer notar que el área de inferencia, a pesar de ser bastante compleja, es de particular interés desde el punto de vista de la educación científica porque contempla capacidades frecuentemente usadas en la actividad científica, como la inducción, la deducción y la capacidad para investigar (que, a su vez incluye diseñar investigaciones, la planificación de variables que se deben controlar, y la

búsqueda de pruebas a favor y en contra). Con todo, los requerimientos incluidos en los libros exploran una ínfima parte de este área. De hecho sólo se pudieron identificar capacidades de inferir conclusiones o hipótesis explicativas. Esto implica que la promoción de esta área es insuficiente, a pesar de estar aparentemente contemplada en los libros.

Análisis de programas curriculares

A la vista de los inesperados resultados que se acaban de describir, se decidió analizar los programas curriculares de Ciencias Naturales, Ciencias de la Naturaleza y Física y Química, del 5º al 9º año de escolaridad. De esta manera se intentaba verificar si el poco énfasis que ponen los libros en la promoción del pensamiento crítico y la creatividad a través de la producción del texto, se debía a indicaciones del Ministerio de Educación portugués, materializadas en los programas, o era responsabilidad de los autores de los libros. Se comprobó que, a pesar de que los programas indican la necesidad de promover el pensamiento crítico y la creatividad, prácticamente no hay en ellos sugerencias de cómo hacerlo, tanto produciendo textos como de otras maneras.

Entonces se intentó, al menos, encontrar en los programas enunciados explícitos relativos al lenguaje científico, en particular en su forma escrita. Se tuvieron en

cuenta tanto las consideraciones teóricas como las recomendaciones de actividades que exigían la producción de texto. Nuestro objetivo era averiguar qué posición adopta el Ministerio de Educación en lo que respecta al papel de la producción de texto en la educación científica, y cuáles son los tipos de actividades de escritura que se proponen.

El número de frases encontradas que tuviesen que ver con la producción de texto fue tan bajo que no justificó una categorización de ideas mediante el análisis del contenido. Los resultados que se presentan a continuación incluyen la casi totalidad de las frases encontradas, dejando fuera solamente algunos ejemplos de las ideas incluidas en los programas. El análisis de los programas de Física y Química sirvió para constatar que existen referencias explícitas al lenguaje. Estas referencias se encuentran:

1. En la *introducción* del programa, donde se indica que la disciplina deberá contribuir a "el dominio creciente de la lengua materna en lo que respecta a competencias comunicativas" (pág 3).
2. En los *objetivos generales*. Uno de los seis objetivos enunciados es: "Adquirir competencias y práctica en la recogida, selección, interpretación, organización y presentación de la información, con el propósito simultáneo de dominar la lengua materna" (pág 6).
3. En las orientaciones metodológicas, donde se incluye un subtema designado

por "Formas de comunicación: discusiones, informes de actividades y de otros trabajos de Física y Química", totalmente dedicado a asuntos de lenguaje y comunicación.

El análisis de los programas de Ciencias de la Naturaleza nos permitió constatar que solamente existen dos referencias al lenguaje:

- En los objetivos generales: "Expresarse de forma clara, oralmente y por escrito".
- En la orientación metodológica: "Es de importancia fundamental el desarrollo de capacidades de expresión oral, escrita, gráfica, recurriendo a medios de naturaleza variada, como textos, paneles, diaporamas, fotografías, historietas, películas...".

En las sugerencias metodológicas analizadas para cada uno de los años de escolaridad no se encontraron sugerencias explícitas para la realización de actividades que implicasen el uso o el análisis del lenguaje científico, en particular la producción de textos por los alumnos.

En resumen, el análisis comparado de los dos programas mostró que los presupuestos teóricos y orientaciones metodológicas del programa de Física y Química revelan una mayor sensibilidad a las cuestiones relacionadas con el lenguaje científico que los programas del área de Ciencias de la Naturaleza. En estos últimos

las referencias al lenguaje son puntuales, vagas y superficiales y, probablemente, inconsecuentes en términos de las prácticas llevadas a cabo por los profesores. En el programa de Física y Química se acentúa la importancia del lenguaje científico y de actividades que impliquen la producción de textos científicos. Esta afirmación se ve respaldada por el título de uno de los subtemas: *Formas de Comunicación*. En cualquier caso, el dominio del lenguaje científico parece ser más importante como facilitador de la comprensión de textos científicos y de la comunicación en el aula, que como estrategia de aprendizaje en ciencias. Por tanto, la producción de texto no se considera una estrategia para promover capacidades de pensamiento crítico y creatividad integradas en contenidos de ciencias.

Es importante señalar que a pesar de que los programas curriculares analizados en sus presupuestos teóricos destacan la importancia del desarrollo de la competencia de composición de texto, ninguno incluye recomendaciones de actividades que sugieran explícitamente la producción de texto por parte de los alumnos. Sabemos por experiencia que la mayor parte de los profesores usan estas recomendaciones, junto con los manuales escolares, como las guías principales para planificar sus actividades didácticas. Por ello juzgamos que el ya limitado potencial formativo de los programas queda seriamente dañado en lo que se refiere a la producción de texto

científico, en particular en cuanto instrumento para desarrollar el pensamiento crítico y la creatividad.

Sugerencias y desarrollo de actividades de aprendizaje

Para cumplir con la segunda finalidad, es decir, ilustrar algunas estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje promotoras de la creatividad y el pensamiento crítico mediante la producción de textos curriculares, se consultaron algunos manuales sobre la enseñanza de la creatividad (Torrance 1990b) y del pensamiento crítico (Paul, 1989), producidos por el "Center for Critical Thinking".

Se adaptaron alguna de las sugerencias propuestas por estos autores, de forma que se sugirieron actividades de aprendizaje que hagan apelación sistemática y explícita a la promoción de la creatividad y el pensamiento crítico recurriendo a la estrategia de implicar a los alumnos en la producción de textos científicos. Como sugerencia para profesores y posiblemente también para autores de libros escolares, se indican a continuación algunos ejemplos. Todas las actividades basadas en requerimientos como los que siguen movilizan la creatividad o el pensamiento crítico de los alumnos:

- Formular el problema o la cuestión que se debe estudiar, de forma clara y concisa.
- Formular subproblemas o subcuestiones o reformular el problema o la cuestión.
- Formular, por escrito, tantas preguntas como sea posible, sobre un problema, cuestión o situación.

Los requerimientos anteriores apelan a la capacidad de enfocar una cuestión del área de clarificación elemental del pensamiento crítico, aunque también apelan a la creatividad. En realidad, muchos autores indican que una de las fases del proceso creativo es la toma de conciencia del problema y su formulación. Además, el segundo de los anteriores, y muy particularmente el último, fomentan la fluidez de ideas al solicitar al alumno la generación de un gran número de ellas, tantas como sea posible. Otros pueden ayudar a los alumnos a interrogarse sobre la validez de las premisas que pueden interferir en el aprendizaje y ser inhibitoras de la creatividad. Por ejemplo, el alumno raramente cuestiona la apelación a la autoridad: si el profesor lo dice o si está escrito, es cierto. Las actividades basadas en ciertos requerimientos pueden ayudar al alumno a liberarse de estas premisas y, de manera inherente y simultánea, apelar al pensamiento crítico. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Desmontar, por escrito, un texto de divulgación científica en que:
 1. haya algunas falacias en la argumentación y/o
 2. sea posible cuestionar la credibilidad de las fuentes.

- Evaluar, por escrito, los puntos débiles y fuertes de la argumentación usada para defender una posición determinada.

En los casos presentados, se apela en particular a la capacidad de evaluar la credibilidad de una fuente del área de soporte básico del pensamiento crítico y también a la capacidad de reaccionar a falacias del área de las estrategias y tácticas del pensamiento crítico.

Otros ejemplos que apelan esencialmente a la creatividad son las peticiones provocadoras o que representan un desafío, como:

- Construir narraciones escritas de escenarios de futuro, teniendo en cuenta los conocimientos científicos actuales.
- Completar, por escrito, la historia de una investigación científica que hayan dejado incompleta los profesores, basándose en información científica recogida por los alumnos.
- Construir guiones escritos para la simulación de papeles relacionados con un hecho científico.
- Argumentar, por escrito, a favor y en contra de una teoría.

Este tipo de requerimientos pueden obligar a los alumnos a pensar de manera diferente sobre lo que saben, apelando en particular a la elaboración y a la flexibilidad. En la práctica se pide a los alumnos textos largos y articulados y, por ejemplo, que consideren lo que se les propone de dos maneras: a favor y en contra.

En contrapartida, los ejemplos que siguen apelan esencialmente al pensamiento crítico. Los alumnos pueden:

- Leer y discutir con los colegas secciones del libro escolar, y hacer en grupo un resumen escrito.
- Comparar, por escrito, dos teorías científicas: una conocida por los alumnos y otra presentada de primera mano.
- Planificar, por escrito, investigaciones o búsquedas para resolver o tratar con una situación simulada o creada por el profesor.
- Describir, por escrito, el patrón emergente de un conjunto de datos reunidos previamente.
- Indicar, por escrito, causas y/o consecuencias supuestas de una determinada situación para lo cual los alumnos puedan aplicar sus conocimientos científicos.

Los ejemplos anteriores apelan a diferentes capacidades de pensamiento crítico: interaccionar con otros, del área de estrategias y tácticas, analizar argumentos (resumir y buscar semejanzas y diferencias), del área de clarificación elemental, delinear investigaciones e inferir conclusiones e hipótesis explicativas, del área de inferencia.

De cualquier manera, es necesario que las llamadas a la creatividad y al pensamiento crítico sean explícitas y sistemáticas para que sean eficaces en la movilización de las capacidades que se persiguen con las actividades sugeridas. El tipo de actividades que

se pongan en práctica en el aula debe posibilitar la movilización de esas capacidades integradas en contenidos, si se tiene la intención pedagógica de promover el aprendizaje de contenidos de ciencias. Para eso, la investigación educativa debe tratar de proponer organizadores o matrices teóricas que faciliten la concepción intencional de actividades con la finalidad preconizada. La tabla de Ennis se ha utilizado en varias investigaciones como matriz teórica de ayuda (Oliveira e Tenreiro-Vieira, 1994, 1996) para la concepción de actividades diversas en el aula que fomentan el uso de capacidades de pensamiento crítico integradas en contenidos de ciencias. Los resultados prometedores de esas investigaciones (Fernandes, 1994; Oliveira y Marques-Vieira, 1996; Oliveira y Tenreiro-Vieira, 1997; Oliveira y Santos, 1999; Oliveira y Faria, 2000; Vilela y Oliveira, 2000; Oliveira y Rodrigues, 2001; Teixeira, 2001) nos hacen creer que la tabla de Ennis también puede ser un instrumento bastante útil y eficaz en la concepción de actividades que fomenten la producción de textos como estrategia promotora del pensamiento crítico integrado en contenidos de ciencias; es decir, en el desarrollo de guiones de pensamiento que puedan ser usados por los alumnos durante el proceso de composición escrita, con la finalidad de movilizar sus capacidades de pensamiento crítico. Estos guiones también pueden tener otra función. Además de apelar a las capacidades de pensamiento crítico, pueden ayudar a los alumnos a escribir mejores textos de carácter científico.

La tabla 2 ejemplifica la forma en que puede usarse la tabla de Ennis como matriz en la concepción de esos guiones. En este caso el texto científico es un informe de laboratorio.

Conclusiones e implicaciones para la enseñanza de las ciencias

La producción de textos científicos, además de poder contribuir a la comprensión de la naturaleza de la ciencia por los alumnos, constituye una herramienta o estrategia que puede usarse en la construcción de conocimientos y en la promoción de capacidades cognitivas. Este potencial del lenguaje científico, en particular del lenguaje escrito, puede constituir una importante estrategia de enseñanza con elevado potencial formativo, en particular en la promoción de la creatividad y el pensamiento crítico. Sin embargo parece ser infravalorado por los profesores de ciencias. Una de las razones puede ser la poca investigación realizada en la enseñanza de las ciencias con esta finalidad.

En Portugal, como en otros países, cuanto mayor es la aceptación de los libros de texto entre los profesores, mayor es su tirada. Las empresas editoriales retiran del mercado los libros que no gustan a los profesores. De este modo, a fin de cuentas, los libros que existen en el mercado son el reflejo de las creencias y los estilos de enseñanza de los

Tabla 2

Tabla de Ennis usada como matriz en la concepción de un guión de producción de texto promotor del pensamiento crítico

Capacidades del pensamiento crítico citadas como tal en la tabla de Ennis	Requerimientos al alumno en un guión de producción de un texto científico
1. Enfocar una cuestión a) Identificar o formular una cuestión	¿Cuál es el objetivo central de este trabajo sobre el cual vas a escribir este informe?
3. Hacer y responder a cuestiones de clarificación 11. Decidir una acción	¿Las ideas científicas son suficientemente claras, de modo que para otras personas también estén claras? Si no es así, ¿qué acciones pueden realizarse para esclarecerlas?
12. Interactuar con otros c) Estrategias retóricas	En el caso concreto de este trabajo práctico, cita las estrategias que pueden ponerse en práctica para que el texto sea más interesante y agradable de leer.
12. Interactuar con otros b) Estrategias lógicas	Cita también las estrategias que pueden utilizarse para volver su mensaje más preciso y comprensible.

La numeración de la primera columna se corresponde con la numeración de las capacidades en la tabla de Ennis.

profesores. Si esto es así, los resultados de este estudio nos llevan a inferir que son también los profesores de ciencias, y no solamente los libros de texto, los que piden muy poco la producción de textos. Los profesores parecen no valorar la producción de

texto como actividad de aprendizaje de las ciencias. Por otra parte, cuando los libros solicitan a los alumnos que escriban textos, éstos se reducen generalmente a una única frase con el objetivo esencial de que los alumnos clarifiquen conceptos e infieran

conclusiones e hipótesis explicativas. Esto puede explicar tal vez la dificultad sentida por los alumnos para producir textos científicos y la baja calidad de estos mismos textos, además de contribuir ciertamente a dar a los alumnos una imagen distorsionada de lo que es la actividad científica.

Es importante que los profesores de ciencias, los formadores de profesores y los autores de los libros escolares de ciencias reconozcan que las actividades de producción de textos pueden contribuir, al igual que las actividades de laboratorio, las de discusión, y otras, al desarrollo de capacidades de pensamiento crítico y de la creatividad. Por tanto es importante que sean incluidas en las clases de ciencias, no solamente en las pruebas de evaluación como forma de recoger datos sobre el aprendizaje de los alumnos, sino con un estatus propio de actividad de aprendizaje. Los alumnos aprenden conceptos y movilizan capacidades científicas cuando escriben textos científicos.

El profesor tiene un papel importante en la selección, concepción e implementación de este tipo de actividades. Le compete interactuar con los alumnos de forma deliberada y sistemática, en el sentido de convertir esas

actividades en realmente eficaces para la consecución de los objetivos que se pretenden alcanzar. Tanto si se refieren a la mejora de la calidad de los textos producidos por los alumnos, a la comprensión de conceptos o a la movilización de capacidades.

La tarea de los profesores se facilitará al recurrir a propuestas curriculares, usadas por los alumnos en el aula, que requieran explícitamente las capacidades que se quieren promover. La sugerencia de algunos ejemplos por los investigadores puede desempeñar un papel importante, junto con el de los profesores. Pero, sobre todo, ha sido una preocupación nuestra desde hace tiempo la identificación y propuesta de organizadores o matrices teóricas que ayuden en la concepción y desarrollo de propuestas curriculares que apelen a la producción de texto en cuanto estrategia promotora de creatividad y de pensamiento crítico, y que puedan ser usados eventualmente por los alumnos como guiones de pensamiento. En nuestra opinión, constituye un desafío para los investigadores en general, y tiene un interés particular para la práctica docente. Permite a los profesores adquirir autonomía en la evaluación y subsiguiente selección de propuestas curriculares, así como para concebirlas.

Anexo: Taxonomía del pensamiento crítico

El pensamiento crítico es una forma de pensar reflexiva y sensata cuyo objetivo es decidir que se debe creer o hacer. Así definido, el pensamiento crítico implica tanto disposiciones como capacidades:

A. Disposiciones

1. Buscar un enunciado claro de la pregunta o tesis.
2. Buscar razones.
3. Intentar estar bien informado.
4. Utilizar y mencionar fuentes creíbles.
5. Tener en cuenta la situación en su conjunto.
6. Intentar no desviarse del núcleo de la pregunta.
7. Tener en mente la preocupación original y/o básica.
8. Buscar alternativas.
9. Tener una mente abierta.
10. Tomar una posición (y modificarla) siempre que las pruebas y razones sean suficientes.
11. Buscar tanta precisión como el tema lo permita.
12. Enfrentarse de forma ordenada con las partes de un todo complejo.
13. Usar las propias capacidades para pensar de forma crítica.
14. Ser sensible a los sentimientos, niveles de conocimiento y grado de elaboración de los otros.

B. Capacidades

Clarificación elemental

1. Enfocar una cuestión.
2. Analizar argumentos.
3. Hacer y responder a preguntas de clarificación y/o desafío.

Soporte básico

4. Evaluar la credibilidad de una fuente.
5. Observar y evaluar informes de observación.

Inferencia

6. Deducir y evaluar las deducciones.
7. Inducir y evaluar las inducciones.
8. Realizar juicios de valor.

Clarificación elaborada

9. Definir los términos y evaluar las definiciones en base a tres dimensiones.
10. Identificar creencias.

Estrategias y tácticas

11. Decidir una acción.
12. Interactuar con otros.

Bibliografía

- ASSOCIATION FOR SCIENCE EDUCATION (1986). *The ASE science teachers handbook*. London: Hutchinson e Co. (Publishers Ltd.).
- ENNIS, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: theory and practice*. New York: W. H. Freeman and Company, 9-26.
- ENNIS, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- FERNANDES, M. S. (1994). *Resolução de problemas e pensamento crítico: propostas curriculares para o ensino da química*. Proyecto de innovación del curso de especialización en la enseñanza de las ciencias, no publicado. Departamento de Educación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa.
- FLOWER, L. (1981). *Problem- Solving strategies for writing*. New York: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- HALLIDAY, M.A.K. y MARTIN, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. Londres: The Falmer Press.
- JENKINS, E. (1990). *Scientific literacy and school science education*. *School Science Review*, 71 (256), 43-51.
- KEYS, C. W. (1994). The development of scientific reasoning skills in conjunction with collaborative writing assignments: an interpretative study of six ninth-grade students. *Journal of Research of Science Teaching*, 31 (9), 1003-1022.
- KLEIN, P. D. (2000). Elementary students' strategies for writing-to-learn in science. *Cognition and Instruction*, 18 (3), 317-348.
- MCPECK, J. E. (1990). *Teaching critical thinking*. London: Routledge.
- MILLAR, R. (1994). What is "scientific method" and can it be taught. In R. Levinson (Ed.), *Teaching science*. New York: Open University Routledge.
- OLIVEIRA, M. (1992). *A criatividade, o pensamento crítico e o aproveitamento escolar em alunos de ciências*. Tesis Doctoral no publicada. Universidade de Lisboa.
- OLIVEIRA, M. Y FARIA, T. (2000, Abril). Bridging critical and problem solving in science teaching. Comunicación presentada en el NARST Annual Meeting, New Orleans, Louisiana, USA.
- OLIVEIRA, M. Y MARQUES-VIEIRA, R. (1996, julio). The courseware development enhancing critical thinking skills. Comunicación presentada en la 16th Annual International Conference on Critical Thinking & Educational Reform, San Francisco, USA: Sonoma State University.
- OLIVEIRA, M. y SANTOS, L. (1999, Marzo). Internet as a Freeway to Foster Critical Thinking in Lab-activities. Comunicación presentada en el NARST Annual Meeting, Boston, Massachusetts, USA.
- OLIVEIRA, M. y TENREIRO-VIEIRA, C. (1996, julio). Critical thinking in science education: proposal of a work instrument to develop activities that infuse critical thinking into science

- contents. Comunicación presentada en la 16th. Annual International Conference on Critical Thinking & Educational Reform, San Francisco, USA: Sonoma State University.
- OLIVEIRA, M., y TENREIRO-VIEIRA, C. (1994, julio). O pensamento crítico na educação científica: proposta de um instrumento de trabalho. Comunicación presentada en el XVII International School Psychology Colloquium. Campinas, São Paulo, Brasil: Pontificia Universidade Católica de Campinas.
- OLIVEIRA, M., y TENREIRO-VIEIRA, C. (1997, Marzo). Lab-Activities in Light of Critical Thinking. Comunicación presentada en el NARST Annual Meeting, Oak Brook, Illinois, USA.
- OLIVEIRA, M. y RODRIGUES, A. (2001, marzo). Critical thinking as a strategy to promote better science problem solvers. Comunicación presentada al NARST Annual Meeting. St. Louis, Missouri, USA.
- PAUL, R. W. (1984). Critical Thinking: Fundamental to education for a free society. *Educational Leadership*, 42 (1), 4-8.
- PAUL, R., BINKER, A. J. A., MARTIN, D., VETRANO, C., y KREKLAU, H. (1989). *Critical Thinking Handbook: 6th-9th Grades. A guide for remodelling lesson plans in Language Arts, Social Studies & Science*. Rohnert Prak, CA: Center for Critical Thinking and Moral Critique.
- PERKINS, D. N. (1987). Knowledge as design: Teaching thinking through content. In J. B. Baron e R. J. Sternberg (eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice*. New York: W. H. Freeman and Company.
- PRAIN, V. y HAND, B. (1996). Writing for learning in junior secondary science classroom: issues arising from a case study. *International Journal of Science Education*, 18 (1), 117-128.
- RICOUR, P. (1993). É importante manter, desde o início, a dimensão política da educação, 71-76. In A. Kechikian (ed.), *Os filósofos e a educação*. Lisboa: Colibri.
- RIVARD, L. P. (1994). A review of writing to learn in science: Implications for practice and research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 969-983.
- ROWELL, P. M. (1997). Learning in school science. The promises and practices of writing. *Studies in Science Education*, 30, 19-56.
- STERNBERG, R. J. (1986). Pensamento crítico: Sua natureza, medida e aperfeiçoamento. *Revista de Educação*, Vol. 1 (nº 3), 91-103.
- SUTTON, C. (1996). Beliefs about science and beliefs about language. *International Journal of Science Education*, 18 (1), 1-18.
- TEIXEIRA, A. (2001). *A interação de pares como estratégia de desenvolvimento de capacidades de pensamento crítico*. Tesis de Maestría no publicada. Departamento de Educación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa.
- TORRANCE, E. P. (1990a). *Torrance Tests of Creative Thinking: Manual for scoring and interpreting results*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- TORRANCE, E. P., y SAFTER, H. T. (1990b). *The incubation model of teaching: getting beyond the aha!* Buffalo, NY: Bearly Limited.

VILELA, C., y OLIVEIRA, M. (2000, septiembre). *As actividades de modelação com suporte em computador para o ensino das ciências promotoras do pensamento crítico*. Comunicación presentada en el XII Congreso Nacional - I Iberoamericano de Pedagogía, Madrid, España.

Resumen

El objetivo del trabajo es conocer hasta qué punto la producción de textos es contemplada por los autores de libros de texto de ciencias dirigidos a niños entre los 11 y 15 años como una estrategia de enseñanza que promueva el pensamiento crítico y creativo. En primer lugar se identifican las capacidades de pensamiento crítico y creatividad que exigen las actividades de aprendizaje de las ciencias en las que se producen textos. Se indican algunas estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje que promueven la creatividad y el pensamiento crítico mediante la producción de textos curriculares y se hace una propuesta de desarrollo de actividades curriculares que favorezcan el pensamiento crítico.

Abstract

The aim of the work described in this article is to know whether text production is considered by science textbook authors (for students in the age range 11-15) as a teaching strategy promoting critical and creative thinking. First, critical thinking and creative abilities necessary for text production in science classrooms are identified. Then some teaching strategies and learning activities promoting creativity and critical thinking are suggested. Also, we present a proposal to develop curriculum activities that encourage critical thinking.

Maurícia de Oliveira

Departamento de Educação y Centro de Investigação

Educativa de la Facultad de Ciencias

Universidade de Lisboa

1749-016 Lisboa, Portugal

Paula Serra

Escola Superior de Educação de Portalegre

7300 Portalegre, Portugal

Utilización del hipertexto en la comunicación científica y educativa

Isabel Chagas
Teresa Bettencourt
Jorge Matos
Joao Sousa

Introducción

Ante la intensa proliferación de los recursos en soporte hipertexto que se observa actualmente en las escuelas, la cuestión que se presenta, en el dominio de la educación en ciencias, es comprender cuál es su papel en el proceso enseñanza-aprendizaje, lo que implica identificar sus posibilidades y limitaciones, y las características de los ambientes de aprendizaje que son generados en su uso. Teniendo esta cuestión como plano de fondo, este artículo tiene como objetivo contribuir a un enfoque reflexivo acerca de las implicaciones educativas del hipertexto, a través de una discusión sobre su importancia en el ámbito de la educación en ciencias.

El artículo comienza con una descripción, en líneas generales, de qué es el hipertexto. Le sigue una descripción de diferentes modalidades del uso educativo de programas en soporte hipertexto que fueron surgiendo desde los finales de la década de los ochenta. Finalmente, se procede a una

El análisis del valor educativo del hipertexto exige la comprensión de factores diversos y complejos.

revisión de la investigación centrada en el uso de estos programas en el aprendizaje de la ciencia.

Características generales del hipertexto

Al poner énfasis en la asociación de ideas y significados, el hipertexto adquiere una estructura ramificada, pudiendo ser explorado por el usuario de diferentes maneras, o sea, de una forma no lineal. Una descripción genérica del hipertexto incluye las siguientes características (Picher, Berk, Devlin y Pugh, 1991):

1. Sus elementos básicos son los *nodos* y los *links*. Los *nodos* son unidades de información muy flexibles, atendiendo al tipo y al número de datos que contienen. Los *links* son líneas de referencia cruzada que establecen una relación entre *nodos*.
2. Su complejidad depende del número y calidad de los *nodos* y del número de *links* que se establecen entre ellos, originando una estructura ramificada muy diferente a la estructura lineal que caracteriza al texto convencional.
3. Su estructura ramificada permite al usuario moverse rápida y secuencialmente de tema a tema (de *nodo* a *nodo*).
4. El énfasis de su uso (lectura) y de su producción (escritura) incide en el establecimiento de conexiones y relaciones entre los temas y entre los conceptos.
5. Los documentos que origina están siempre por acabar. Los usuarios pueden volverse autores, al introducir nueva información, al establecer nuevos *links*, y al incluir sus propias anotaciones en la obra que estaban consultando.
6. Los usuarios asumen un papel activo, debido a las interacciones que el hipertexto permite.

Kahn y Meyrowitz (1988) argumentan que el hipertexto crea un ambiente particular que permite al usuario integrar materias multimedia de diferentes fuentes, crear ramas de pensamiento y argumento, subrayar materias, establecer diferentes niveles de detalle acerca de un determinado asunto, poner en perspectiva formas paralelas de un mismo texto, conservar versiones diferentes de un texto dado (correspondientes a fases diferentes de elaboración, por ejemplo), evidenciar líneas de intereses, y publicar bases de ideas construidas en colaboración con otros usuarios y que se renuevan continuamente.

El mejor ejemplo actual de una creación en hipertexto es la *www*, donde se pueden reconocer todas las características del hipertexto que se acaban de enunciar: i) los *nodos*, en este caso, corresponden a los documentos o recursos a los que se tiene acceso, como por ejemplo, diferentes páginas en el mismo *site*, una sala de IRC (*Internet Relay Chat*); los *links* son los enlaces que permiten al usuario tener acceso a los recursos disponibles; ii) la complejidad de

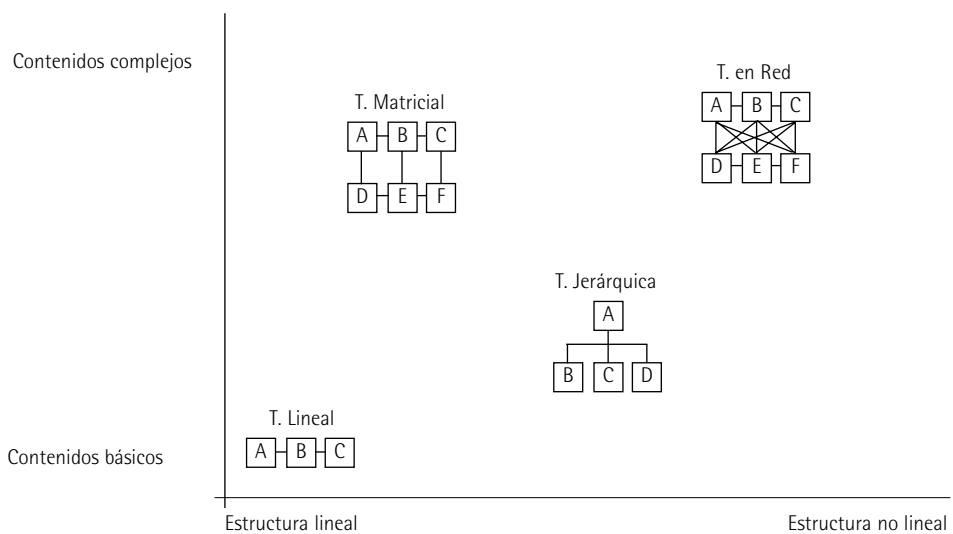
los *sites* es muy variable y depende de los recursos disponibles y de los enlaces que se establecen entre ellos; iii) el usuario navega escogiendo los enlaces que le dan acceso a los documentos o recursos que le parecen estar relacionados con el asunto que pretende profundizar; iv) el usuario puede publicar su propio *site* y establecer nuevos *links* con otros *sites* que considere relacionados; v) no existe una forma de navegar única. Cada usuario sigue su curso en la *www* de acuerdo con sus intereses y con los enlaces (relaciones) que va estableciendo entre los asuntos.

La organización de los documentos en hipertexto se basa en resultados de estudios

efectuados en el dominio de la cognición humana. Tales estudios evidencian limitaciones en cuanto a la cantidad de información que la memoria a corto plazo es capaz de almacenar, y también en cuanto a las características físicas de los soportes utilizados para la presentación del documento –habitualmente pantallas de ordenador– que dificultan la consulta de grandes cantidades de información. Consecuentemente, los contenidos son agrupados en porciones discretas que constituyen unidades lógicas –los *nodos*– que se organizan mediante el establecimiento de hiperenlaces –los *links*– entre sí. Las estructuras resultantes pueden clasificarse, según Lynch y Horton (1999), en cuatro formas básicas (figura 1).

Figura 1

Formas básicas de organización de los documentos en hipertexto en función de la complejidad de los contenidos y de la linealidad de la estructura



La forma más simple de organizar los contenidos es una secuencia lineal, dando origen a un producto que puede estar estructurado cronológicamente o de lo general a lo particular. Al presentar contenidos que están uniformemente organizados en función de la complejidad e interrelacionados, se puede adoptar una *topología matricial*, particularmente utilizada en cursos universitarios *online*. Esta estructura puede hacer muy confusa la consulta de los documentos a los usuarios que no estén familiarizados con los contenidos y con su relación.

Cualquier organización de las unidades lógicas implica el establecimiento de una jerarquía de importancia, siendo esta característica tanto más relevante cuanto mayor es la complejidad del documento. Este hecho puede aparecer en forma de nodos que están ligados unos a otros, creando una estructura de *topología jerárquica*. Habitualmente, esta forma de organización es bien entendida por la mayoría de los usuarios que están habituados a formas de organización idénticas, empleadas en otros contextos.

La tecnología involucrada en la creación de hipervínculos entre los nodos impone pocas restricciones a su uso, por lo que se pueden crear múltiples *links* permitiendo el acceso a cualquier información a partir de cualquier otra, con los documentos organizados en una *topología de red*. No obstante, esta profusión de vínculos físicos puede volverse fácilmente una fuente de confusión, siempre

que origine el paso a un contexto diferente sin que sea perceptible la correspondiente relación conceptual.

El establecimiento de una topología de nodos conduce inevitablemente a concretar una estructura de navegación que servirá de soporte básico a la consulta del documento, pretendiendo así facilitar la construcción de modelos mentales por parte del usuario. No obstante, el tipo de navegación en un documento hipertexto no sólo está determinado por las características de éste, sino también por las necesidades del usuario, tales como los objetivos de su consulta y sus conocimientos previos acerca de los temas. La estructura que organiza un documento, adaptada a la presentación de contenidos a un usuario principiante, difícilmente se ajustará a la presentación de los mismos contenidos a un usuario avanzado.

Modalidades de utilización y producción de hipertexto

Los primeros programas hipertexto/hipermedia que surgieron en los dominios científico y educativo fueron dirigidos a alumnos y profesionales de la medicina, y versaban sobre temas de ese ámbito. Por ejemplo, el estudio de la anatomía, de la fisiología y de la cirugía, exigía el recurso sistemático a la imagen para una mejor comprensión de estructuras, procesos y técnicas. Sin pretender sustituir tales recursos, estos programas constituyen una

alternativa eficaz porque están siempre disponibles y son accesibles desde el punto de vista económico. Además, ofrecen una ventaja respecto a los medios audiovisuales convencionales: acceso aleatorio instantáneo a zonas específicas del programa, control de la visualización de las imágenes (parar, pasar a cámara lenta, repetir) y uso de simulaciones. De este modo, en el abordaje de cada asunto se alían el poder explicativo del texto, de la narración, de las animaciones, y de las representaciones gráficas.

Estos programas pioneros empleaban la tecnología del *video interactivo*, que incluía el video como soporte de imágenes y de efectos sonoros de elevada calidad, y el ordenador como soporte del hipertexto. A partir de estos programas evolucionarían los primeros materiales hipertexto/hipermedia, con aplicaciones en la enseñanza primaria y secundaria, sobre temas de ciencias. Algunos de estos materiales presentaban elevada interactividad, involucrando al usuario en una multiplicidad de procesos cognitivos, con particular énfasis en la resolución de problemas. Uno de esos programas, el *Windows on Science*, llegó a ser adoptado, en 1990, como alternativa al libro de texto, en una decisión altamente controvertida del Departamento de Educación del estado de Texas en los Estados Unidos (Daynes, 1991).

La serie de vídeos titulada *Jasper*, que se centraba en problemas de matemáticas y ciencias, destacó por el carácter innovador

de las propuestas de orden pedagógico y didáctico que difundía. Desarrollado por la *Cognition and Technology Group at Vanderbilt* (Sherwood, Petrosino, Linx y Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1998), tenía como objetivo promover las capacidades de resolución de problemas y la autonomía de los alumnos, y se organizaba según diferentes episodios que se centraban, cada uno de ellos, en un problema complejo. Para resolver ese problema los alumnos tenían que solucionar diferentes sub-problemas hasta llegar a una solución acertada. Estos sub-problemas funcionaban como "anclas", o sea, vínculos que los alumnos establecían, espontáneamente, entre la situación en estudio y sus propios conocimientos, tal como harían en presencia de problemas cotidianos. En uno de los episodios el problema general consistía en escoger el camino más rápido y más adecuado para llegar a Jasper, que se encontraba herido y precisaba de ayuda urgente. Entre los sub-problemas figuraban los siguientes: ¿cuáles son los recursos disponibles y sus características?, ¿cuáles son las ventajas y desventajas de los diferentes caminos posibles, teniendo en cuenta los recursos disponibles?, ¿cuál es la cantidad de gasolina necesaria para ir en barco por el río?, ¿cuáles son los cuidados que Jasper requiere?, ¿cuáles son los materiales que es necesario transportar? Los datos para responder a cada una de estas cuestiones se encontraban diseminados por el video y eran presentados en forma de texto, imagen, película o sonido.

Otro ejemplo de un programa de video interactivo con un componente de resolución de problemas y que proporciona un elevado nivel de interacción es el *Animal Pathfinders*, producido por la *Interactive Nova* (Chagas, 1993). Este programa estaba dirigido a alumnos de 5 a 12 años, abordaba temas de Biología y Ecología y consistía en un recurso de información y actividades organizada en bases de datos multimedia de fácil acceso. Una de esas actividades incluía una secuencia de siete tarjetas (nodos) con una explicación acerca del modo en que las abejas comunican la localización de la fuente de alimento. En esas tarjetas los alumnos tenían acceso al texto, a animaciones de los diferentes tipos de danza realizadas por las abejas, a imágenes en vídeo de los comportamientos de las abejas y al sonido que producen en la colmena. Una de las fichas daba acceso a un juego que consistía en descubrir qué arbusto contenía el alimento, entre tres que aparecían en el monitor. Para eso, al jugador tenía que tener en cuenta las posiciones relativas del sol, de la colmena, de la dirección de la danza y de los arbustos. Siempre que se cargaba un *nuevo juego* surgía un *videoclip* con una nueva danza y un nuevo posicionamiento relativo al sol, a la colmena y a los tres arbustos. El objetivo de las actividades era promover la participación de los alumnos a través de situaciones que, de otra forma, no sería posible que tuvieran lugar en las aulas de ciencias.

Frente al gran crecimiento de la producción multimedia educativa que tuvo lugar a

mediados de los noventa, se discutieron los mecanismos que podrían estar en la base del desarrollo de programas de calidad. En particular en Europa, se procuró aumentar drásticamente el control de la producción multimedia ante el predominio de los Estados Unidos. En el informe producido por la *Task Force Software Didáctico y Multimedia* (Comisión Europea, 1996) se describía la situación respecto a la oferta y la demanda de *software* educativo. Entre otros aspectos, se destacaba que, a pesar de los resultados de investigaciones que han mostrado un papel positivo de los programas multimedia interactivos como auxiliares del proceso de enseñanza-aprendizaje, los materiales existentes se caracterizaban por ser escasos, anticuados, de poca calidad desde el punto de vista pedagógico, y difíciles de integrar en los currículos vigentes y en la práctica de los profesores.

De manera general, los actuales programas educativos hipertexto/hipermedia en soporte CD-ROM o DVD, al contrario que los programas pioneros en soporte videodisco, tienen forma de *libros electrónicos*. Esta designación, un tanto discutible, engloba un conjunto heterogéneo de obras tales como manuales y libros de referencia que funcionan esencialmente como fuente de información y que, dada su especificidad y el modo en que están organizados, son susceptibles de promover el aprendizaje de contenidos y el desarrollo de capacidades. Estos materiales constituyen auxiliares de estudio y recursos para el desarrollo de proyectos. Pueden

añadir una dimensión lúdica al aprendizaje al incluir juegos, simulaciones y adivinanzas, a través de los cuales los alumnos aplican los conocimientos adquiridos. El papel del profesor será, fundamentalmente, el de orientador y creador de situaciones de aprendizaje que involucren el uso racional de los diferentes componentes del programa en uso.

Las obras de referencia incluyen los diccionarios, enciclopedias y atlas electrónicos actualmente disponibles en el mercado, que funcionan como fuentes de grandes cantidades de información, con la ventaja de ser accesible de modo prácticamente instantáneo, reduciendo drásticamente el tiempo que normalmente se pierde en una búsqueda. Otra ventaja consiste en la facilidad en el establecimiento de relaciones entre términos, permitiendo la profundización de la búsqueda en una determinada dirección. La principal desventaja, cuando está en manos de un usuario inexperto, consiste en la estimulación de la navegación sin objetivos, que se traduce en un notable gasto de tiempo sin ningún resultado positivo. El papel del profesor es determinante en este caso, al orientar las búsquedas de los alumnos creando situaciones concretas que exigen como recurso una información específica. Utilizando la terminología de Linn (1998), estos recursos se sitúan en un *marco explicativo* del proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias, dado que los textos, imágenes y sonidos que integran tienen como objetivo explicar los fenómenos científicos. De acuerdo con

la autora, estas explicaciones sólo se vuelven comprensibles cuando incluyen modelos que los alumnos son capaces de relacionar con su experiencia personal.

Muchas veces, los profesores asumen una actitud crítica respecto a los programas hipertexto/hipermedia disponibles en el mercado. Según ellos, los actuales programas no se adaptan al currículo, son poco flexibles, y suscitan un reducido interés en los alumnos (Chagas, 1998). En comparación con los juegos y otros programas de entretenimiento, son poco motivantes y raramente estimulantes, porque se centran fundamentalmente en hechos, limitándose a requerir la capacidad de memorización de los alumnos. Así, para evitar estas limitaciones, se pretende que los programas educativos hipertexto/hipermedia sean *flexibles*, permitiendo múltiples enfoques relativos a diferentes objetivos curriculares, *atrayentes*, reuniendo cualidades estéticas, técnicas o de conceptualización, *sorprendentes*, conteniendo situaciones inesperadas que susciten el entusiasmo y mantengan la motivación de los alumnos, y *estimulantes*, animando a los alumnos a aprender más.

Más recientemente, como consecuencia del gran crecimiento de Internet, ha tenido lugar un significativo aumento en el número de *sites* educativos disponibles. La calidad de estos *sites* es muy variable, lo que suscita problemas en cuanto a su uso en el ámbito de la educación formal. Para

resolver esta situación han sido propuestos criterios de validación y de análisis de *sites* educativos con el objetivo de promover su calidad. Caldeira y Dias (2001), basándose en la vasta literatura sobre el asunto, consideran tres niveles de criterios: el contenido, el enfoque pedagógico y los aspectos técnicos y estéticos del *interface*. Schrock (1998), centrándose en el *site* de centro escolar, cuestiona cómo éste puede servir de auxiliar para integrar los nuevos recursos en el currículo.

Sea cual sea el soporte tecnológico, la calidad intrínseca de un determinado programa educativo hipertexto/hipermedia depende de la calidad del contenido, o sea, de la pertinencia de los temas abordados, del rigor, actualidad y adecuación con que son tratados, y del modo en que se encuentran estructurados. Respecto a este último aspecto Shirk (1995) advierte la importancia de la *arquitectura cognitiva* de estos programas, o sea, el modo en que sus contenidos se presentan estructurados y organizados en nodos y el modo en que éstos últimos se localizan y se relacionan entre sí. Advierte también la tendencia que se observa en muchos autores de estructurar los programas hipertexto/hipermedia producidos de acuerdo con su propia estructura cognitiva, lo que limita el programa y lo hace posiblemente inadecuado para muchos usuarios. Consecuentemente, la organización de cualquier programa se hace según dos vectores: la topología de los nodos y los posibles modelos mentales que vayan a

ser creados por los diferentes usuarios. Esto significa que, durante el proceso de creación de un programa hipertexto/hipermedia educativo, debe figurar un momento de investigación en el que el programa sea ajustado a diferentes usuarios con diferentes estilos de aprendizaje.

Internet pone también a disposición de los usuarios recursos de comunicación que facilitan la participación y la interacción entre ellos, constituyendo el soporte por excelencia del trabajo cooperativo que se observa actualmente en diferentes dominios de actividad, tal como la científica y la educativa. De particular interés para el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias son dos modalidades de trabajo cooperativo actualmente utilizadas en el ámbito de la actividad científica: el *colaboratorio* y las *simulaciones distribuidas* (Schooler, 1996).

El término *colaboratorio* resulta de la fusión de las palabras *colaboración* y *laboratorio*, y significa un centro de investigación sin paredes en la que los participantes, a pesar de estar alejados geográficamente, pueden trabajar en una misma actividad experimental (Kouzes, Myers y Wulf, 1996). En el ámbito educativo han florecido proyectos interdisciplinarios, incluyendo investigaciones centradas en problemas que son objeto de estudio por la comunidad científica a la que los alumnos contribuyen con datos obtenidos a través de su búsqueda y experimentación. Los recursos computacionales disponibles son, además del *site*

del proyecto, el correo electrónico y los foros de discusión como modalidades de comunicación en diferido, aunque también pueden ser compartidos en tiempo real, a través del IRC y la videoconferencia. Como ejemplo de un proyecto cooperativo está el *Observatorio de las Ciencias en el 1º Ciclo* (Fragoso y Chagas, 2001) que cuenta con la participación de alumnos y profesores del 1º ciclo de enseñanza básica y de alumnos y profesores de la enseñanza superior. Tiene como objetivo crear una red inter-escuelas para desarrollar actividades de experimentación, observación y tratamiento de datos científicos. Esta red de escuelas procura desarrollar proyectos de investigación entre los equipos de las escuelas participantes, registrando las observaciones y conclusiones, ya sea en el aula, o en el *site* del proyecto. Los docentes y alumnos de la enseñanza superior han participado en acciones de formación y en la propuesta de actividades a realizar durante el proyecto. En suma, el trabajo en un *colaboratorio* escolar implica la participación de diferentes instituciones (escuelas, universidades, laboratorios de investigación y autoridades locales, entre otros) y puede involucrar no sólo la formación de los alumnos, sino también la formación de los profesores en los temas en estudio y en el uso de las tecnologías de información y comunicación.

Las *simulaciones distribuidas* pueden ser vistas como un espacio de trabajo compartido al que muchos usuarios tienen acceso, pudiendo modificar simultáneamente determinados

componentes (variables) de ese espacio (Schooler, 1996). Como propuesta educativa, alía las posibilidades de las simulaciones con las del trabajo cooperativo, ampliando las perspectivas de los alumnos sobre los fenómenos en estudio al hacerles enfrentarse con diferentes enfoques, cuestiones y puntos de vista, presentados por sus colegas y por sus compañeros. Un ejemplo en curso es un ejercicio de toma de decisiones integrado en el *site* educativo *Exploraciones en las Berlingas* (Chagas, 2002) destinado a apoyar a alumnos y a profesores en el estudio de ecosistemas. En este ejercicio, los participantes (preferentemente alumnos de escuelas diferentes) tienen que decidir qué hacer frente al crecimiento descontrolado de poblaciones de gaviotas en la isla Berlinga. Para ello disponen en el *site* del proyecto de información acerca de la isla y del problema en estudio, así como acerca de diferentes personajes, que corresponden a posibles participantes en el debate. Cada escuela puede escoger a un personaje y participar en la discusión a través de un foro disponible, del correo electrónico, y de la *sala* de IRC creada para el efecto.

La existencia de aplicaciones de un uso relativamente fácil para la producción de hipertexto, tanto *offline* (*Hypercard*, *Toolbook*, *Director*), como *online* (*Frontpage*, *Dreamweaver*), ha dado origen a otro tipo de proyectos innovadores que se basan en la autoría o composición de hipertexto por los alumnos, y cuyas implicaciones en el aprendizaje constituyen, actualmente, un objeto de investigación.

Diariamente, millares de profesores y alumnos de todos los niveles de enseñanza, investigadores, especialistas y personas con las más diferentes profesiones e intereses se comunican entre sí, desde cualquier parte del mundo, estableciendo verdaderas *comunidades de aprendizaje*. Los participantes de estas comunidades se reúnen en un esfuerzo común por procurar información, comprenderla y aplicarla. Tal información puede obtenerse ya sea a través de documentos localizados en Internet, o a través de otros usuarios. A medida que las interacciones entre las personas involucradas van promoviendo la integración de la información, ésta se torna conocimiento, pudiendo ser utilizada en el tratamiento de cuestiones y en la resolución de problemas específicos (Harasim, Hiltz, Teles y Turoff, 1995). Dias (2001) describe la *comunidad de aprendizaje* como:

"Un sistema cooperativo y distribuido que se forma para la interacción, y que se efectúa a través de la comunicación orientada por objetivos de aprendizaje compartidos entre sus miembros" (pág 27).

Dadas estas características, se parte del presupuesto de que estas comunidades, en las que el hipertexto es un medio privilegiado de comunicación, van a desempeñar un papel importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, constituyéndose en un atributo específico de Internet como recurso educativo.

Uso educativo de Hipertexto/Hipermedia: ¿qué dice la investigación?

Esta sección tiene como objetivo proporcionar una panorámica de la investigación acerca de los efectos que tienen en el aprendizaje de las ciencias diferentes tecnologías que utilizan el hipertexto como soporte estructural. Se organiza según los siguientes temas que sistematizan su aplicación en la educación: programas *offline*, hipertexto/hipermedia *online*, y producción de hipertexto.

Programas Offline

Según Sherwood *et al.* (1998) el formato multisensorial de los programas de la serie Jasper permite que los alumnos desarrollen competencias de reconocimiento de patrones importantes en el aprendizaje de conceptos. Además de eso, facilita la construcción de modelos mentales por el alumno, porque proporciona una representación del problema más verídica que el texto, por ser dinámica, visual y espacial. Estos atributos, de acuerdo con estos autores, parecen ser particularmente relevantes en alumnos con poca práctica y con pocos conocimientos acerca del tema de estudio.

Actualmente, la visualización de fenómenos naturales y de datos científicos, posibilitada por los productos multimedia, constituye una línea de investigación prometedora en lo que respecta a la clarificación de los atributos

específicos de estos sistemas en el aprendizaje de la ciencia. Leonard (1992) describe el enriquecimiento de la experiencia educativa vivida por los alumnos debido a la interactividad, el acceso a representaciones concretas de conceptos de elevado nivel de abstracción, y la posibilidad de que el alumno visualice e interactúe con fenómenos que en condiciones normales no son accesibles en el aula. Kozma y Russell (1997) confirman esta última aseveración diciendo que los sistemas hipertexto/hipermedia permiten la visualización de fenómenos naturales con los cuales no es posible tener una experiencia directa. En la misma línea Matos (1997) parte del presupuesto de que estos sistemas pueden funcionar como alternativa a los trabajos de laboratorio de Biología. Este investigador desarrolló el estudio de un programa hipermedia educativo, denominado *Dissección Interactiva de un Ratón*. La validación del programa tuvo como fundamento el trabajo desarrollado por Leonard (1992), y se centra en los cambios de aprovechamiento y actitudes de los sujetos. Los resultados obtenidos sugieren que el programa puede constituir una alternativa efectiva a las disecciones. Este tipo de programas, comparables a los utilizados en medicina, puede sustituir en determinadas condiciones la observación directa, proceso importante en la comprensión y aprendizaje de determinados temas científicos, en particular de Biología.

La visualización a través de demostraciones, simulaciones, modelos, gráficos a tiempo real y vídeo puede contribuir a la comprensión de

conceptos complejos, pues permite la construcción de representaciones mentales y su unión al concepto en estudio (Escalada y Zollman, 1997). Ésta es una cuestión controvertida y también de gran importancia, pues tiene implicaciones en el diseño de programas hipertexto/hipermedia educativos. Según Schnotz (1998), el uso de imágenes y de diagramas animados no facilita necesariamente el aprendizaje, porque las tareas estructurales y procedimentales involucradas en la transformación de modelos mentales, dejan de ser realizadas por el alumno. Éste pasa a tener un papel pasivo, siguiendo un estímulo exterior en vez de concebir mentalmente la simulación. De acuerdo con Kozma (1991), no todos los alumnos se benefician de la visualización proporcionada por los multimedia, dependiendo de los respectivos estilos de aprendizaje. Para Charney (1989), lo que hace al hipertexto tan atrayente para muchos alumnos, lo hace difícil para otros. Aquellos que estudian un tema por primera vez, pueden tener dificultades para desenvolverse por la estructura ramificada del hipertexto porque carecen de fundamentos para seleccionar la información y decidir el camino a seguir. Sin criterios de selección respecto al tema de estudio, el alumno inexperto acaba consultando grandes cantidades de material irrelevante, desmotivándose.

Así, el efecto positivo o negativo que tiene un determinado programa hipertexto/hipermedia en el aprendizaje no dependerá solamente de sus características, sino de las características del alumno que lo utiliza. La

flexibilidad del hipertexto da la posibilidad de que, en un mismo programa, se primen diferentes estilos de aprendizaje y se incluyan sugerencias diferenciadas dirigidas al profesor para la estructuración de ambientes de aprendizaje adecuados a cada situación. Consecuentemente, la creación de tales programas es una tarea de gran complejidad, que trasciende el conocimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en diferentes contextos: en el aula, en las actividades escolares, en casa.

Berger, Lu, Belzer y Voss (1994) definen hipermedia como un ambiente para pensar y comunicar mediado por el ordenador. Estos ambientes permiten al alumno aprender de diferentes formas –viendo, oyendo, leyendo, escribiendo y haciendo– modo que organiza su razonamiento y crea nuevos pensamientos. Al enfrentarse al mismo material presentado en diferentes modalidades, el alumno se apercibe de su riqueza y profundidad, al mismo tiempo que expande y refina sus capacidades de visualización, creatividad y crítica. Con todo, esta flexibilidad puede provocar desorientación y sobrecarga cognitiva, lo cual inhibe el aprendizaje. Se han propuesto diferentes soluciones, tales como la posibilidad de acceso en cualquier momento de la navegación a mapas de conceptos que presentan al alumno un sentido de dirección, y el filtrado de información que haga aseguibles los niveles de complejidad y de detalle.

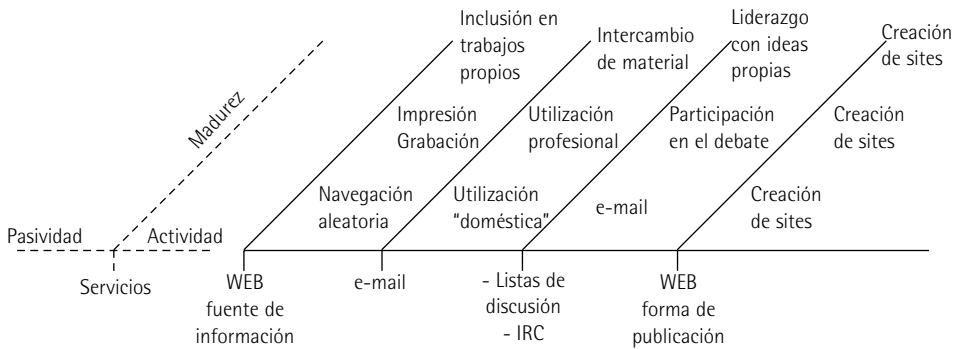
Hipertexto/hipermedia online

El uso de Internet en el contexto educativo puede dar lugar a exploraciones particulares y alcanzar objetivos educativos distintos; todo depende del recurso que se haya escogido de entre los que se ofrecen. Betencourt (1997) propone una tipología del uso educativo de Internet que sistematiza la diversidad de recursos disponibles y su respectiva exploración, tal como es posible observar actualmente a través de las prácticas de profesores y alumnos. Esta tipología (figura 2) está organizada según los tres ejes siguientes: a) el recurso o los servicios utilizados; b) el grado de pasividad/actividad del usuario, definido como un *continuo* desde la simple consulta (pasividad) hasta la creación de materiales para figurar en la web (actividad); c) el grado de madurez en el uso de un recurso dado, que tiene que ver con la disponibilidad, tanto cognitiva como afectiva, del usuario respecto a ese recurso. El grado máximo de madurez, cualquiera que sea el recurso que se considere, corresponde a una implicación del usuario que se traduce en la creación de algo original y eventualmente innovador, susceptible de contribuir al enriquecimiento de la comunidad virtual.

El uso de la web como fuente de información engloba un conjunto diverso de actividades educativas que van desde la simple navegación, hasta la búsqueda, selección, tratamiento e inclusión de información en proyectos de resolución de problemas y

Figura 2

Tipología de la utilizaciones educativas de Internet



trabajo cooperativo. El papel de la navegación aleatoria, o sea, el camino a través de los nodos hipertextuales sin un objetivo predefinido en el aprendizaje, constituye un tema controvertido. De acuerdo con Marques (1998), el acceso fácil y económico a un inmenso caudal de información multimedia de todo tipo, y la interacción con estos materiales, facilitan el desarrollo de competencias de búsqueda, selección y organización de información. Saikoski (1996) argumenta que la posibilidad de obtener estos materiales motiva al usuario a aprender. El carácter motivador de la navegación es también recalado por Bracewell, Breleux, Laferrère, Benoit y Abdous (1998) y Feldman (2000). Linn (1998) defiende que la navegación permite el contacto con ideas científicas recientes, motivando al alumno al aprendizaje y contribuyendo a que continúe en la profundización de sus conocimientos de una forma autónoma a lo largo de la vida. Se han

enunciado como desventajas las siguientes: fomento de una navegación errática, sin significado alguno, y por tanto, sin ninguna repercusión en el aprendizaje (Baia, 1999); calidad dudosa (Marques, 1998; Witfelt, 2000) y variable (Ferreira, 1996) de la información disponible; inadecuación de la información para el contexto educativo e informativo (Riel, 1996); dificultades en la realización de búsquedas, atendiendo a la diversidad, cantidad y volatilidad de la información publicada (Duchastel y Turcotte, 1996). Para evitar estas limitaciones se han propuesto diferentes enfoques, con el objetivo de orientar la navegación, haciéndola más significativa, y que incluyen por ejemplo, la indicación por el profesor de direcciones de *sites* de calidad, la creación de situaciones que proporcionen un marco a la navegación, como por ejemplo, *observar* los volcanes actualmente en actividad, y la participación en *webquests* (Dodge, 1995), actividades de

investigación y búsqueda orientadas en las que los alumnos interactúan con la información. Roschelle y Pea (1999) afirman que hasta los profesores más experimentados tienen dificultades para orientar a sus alumnos en el proceso de estructurar la información a la que tienen acceso en algo creíble y útil. Se necesitan herramientas específicas que funcionen como medio para organizar información, de forma que se promueva el pensamiento crítico de los alumnos acerca de los recursos en la *www*. Estos autores proponen la creación de sistemas que extraen la información relevante y pertinente a partir de determinados patrones de uso, como por ejemplo, las actividades que más veces son mencionadas en un foro de discusión.

Atendiendo a teorías cognitivas, en particular, la teoría del procesamiento de la información, algunos autores (Carvin, 1997), ponen de manifiesto un paralelismo entre la forma en que las personas procesan la información, elaboran las ideas y resuelven los problemas, y la filosofía de hipertexto tal como está disponible en la web. El modo en que se utiliza la web como fuente de información, y el modo en que el alumno integra esas informaciones en sus conocimientos previos a fin de construir conocimiento significativo, son cuestiones centrales que orientan actualmente la investigación en este dominio. Santa (2001) describe la tendencia que tienen los alumnos a proceder a la búsqueda, selección y procesamiento de información, de acuerdo con lo que les parece más conveniente, existiendo fuertes

indicios de que esa "conveniencia" está relacionada con los conocimientos que han adquirido anteriormente. Otros factores condicionantes de los procesos de búsqueda y selección observados en este estudio, fueron el orden de presentación de los resultados por los motores de búsqueda, y el resumen o clasificación que muchas veces presentan.

Berger *et al.* (1994) describen investigaciones donde se evidencia que el uso de programas hipermedia sin ninguna orientación, puede llevar a que los alumnos establezcan relaciones no deseables entre los contenidos a los que van accediendo, generando concepciones alternativas. Una de las posibilidades para superar este problema, según estos autores, reside en compartir los vínculos y conexiones descubiertas por los alumnos con colegas y profesores a través de los medios de comunicación de Internet. Esta estrategia "en red" puede facilitar la construcción flexible del conocimiento a través de la colaboración entre los alumnos y otros participantes.

Entre los recursos de comunicación disponibles en Internet, el *e-mail* fue el primero en ser utilizado, y continua siendo aquel al que recurren más frecuentemente tanto profesores como alumnos. De acuerdo con la tipología representada en la figura 2, el nivel de madurez más simple respecto al uso de este recurso corresponde al uso "doméstico", o sea, al intercambio más o menos ocasional de correspondencia entre

amigos o para tratar asuntos ocasionales. En un nivel más elevado, el *e-mail* es utilizado en proyectos de colaboración, incluyendo, por ejemplo, la elaboración de artículos o la realización de trabajos de investigación científica. Al realizar tales actividades cooperativas los alumnos aprenden contenidos específicos de diferentes disciplinas curriculares, así como desarrollan competencias cognitivas, sociales y afectivas (Riel, 1996). Estas actividades creativas y cooperativas, según Chagas (2001), originan un aprendizaje significativo cuando están encuadradas en un trabajo de proyecto y de resolución de problemas auténtico y significativo para los alumnos.

Los investigadores reconocen que las modalidades de conversación que se generan a través de los medios de comunicación típicos de Internet, como el IRC y los grupos de discusión, tienen una organización que no se adecua a las exigencias del aprendizaje (Roschelle y Pea, 1999). Para evitar esta dificultad han desarrollado proyectos tanto de aplicación como de investigación, entre los cuales destacan el *Collaborative Visualisation* (CoVis) (Edelson, 1998) y el *Knowledge Integration Environments* (Linn, 1998), con el objetivo de apoyar el aprendizaje a través de la creación de *software* o de estrategias específicas que reestructuren las contribuciones de los alumnos en las conversaciones, dando énfasis a las relaciones significativas entre esas contribuciones y orientando, con base

en principios socio-afectivos, las actividades de los alumnos. Los datos de estos proyectos revelan que el uso de los materiales varía en consonancia con la experiencia de los alumnos con el ordenador, el medio social del que provienen, sus dificultades respecto a la comunicación, el género, y el apoyo prestado por la familia.

Una vez más, estos resultados llaman la atención sobre la importancia de la investigación centrada en el alumno para la comprensión del papel educativo del hipertexto/hipermedia. Hartley y Bendixen (2001) mencionan a este propósito resultados de investigaciones recientes, que señalan que determinadas características individuales tales como pasividad *versus* actividad, dependencia *versus* independencia de campo, procesamiento profundo *versus* superficial, afectan al fenómeno del aprendizaje en un determinado ambiente hipermedia. Estos autores sugieren que se investiguen también las creencias epistemológicas y los mecanismos de auto-regulación de los alumnos y sus implicaciones en el aprendizaje con recursos tecnológicos.

Producción de Hipertexto

La construcción de páginas en la web por los alumnos desarrolla capacidades de organización y estructuración del pensamiento, comunicación, escritura, búsqueda, pensamiento crítico y expresión artística (Nielsen, 1997). Estas capacidades,

en principio, son tanto más estimuladas cuanto mayor es el nivel de madurez en la publicación, lo cual se corresponde con la construcción de hipertexto con topología cada vez más compleja (de lineal a red). Las páginas web se caracterizan por su dinamismo, atendiendo a que están sujetas permanentemente a ser revisadas y actualizadas. La revisión de los textos tiene implicaciones en el aprendizaje, pues exige de los alumnos un permanente análisis de los datos de los que se dispone y una evaluación del contenido a incluir. Además, inculca en los alumnos el sentido de la responsabilidad. Publicar en la web significa publicar para el mundo, esperando toda clase de críticas. El micromundo del aula se agranda y se rompen fronteras. Se altera también la imagen que la escuela tiene de sí misma. Deja de ser únicamente *consumidora* de información para pasar a ser también *diseminadora* de información (Wolgemuth, 1996).

Según Spitulnik, Stratford, Krajcik y Soloway (1998) el desarrollo de hipertexto/hipermedia por el alumno facilita el establecimiento de vínculos entre las ideas y la construcción de relaciones. Construyendo sus propios documentos, los alumnos ejercitan estrategias cognitivas complejas, tomando decisiones acerca del desarrollo de los documentos, y del modo en que se organiza y transmite la información que seleccionaron previamente. Estos autores, observaron el desarrollo de dos proyectos en los que los alumnos construían *artefactos hipermedia*

integrados en las aulas de química. En ambos proyectos los alumnos, organizados en pequeños grupos, utilizaron la aplicación *hypercard* para crear nodos con elementos sobre los conceptos de estudio, presentados según diferentes sistemas simbólicos (texto e imagen). Los documentos producidos por cada grupo eran sometidos a la validación de los compañeros y posteriormente eran mejorados. Las versiones finales presentaban nodos con texto, esquemas, gráficos y animaciones con vínculos *-links-* entre sí pertinentes y adecuados. Spitulnik *et al.* (1998) concluían que la composición de estos documentos permite que los alumnos establezcan conexiones entre los conceptos, representen el conocimiento utilizando diferentes sistemas simbólicos, y que revisen continuamente su comprensión acerca de los temas de estudio.

Tomando como base los conocimientos adquiridos en experiencias anteriores de apoyo a los alumnos en la publicación en la *www*, Sanches (2000) orientó a alumnos de Biología de la enseñanza secundaria en la concepción y publicación de un *site* con los resultados de los estudios sobre mareas, realizados por ellos en diferentes puntos de la costa del Algarve. Los alumnos procedieron al estudio de los seres vivos *in situ*, y a la investigación, utilizando diferentes recursos de referencia, desde el libro de texto hasta *sites* en la *www*. Concibieron también la estructura/arquitectura del *site* y procedieron a su publicación. A partir del

momento en que fue publicado pudieron realizar reformulaciones y mejoras de contenido, tomando como base las sugerencias y comentarios de los visitantes. De esta manera, la construcción de páginas en la web se convierte en un esfuerzo cooperativo entre profesores y alumnos, que se puede extender a muchas otras personas, tanto dentro como fuera del colegio. Se trata de un proyecto extremadamente rico desde el punto de vista educativo, en que los alumnos tienen la oportunidad de poner en práctica una multiplicidad de competencias cognitivas, socioafectivas y psicomotoras, al mismo tiempo que educan el pensamiento crítico y la creatividad, la sensibilidad artística y el espíritu de colaboración, y experimentan diferentes modalidades de comunicación. La publicación de una página en la *www* suscita la reacción de otros usuarios de la red, tanto en el mismo país como en el extranjero, estableciendo vías de comunicación reales en las que los alumnos están auténticamente involucrados.

Conclusión

La influencia de las tecnologías de información y comunicación en la actividad humana es evidente. Hoy en día, el modo en que se trabaja, comunica, accede y procesa la información está permeado por la tecnología, que facilita y expande el alcance de estas actividades, al mismo tiempo que crea un contexto particular con limitaciones y cualidades propias.

Se observa en el mundo-fuera-de-la-escuela que la tecnología expande las potencialidades de muchos objetivos humanos, entre ellos, los de la investigación científica. Es esta cualidad de abrir nuevos horizontes a la actividad humana la que debe ser examinada en profundidad por todos los que están involucrados o que tienen un interés en la educación.

En el caso particular del hipertexto/hipermedia se comprueba que es un medio perfectamente ajustado al mundo de los ordenadores, que permite su máximo desarrollo en el dominio de la comunicación. La comunicación multimedia en soporte hipertexto/hipermedia es una realidad a la que muchos profesionales de varios dominios de actividad recurren actualmente.

En el dominio de la educación, coexisten una multiplicidad de propuestas con el objetivo de clarificar y comprender el papel del hipertexto/hipermedia en el aprendizaje. Los estudios realizados hasta ahora, ponen de manifiesto que el tratamiento de esta cuestión exige la comprensión de un conjunto de factores como las características del *software*, las prácticas de uso, la familiaridad del usuario con la tecnología y con el asunto de estudio, las actitudes de los usuarios (profesores y alumnos) con relación a la tecnología y las situaciones por ella creadas, y la propia escuela, considerada como un sistema complejo, caracterizado por una cultura que influye en las representaciones y en las decisiones de sus miembros.

Estos factores no actúan aislados, sino que se integran entre sí, lo que hace su estudio particularmente difícil desde un punto de vista experimental. La discusión acerca de las implicaciones educativas del uso de las tecnologías relacionadas con el

hipertexto/hipermedia sólo podrá proseguir si se enriquece con datos de investigaciones, en particular datos obtenidos en situaciones naturales de aprendizaje en el aula o en otros lugares de la escuela en donde se utilizaba la tecnología.

Bibliografía

- BAIA, M. (1999). *Utilização educativa da Internet: três estudos*. Tese de Mestrado não publicada. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: Lisboa.
- BERGER, C., LU, C., BELZER, S., y VOSS, B. (1994). Research on the uses of technology in science education. En D. Gabel (Ed.), *Handbook of research in science teaching and learning*. New York: Macmillan Publishing Company, 466-490.
- BETTENCOURT, C. (1997, septiembre). Possíveis razões para uma utilização educativa da Internet. Comunicación presentada en el 2º Simpósio Investigação e Desenvolvimento de Software Educativo. Universidade de Coimbra: Coimbra.
- BRACEWELL, R., BRELEUX, A., LAFERRÈRE, T., BENOIT, J., y ABDOUS, M. (1998). The contribution of new technologies to learning and teaching in elementary and secondary schools. Online: <http://www.tact.fse.ulaval.ca/ang/html>.
- CALDEIRA, A., y DIAS, P. (2001). Criteria for evaluating learning websites: how does this impact the design of e-learning? En P. Dias y C. Freitas (Orgs.). *Actas de la II Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação*. Universidade do Minho: Braga, 521-528.
- CARVIN, A. (1997). *The wonders of hypertext: non-linear informational adventures*. Online: <http://edweb.cnidr.org/web/hypertext.html>.
- CHAGAS, I. (2002). The island of Berlenga. En L. Richter y R. Engelhart (eds.). *Life of science. White book on educational initiatives in natural science and technology*. Copenhaga: Repro, Danish University of Education, 77-80.
- CHAGAS, I. (2001). Utilização da Internet na aprendizagem da ciência. Que caminhos seguir? *Inovação*, 14 (3), 14-26.
- CHAGAS, I. (1998). Software educativo. Que dizem os professores? En B. Macedo (Org.), *A Sociedade da Informação na Escola*. Lisboa: Conselho Nacional de Educação, 111-117.
- CHAGAS, I. (1993). *Teachers as innovators: a case study of implementing the interactive videodisc in a middle school science program*. Tesis de doctorado. Boston: Boston University.

- CHARNEY, D. (1989). *Comprehending non-linear text: the role of discourse cues and reading strategies*. *Hypertext '87 proceedings*. New York: Association for Computing Machinery.
- COMIÇÃO EUROPEA (1996). *Software didático e multimédia. Relatório final*. Bruxelas: CE.
- DAYNES, R. (moderador) (1991, abril). *Impact of the Texas adoption of a videodisc-based curriculum*. Poster presentado en el encuentro de la International Interactive Communication Society, Boston.
- DIAS, P. (2001). Comunidades de aprendizagem na Web. *Inovação*, 14 (3), 27-44.
- DODGE, B. (1995). *Some thoughts about webquests*. Online: http://edweb.sdsu.edu/EdWeb_Folder/courses/EDITEC596/About_WebQuests.html.
- DUCHASTEL P., y TURCOTTE, S. (1996). *Online learning and teaching in information-rich contexts*. Online: http://www.nova.edu/~duchaste/INET_96.html.
- EDELSON, D. (1998). Realizing authentic science learning through the adaptation of scientific practice. en B. Fraser e K. Tobin (eds.), *International handbook of science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 317-331.
- ESCALADA, L., y ZOLLMAN, D. (1997). An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 467-489.
- FELDMAN, B. (2000). Internet in the classroom: effects on reading comprehension, motivation and metacognitive awareness. *Educational Media International*, 37, 149-156.
- FERREIRA, E. (1996). A Internet como fonte de informação para engenharia. *Ingenium*, 2, (8), 54-59.
- FRAGOSO, J., y CHAGAS, I. (2001). Observatório das Ciências no 1º ciclo. Um projecto de formação e de investigação. In P. Dias (ed.) *Libro de actas de la II Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação. Challenges, Desafios 2001*. Braga: Universidade do Minho, 873-883.
- HARASIM, L., HILTZ, S., TELES, L., y TUROFF, M. (1995). *Learning networks*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- HARTLEY, K., y BENDIXEN, L. (2001). Educational research in the Internet age: examining the role of individual characteristics. *Educational Researcher*, 30 (9), 22-26.
- KAHN, P., y MEYROWITZ, N. (1988). *Guide, Hypercard and Intermedia. A comparison of hypertext/hypermedia systems*. Providence, RI: Brown University.
- KOUZES, R., MYERS, J., y WULF, W. (1996). Collaboratories: doing science on the Internet. *IEEE Computer*, 29, 40-46.
- KOZMA, R., y RUSSELL, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949-968.
- KOZMA, R. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61, 179-211.

- LEONARD, W. (1992). A comparison of student performance following instruction by interactive videodisc versus conventional laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 93-102.
- LINN, M. (1998). Educational technology. En B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International handbook of science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 264-418.
- LYNCH, P., y HORTON, S. (1999). *Web style guide: basic design principles for creating web sites*. New Haven: Yale University Press.
- MARQUES, P. (1998, septiembre). *Usos educativos de Internet. La revolución de la enseñanza?* Comunicación presentada en el 3º Simpósio Investigaçã o e Desenvolvimento do Software Educativo. Universidade de Évora, Évora.
- MATOS, J. (1997). *Dissecçã o hiperme dia: influê ncia nas atitudes e nas aprendizagens em Biologia de alunos do 11º ano*. Tesis de Maestría no publicada. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- NIELSEN, J. (1997). *Be succinct! - writing for the web*. Extraído en octubre de 2000 de <http://www.useit.com/alertbox/9703b.html>.
- PICHER, O., BERK, E., DEVLIN, J., y PUGH, K. (1991). Hypermedia. En E. Berk y J. Devlin (eds.). *Hyper-text/hypermedia handbook*. New York: Intertext Publications, 23-52.
- RIEL, M. (1996). *The Internet and the humanities. The human side of networking*. Online: <http://www.ed.gov/Technology/Futures/riel.html>.
- ROSCELLE, J., y PEA, R. (1999). Trajectories from today's WWW to a powerful educational infrastructure. *Educational Researcher*, 28 (5), 22-25.
- SAIKOSKI, K. (1996). *O uso da Internet como forma de aprendizado para a disciplina de redes de computadores do curso de graduaçã o informática da PUCRS*. Comunicación presentada en el 3º Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Colombia. Online: http://phoenix.sce.fct.unl.pt/ribie/cong_1996/.
- SANCHES, C. (2000). *A Internet na sala de aula*. Tesis de Maestría no publicada. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SANTA, L. (2001). *A Internet como instrumento de pesquisa de informaçã o: contributos para o trabalho de projecto na educaçã o em ciência*. Tesis de Maestría no publicada. Universidade de Évora, Évora.
- SCHNOTZ, W. (1998, julio). *Comprehending texts, pictures and diagrams in science learning*. Conferencia plenaria en el Seminario "Compreensão e produçã o de textos científicos". Universidade de Aveiro.
- SCHOOLER, E. (1996). Conferencing and collaborative computing. *Multimedia Systems*, 4, 210-225.
- SCHROCK, K. (1998). *Kathy Schrock's guide for educators: critical evaluation surveys*. Online: <http://discoveryschool.com/schrockguide/eval.html>.

- SHERWOOD, R., PETROSINO, A., LINX, E., y COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1998). Problem-based macro contexts in science instruction: design issues and applications. En B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International handbook of science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 349-362.
- SHIRK, H. (1995). Cognitive architecture in hypermedia instruction. En E. Barret (Ed.), *Socio-media. Multimédia, hypermedia, and the social construction of knowledge*. Cambridge, MA: The MIT Press, 79-93.
- SPITULNIK, M., STRATFORD, S., KRAJCIK, J., y SOLOWAY, E. (1998). Using technology to support students' artefact construction in science. En B. Fraser y K. Tobin (eds.), *International handbook of science education*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 363-381.
- WITFELT, C. (2000). Educational multimedia and teacher's needs for new competencies: a study for compulsory school teacher's needs for competence to use educational multimedia. *Educational Media International*, 37, 235-242.
- WOLGEMUTH, A. (1996). *Learning online: an educator's easy guide to the Internet*. Online: http://www.business1.com/iri_sky/lo.htm.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo contribuir a una reflexión acerca de las implicaciones educativas del hipertexto. Después de una descripción de qué es el hipertexto, sigue una descripción de diferentes programas en soporte hipertexto que fueron surgiendo desde finales de la década de los ochenta. Finalmente se hace una revisión de la investigación centrada en el uso de estos programas en el aprendizaje de la ciencia. Los estudios realizados hasta el momento ponen de manifiesto que el análisis del valor educativo del hipertexto exige la comprensión de factores como las características del *software*, las prácticas de uso, la familiaridad y actitudes de profesores y alumnos hacia la tecnología y hacia el asunto de estudio.

Abstract

This article contributes to a reflection on the educational implications of hypertext. First, a description of hypertext is made. Then, several educational projects based on hypertext, starting in the 80's, are described. Finally, we present a review of research on the use of these educational projects in the area of science education. Studies made up to this moment show that analyzing the educational value of hypertext involves understanding

several factors: software characteristics, the way it is used, and familiarity and attitudes of teachers and students in relation to technology and subject matter.

Isabel Chagas

*Centro de Investigación en Educación
Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa
Campo Grande, C4, 1º piso
1749-016 Lisboa*

Teresa Bettencourt

*Departamento de Didáctica y Tecnología Educativa
Universidad de Aveiro
3810-193 Aveiro*

Jorge Matos

*Escola Superior de Educação de Beja
Rua Pedro Soares
7800-295 Beja*

Joao Sousa

*Centro de Competencia de Nónio
Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa
Campo Grande, C4, 3º piso
1749-016 Lisboa*

Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos

Arthur C. Graesser
Brent Olde
Victoria Pomeroy
Shannon Whitten
Shulan Lu
Scotty Craig

Como indica el título, el propósito de este artículo es discutir el papel de las inferencias y las preguntas cuando se intenta comprender un texto científico. Si el texto científico es comprendido, el lector debería ser capaz de generar inferencias a un nivel más profundo de representación, es decir, en el nivel de los mecanismos causales. Dichas inferencias se refieren tanto a los antecedentes causales de los hechos y procesos, como a sus consecuencias. El que comprende debería ser capaz de preguntar y responder preguntas sobre estos mecanismos. Estas preguntas se refieren al por qué (¿por qué ha sucedido el hecho E?), al cómo (¿cómo ocurre el proceso P?) y a lo que sucedería si eso no fuera así (¿qué pasaría si el estado S no existiera?). La comprensión de los textos científicos sería mucho más adecuada si los lectores fueran capaces de generar estas inferencias y preguntas, y fuesen capaces de responder a las mismas.

Desgraciadamente, la generación de inferencias, preguntas y respuestas durante la comprensión de los textos científicos se

La comprensión de un texto científico implica ser capaz de generar inferencias en un nivel profundo de representación.

convierte en un reto para niños y adultos. ¿Por qué? Una razón es que no tienen conocimientos abundantes sobre los mecanismos científicos subyacentes en los textos científicos. De hecho, el propósito de la escritura de un texto científico es informar al lector sobre mecanismos que no son familiares para él, como sucede también en la mayoría de los textos expositivos. Los lectores pueden generar muchos tipos de inferencias cuando tienen conocimientos amplios sobre el tema del que trata el texto, como sucede en la mayoría de los textos narrativos (Graesser, Singer, y Trabasso, 1994; Zwaan y Radvansky, 1998), pero se generan claramente menos inferencias en los textos científicos y otras formas de textos expositivos sobre temas no familiares para el lector (Cote, Goldman, y Saul, 1998; Goldman, Saul, y Cote, 1995; Graesser y Bertus, 1998; Millis y Graesser, 1994; Noordman, Vonk, y Kempff, 1992; Singer, Harkness, y Stewart, 1997).

Una segunda razón por la que las inferencias y las preguntas son tan difíciles de construir durante la lectura de textos científicos es que los estudiantes no están adiestrados para hacerlo. Hay muy pocos programas de lectura para niños que entrenen sistemáticamente en las habilidades necesarias para generar inferencias y preguntas de calidad durante la comprensión. Por tanto, no es sorprendente que tanto niños como adultos sean poco eficaces en esta tarea. Como la mayoría de los maestros y profesores están satisfechos si los estudiantes realizan inferencias y preguntas

superficiales (Dillon, 1988; Graesser y Person, 1994) esto se ha convertido en lo normal. Cuando se entrena a los estudiantes en cómo preguntar y responder preguntas de calidad durante la comprensión (por ejemplo, aquellas que requieren inferencias y explicaciones profundas), se producen mejoras llamativas en la comprensión lectora (Beck, McKeown, Hamilton, y Kugan, 1997; King, 1994; Palincsar y Brown, 1984).

Una tercera explicación de por qué la generación de inferencias y preguntas constituye un reto en los textos científicos es que la mayoría de los lectores no son capaces de evaluar apropiadamente su habilidad para comprender el material (Glenberg, Wilkinson, y Epstein, 1982; Hacker, Dunlosky, y Graesser, 1998; Miyake y Norman, 1979; Otero y Campanario, 1990; Otero y Kintsch, 1992). No saben qué no saben, y no pueden detectar contradicciones. Incluso puede producirse una ilusión de comprensión cuando el lector tiene una gran cantidad de conocimiento sobre la materia; el texto coincide con lo que el lector sabe, así que no se molesta en procesarlo en profundidad (Kintsch, 1998; Otero, 1998). El lector puede necesitar que se cuestione algo de su conocimiento para que se preocupe de procesar el texto a un nivel más profundo. Cuando los estudiantes se sientan a leer un texto científico sin un propósito en particular, aparte de estudiarlo, lo normal es que adquieran conocimiento *inerte* (Cognition y Technology Group, 1997; Scardamalia y Bereiter, 1985). El conocimiento inerte consiste en

datos y contenidos explícitos que no son fácilmente accesibles en tareas de solución de problemas y aplicaciones prácticas.

El resto de este artículo está dividido en tres partes. La primera bosqueja las habilidades cognitivas necesarias para la alfabetización cognitiva en la moderna era de la informática. En los entornos de aprendizaje del futuro, la comprensión de textos científicos estará integrada en la práctica, con gran accesibilidad a los soportes multimedia y a la "web". La segunda parte trata sobre las representaciones cognitivas que se construyen durante la comprensión profunda, así como los mecanismos de generación de preguntas. Como avance, diremos que nuestra hipótesis es que la comprensión profunda se pone de manifiesto en las preguntas que realiza una persona cuando se enfrenta a una situación problemática (por ejemplo, un aparato que no funciona, un obstáculo que impide alcanzar un objetivo). La tercera parte trata sobre un estudio que llevamos a cabo sobre la comprensión de textos ilustrados que se refieren a aparatos cotidianos. Estos textos ilustrados contienen información sobre mecánica, electrónica, y otros contenidos científicos.

La alfabetización científica en la era de la electrónica

Hace veinte años, la alfabetización científica se adquiría leyendo libros de textos, escuchando conferencias, haciendo pruebas

objetivas, llevando a cabo experimentos de laboratorio "enlatados", y escribiendo informes de laboratorio sobre estos experimentos enlatados. Todas estas actividades se siguen llevando a cabo hoy en día. Sin embargo, hay otras actividades que se han desarrollado con el auge del uso de los ordenadores, los multimedia y la web. La alfabetización científica en la era de la informática requerirá idealmente el uso y coordinación de múltiples fuentes de información dentro de entornos complejos de aprendizaje. En estas fuentes se incluyen hipertextos, dispositivos gráficos complejos, tablas de datos que pueden explorarse desde múltiples puntos de vista, imágenes fotográficas, mundos 3-D en realidad virtual, simulaciones animadas de mecanismos, agentes pedagógicos animados, y la lista podría continuar.

El rico ambiente multimedia está claramente "ahí fuera", pero la mayoría de los usuarios solamente rascan la superficie de lo que los multimedia pueden ofrecer (Chen y Rada, 1996; Dillon y Gabbard, 1998; Schneiderman, 1998). Tanto los científicos como el público en general necesitan alfabetización sobre el uso estratégico de los multimedia electrónicos. De acuerdo con estimaciones actuales, hay 150 millones de usuarios de la red en todo el mundo. Pero la mayoría de la gente navega por la red torpemente y se centra en usos limitados y especializados, más que en usos estratégicos y flexibles que optimicen lo que la red puede ofrecer.

¿Cómo podrían usarse los recursos electrónicos en un mundo ideal? Consideremos el mundo de Niki, una chica norteamericana. Ella descubre un día que su lavaplatos está roto. Intenta lavar los platos cuatro veces, pero en todos los casos el detergente se deposita en varios platos. Niki observa su lavaplatos durante algunos minutos y entonces va al ordenador. Averigua sobre el funcionamiento de los lavaplatos en un CD-ROM de Macaulay, *El modo en que funcionan las cosas*, (1988). Después de explorar algunos de los componentes y contemplar una animación del ciclo del lavaplatos, Niki llega a la conclusión de que una bomba está rota. Niki se plantea en principio arreglar ella misma la bomba, pero luego le preocupa que una bomba que no funcione correctamente tenga serias consecuencias para la salud. Lee sobre los componentes químicos del detergente para lavaplatos, que incluye carbonato de sodio, silicato de sodio y blanqueante de cloro. Niki entonces busca en Internet una definición de estas sustancias químicas y sus efectos colaterales. A Niki le preocupa que alguna de estas sustancias pueda agravar su asma, así que también busca en Internet información sobre el asma. Niki llega a la conclusión de que uno de los componentes puede potenciar su asma, así que decide que mejor reemplaza la bomba. Llegados a este punto, usa la red para buscar información sobre los componentes y productos de la marca de su lavaplatos. También considera la posibilidad de comprar un nuevo lavaplatos, así que examina dos de los mejores productos y

compara sus prestaciones. Niki decide que los dos lavaplatos son demasiado caros (650 dólares), así que al final encarga la bomba en el sitio web de su marca actual, usando el comercio electrónico. Al día siguiente recibe la bomba por correo, la instala, y tiene el lavavajillas funcionando a la perfección por un coste total de 24.95 dólares. También envía un correo electrónico a su marido. En él le explica el problema del lavavajillas, justifica su compra del componente, y presume de haber ahorrado 625.05 dólares.

Niki es una usuaria extraordinariamente eficiente de los medios electrónicos en esta era de la información. Integra su conocimiento sobre ciencia y tecnología para razonar en esta tarea compleja de solución de problemas y para explicar sus argumentos de forma razonada por correo electrónico. La gran mayoría de los adultos (quizás el 99% o más) ni siquiera se acercan a sus habilidades en el uso de los distintos recursos informáticos para solucionar problemas de ciencia y tecnología. Sin embargo, ésta es la clase de alfabetización que llegará a ser mayoritaria en este nuevo milenio, tanto para científicos como para los ciudadanos educados. La alfabetización científica en la era informática requiere las siguientes habilidades cognitivas.

Formulación de preguntas y respuestas

Se puede decir que cualquier tarea cognitiva o de comportamiento puede descomponerse en una serie de preguntas que formula

una persona y que quizá puede responder. Cuando Niki se enfrentó al lavaplatos que no funcionaba, las preguntas relevantes fueron "¿por qué esto no funciona?" y "¿cómo puede arreglarse?". Cuando necesitó saber más sobre el silicato de sodio, las preguntas relevantes fueron "¿qué es X?" y "¿dónde puedo encontrar información sobre X?". Otras preguntas relevantes en el ejemplo de Niki y el lavaplatos son "¿cuáles son los componentes químicos del detergente?", "¿qué sustancias químicas pueden agravar el asma?", "¿dónde está el sitio web de mi marca de lavaplatos?", "¿cuáles son los puntos débiles y fuertes de los nuevos lavaplatos de mi marca respecto a mis necesidades?", "¿cuánto cuesta X?", y "¿cuándo puedo tener la nueva bomba?". Una vez que Niki localizó la información sobre los distintos temas la leyó y la evaluó, haciéndose a sí misma preguntas adicionales relevantes, entre las que se incluían "¿cómo funciona el mecanismo?", "¿por qué es esta información importante?" y "¿qué pruebas hay para la afirmación X?". Estas preguntas son normalmente relevantes cuando se leen artículos científicos.

El mecanismo que activa la formulación de preguntas, los patrones de exploración y las estrategias de respuesta de preguntas en los humanos deben ser entendidos para desarrollar un análisis sofisticado de la alfabetización científica, además de para diseñar textos y dispositivos científicos. Estas *estrategias de indagación* se relacionan con componentes cognitivos que son familiares

a la ciencia cognitiva, como la búsqueda, el reconocimiento de patrones, la detección de discrepancias, la comparación, el razonamiento analógico basado en casos, la construcción del conocimiento, el reconocimiento de estructuras, la satisfacción de ligaduras, y la metacognición. En la actualidad hay algunos modelos psicológicos de formulación de preguntas y respuestas que se basan en datos empíricos y tienen la suficiente precisión analítica como para proporcionar algunos fundamentos. En lo que respecta a los datos empíricos, los protocolos de formulación de preguntas y respuestas proceden de niños y adultos en muchos contextos diferentes (Bransford, Sharp, Vye, Goldman, Hasselbring, Goin, O'Banion, Livernois, Saul, y el Grupo de Cognición y Tecnología en Vanderbilt, 1996; Goldman, 1985; Goldman y Durán, 1988; Graesser y Black, 1985; Graesser y Hemphill, 1991; Graesser, Lang, y Roberts, 1991; Graesser y McMahan, 1993; Graesser y Person, 1994). Con respecto a la precisión analítica, Graesser ha desarrollado modelos computacionales cognitivos de formulación de preguntas (llamado PREG, Otero y Graesser, 2001) y de respuestas (llamado QUEST, Graesser, Gordon, y Brainard, 1992). Graesser ha desarrollado software educativo basado en la formulación de preguntas, como el "Point and Query" (Graesser, Langston, y Baggett, 1993) y el "Autotutor" (Graesser, K. Wiemer-Hastings, P. Wiemer-Hastings, Kreuz, y TRG, 1999). Los mecanismos de formulación de preguntas serán abordados más a fondo en la segunda parte de este artículo.

2. Comprensión e inferencias

Obviamente, el que aprende necesita comprender los textos gráficos, tablas, animaciones, y otros contenidos que aparecen en los multimedia. Además de comprender el input explícito del estímulo, el usuario necesita construir inferencias y modelos mentales que vayan mas allá de la información suministrada de forma directa.

Las investigaciones de las que disponemos sobre generación de inferencias indican que muchas clases de inferencias se generan de forma rutinaria durante la lectura cuando el material hace alguna referencia al conocimiento del mundo que es familiar al lector (Graesser *et al.*, 1994). Por contraste, es un reto cuando el texto trata de mecanismos científicos no familiares (Cote *et al.*, 1998; Goldman *et al.*, 1995; Graesser y Bertus, 1998), textos ilustrados sobre dispositivos mecánicos (Hegarty y Just, 1993), manuales interactivos multimedia (Narayanan y Hegarty, 1998), animaciones (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1998; Mayer y Anderson, 1992; Mayer y Sims, 1994), y gráficos y tablas usados para transmitir información matemática (Cognitive and Technology Group at Vanderbilt, 1997).

Uso de múltiples fuentes de información

La alfabetización científica requiere el acceso a múltiples fuentes de información, para reunir información, verificar la legitimidad

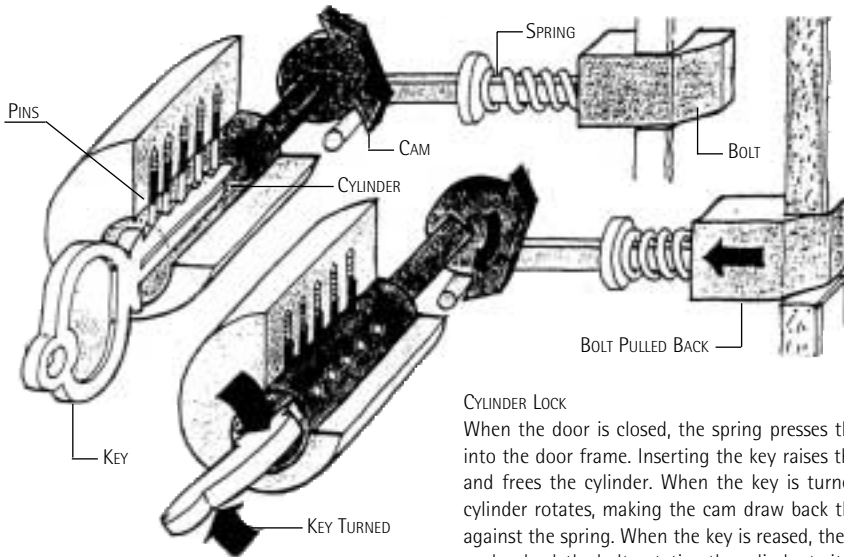
de una afirmación, seguir los pros y contras de un argumento, comparar conjuntos de datos, y tomar decisiones complejas. Lo ideal sería que el que aprende controlase el origen de las afirmaciones (pág ej., ¿quién dijo qué?). Niki necesitaba obtener información sobre el detergente, el asma y el silicato de sodio durante el proceso para determinar si algún componente químico del detergente puede agravar el asma. La información sobre la bomba rota se construyó accediendo al CD-ROM sobre lavavajillas y al sitio web de la marca del lavaplatos. Aunque es obvio que en la práctica de la ciencia se usan múltiples fuentes de información, el proceso de seguimiento y recuerdo de múltiples fuentes de información sólo se ha empezado a investigar de forma sistemática en las ciencias cognitivas recientemente (Britt, Perfetti, Sandak, y Rouet, 1999; Graesser, Bowers, Olde, y Pomeroy, 1999; Wiley y Voss, 1999).

Evaluación de afirmaciones y pruebas

Las personas, cuando están aprendiendo, necesitan adquirir estrategias que les permitan determinar si las afirmaciones que aparecen en las distintas fuentes de información son verdaderas o falsas. Evaluar la credibilidad de las afirmaciones es particularmente importante en la era de Internet porque la mayoría de la información en la red no es revisada y comprobada por expertos. Lo ideal sería que los estudiantes verificaran una afirmación consultando distintas fuentes y revisando los datos empíricos que

Figura 1

Ejemplo de texto ilustrado sobre la cerradura cilíndrica (reproducido de Macaulay, *the way things work*, 1988)



CYLINDER LOCK

When the door is closed, the spring presses the bolt into the door frame. Inserting the key raises the pins and frees the cylinder. When the key is turned, the cylinder rotates, making the cam draw back the bolt against the spring. When the key is released, the spring pushes back the bolt, rotating the cylinder to its initial position and enabling the key to be withdrawn.

la sustentan o niegan, teniendo en cuenta tanto la fuente como la relevancia de las pruebas. El proceso de evaluación de pruebas de afirmaciones científicas se está investigando en la actualidad en el contexto de ambientes de aprendizaje complejos (Goldman, Duschl, Ellenbogen, Williams, y Tzou, 2003; Wiley y Voss, 1999).

Navegación en textos ilustrados y multimedia electrónicos

La persona que aprende necesita saber maniobrar a través de los textos ilustrados, páginas web y otros multimedia informáticos.

Las interfaces humano-ordenador son a veces intuitivas para la mayoría de los usuarios, pero otras veces no están suficientemente bien diseñados para que la mayoría de la gente pueda usarlos fácilmente. En el campo de la interacción humano-ordenador se ha investigado como los usuarios con diferentes habilidades navegan normalmente y usan hipertextos (Chen y Rada, 1996; Dillon y Gabbard, 1998), hipermedia (Narayanan y Hegarty, 1998) y otras interfaces habituales (Shneiderman, 1998).

Los cinco componentes cognitivos citados con anterioridad fueron necesarios para

que Niki consiguiera salir airosa del problema con el lavavajillas. Está más allá del objetivo de este artículo explicar exhaustivamente estos cinco componentes. En vez de eso, nos centraremos en los niveles de representación cognitiva y en las preguntas que conlleva una comprensión profunda. Es lo que trataremos en la siguiente sección.

Preguntas y comprensión profunda

Imagine que está leyendo un texto ilustrado que describe el mecanismo de un aparato cotidiano, como la cerradura cilíndrica que aparece en la figura 1. Usted lee el texto. Intenta descifrar los componentes, etiquetas, relaciones espaciales, y flechas del dibujo. Intenta relacionar la información del texto con el contenido dibujado en la ilustración. Y aquí surge la pregunta. ¿Cómo sabe usted que entiende el mecanismo a un nivel profundo?

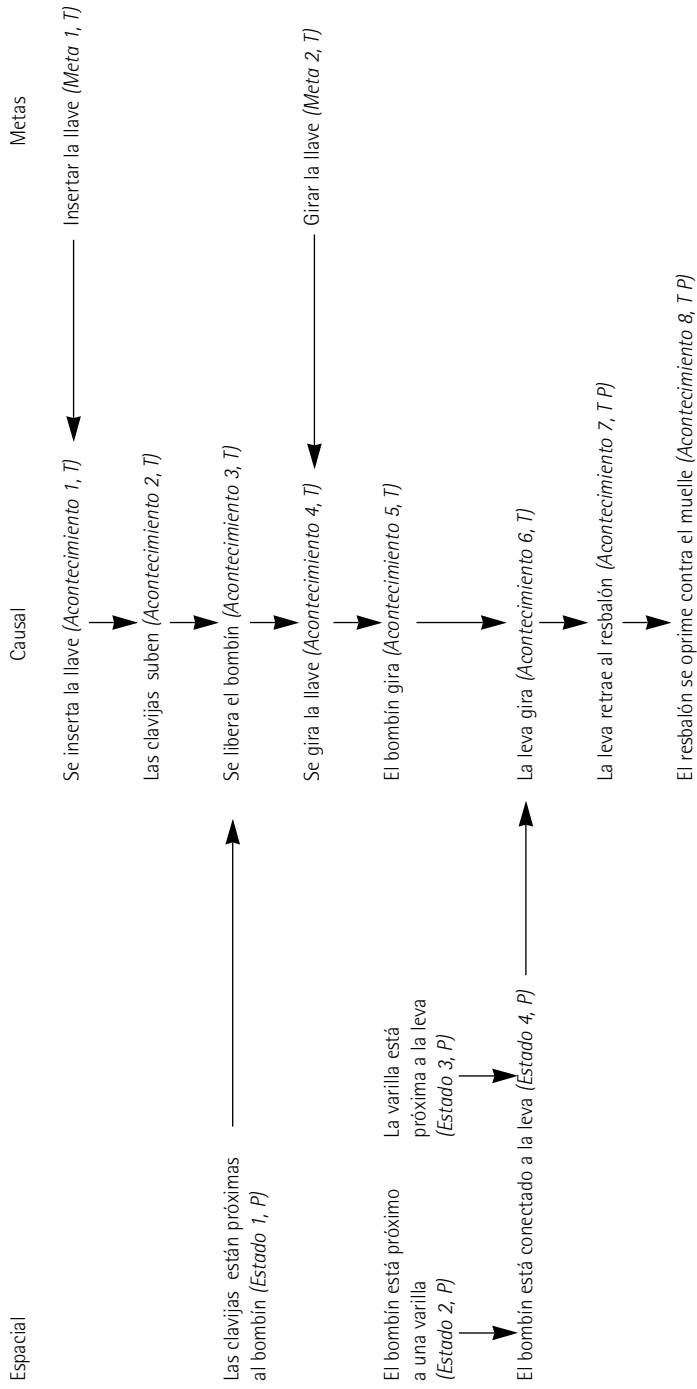
Las representaciones de la estructura del conocimiento

Los psicólogos del discurso han investigado en las últimas tres décadas cómo se alcanza la comprensión en distintos niveles de profundidad (para una revisión, ver Britton y Graesser, 1996; Graesser, Millis, y Zwaan, 1997; Kintsch, 1998). El nivel menos profundo es el código superficial, que mantiene las palabras y sintaxis exacta del material explícito verbal. Si consideramos la modalidad visual, se mantienen las líneas de nivel básico,

ángulos, tamaños, formas y texturas de las ilustraciones. En un nivel intermedio, hay una representación proposicional que captura el significado del texto explícito y las ilustraciones. Y en el nivel más profundo, hay un modelo mental o modelo de la situación sobre la que trata el texto. Para los aparatos cotidianos esto incluiría: los componentes del sistema electrónico o mecánico, la configuración espacial de los componentes, la cadena causal de acontecimientos cuando el sistema funciona satisfactoriamente, los mecanismos que explican cada paso causal, las funciones del aparato y sus componentes, y los objetivos de los agentes que manipulan el sistema para distintos propósitos. Está claro que se construye un rico conjunto de estructuras de conocimiento cuando un adulto comprende un aparato de forma profunda.

Los investigadores en psicología del discurso e inteligencia artificial han desarrollado teorías que especifican cómo se organiza y se representa el conocimiento sobre el mundo. Este conocimiento consiste en componentes jerarquizados, configuraciones espaciales, mecanismos causales, procedimientos orientados a una meta y otros tipos de conocimiento (Graesser y Clark, 1985; Graesser, Gordon, y Brainerd, 1992; Kintsch, 1998; Lehmann, 1992; Lenat, 1995; Perfetti, Britt, y Georgi, 1995; Trabasso y van den Broek, 1985; Schank, Kass, y Riesbeck, 1994). Creemos que para conseguir un entendimiento teórico sofisticado de la comprensión profunda es necesario un análisis detallado de estos modelos mentales.

Figura 2
Gráfica conceptual de parte del contenido del texto ilustrado sobre la cerradura cilíndrica



Por ejemplo, la figura 2 presenta una parte de una estructura de conocimiento que ilustra la información explícita en un texto ilustrado sobre una cerradura cilíndrica. Se basa en la representación llamada estructura gráfica conceptual desarrollada por Graesser (Baggett y Graesser, 1995; Graesser y Clark, 1985; Graesser *et al.*, 1992; Graesser, Wiemer-Hastings, y Wiemer-Hastings, 2001; Williams, Hultman, y Graesser, 1998). La composición de estas estructuras gráficas conceptuales no es arbitraria, sino que se basa en restricciones formales y conceptuales que han sido estudiadas durante tres décadas. Por ejemplo, las categorías de *nodos* y *arcos* son funcionalmente adecuadas para implementar modelos de formulación de preguntas y respuestas que han sido puestos a prueba en experimentos con adultos (Graesser y Hemphill, 1991; Graesser, Lang, y Roberts, 1991; Otero y Graesser, 2001). En el centro hay una cadena causal de acontecimientos que se desarrollan cuando la llave es capaz de abrir la cerradura. A la izquierda aparecen los nodos que capturan parte de la composición espacial del sistema que hace posible los acontecimientos. A la derecha están las metas del agente (persona) que interactúa con la cerradura. Es necesario inferir algunos nodos para asegurar que el gráfico está coherentemente organizado. Creemos que construimos en nuestra mente estructuras de conocimiento como éstas, durante el proceso de comprensión de un texto ilustrado y, posteriormente, cuando reflexionamos sobre el contenido mientras resolvemos problemas.

Dedicaremos unas pocas palabras a la terminología que esta asociada con las estructuras gráficas conceptuales. Una estructura gráfica conceptual consiste en un conjunto de nodos conectados por una serie de arcos direccionados, categorizados. Los nodos son conceptos y descripciones similares a proposiciones que se refieren bien a los constituyentes del texto o bien a los aspectos visuales o espaciales de las ilustraciones. De este modo, hay un lenguaje de descripción de imágenes que puede traducir la mayoría de los aspectos de una imagen a una descripción estructurada. Por ejemplo, los conceptos asociados con una cerradura cilíndrica incluirían los siguientes referentes de nombres: *cerradura*, *clavijas*, *leva*, *muelle*, *varilla*, *resbalón* y otros parecidos. Las descripciones similares a proposiciones son categorizadas como estados (*La varilla esta cerca de la leva*), acontecimientos (*La leva gira*), objetivos (*Girar la llave*), o alguna otra categoría ontológica. Los nodos están conectados por distintas categorías de arcos que especifican causalidad (C) y habilitación, razones (R) para generar objetivos, y resultados (R) de los objetivos. El sistema de representación completo tiene 22 categorías básicas de arcos (Graesser, Wiemer-Hastings, y Wiemer-Hastings, 2001, pero no es propósito de este artículo proporcionar todos los detalles del sistema de representación. La mayoría de las categorías de arco son directas, con un nodo de inicio y uno de fin. Por ejemplo, en el caso de los arcos causales, la causa debe preceder en el tiempo al efecto, de modo que la flecha va desde el

nodo de inicio (*El bombín gira*) al nodo fin (*La leva gira*): (Nodo 5)-C -> (Nodo 6) en la figura 2.

Algunos elementos de conocimiento se refieren a la imagen, otros al texto, y otros a ambos. Por ejemplo, consideremos los nodos en la figura 2. Los nodos que se refieren estrictamente a la imagen son el acontecimiento 6, y los estados, 1, 2, 3, y 4. Los nodos que sólo aparecen en el texto son los acontecimientos 1, 2, 3, y 5 y los objetivos 1 y 2. Los nodos que se refieren tanto al texto como a la imagen son los acontecimientos 4, 7 y 8. Se puede esperar que un lector con una alta aptitud verbal se centre en los nodos referidos al texto, mientras que los lectores con una alta habilidad viso-espacial se centren en los nodos referidos a la imagen. Hay algunos indicios de que el texto domina el proceso de lectura cuando los estudiantes universitarios leen textos ilustrados que tienen que comprender (Baggett y Graesser, 1995; Hegarty y Just, 1993). En la investigación de Hegarty y Just sobre movimientos visuales, por ejemplo, el texto es el que dirige los movimientos del ojo. Los movimientos visuales se dirigen a las imágenes principalmente cuando hay un término o proposición en el texto que se desconoce o es confuso. En la investigación de Baggett y Graesser sobre la contestación a preguntas, los nodos basados en el texto se daban en las respuestas a preguntas de razonamiento profundo (por qué, cómo, qué sucedería si, qué sucedería si no...) con una incidencia mucho más alta que los nodos

basados en imágenes. Además, los nodos aparecían con mucha probabilidad en la respuesta si pertenecían tanto al texto como a la imagen. Esto último es lo que predeciría una teoría de código dual sobre el procesamiento multimedia (Mayer y Sims, 1994).

Una prueba rápida de comprensión profunda: la formulación de preguntas

La importancia práctica de alcanzar una comprensión profunda es obvia. En el campo de la educación y el entrenamiento, una de las misiones importantes es promover una comprensión profunda del campo de conocimiento de que se trate ya sea la ciencia, las matemáticas, la historia o cualquier otra área. No es suficiente impartir un conocimiento superficial, inerte; el estudiante también necesita adquirir un conocimiento profundo que pueda aplicarse de manera activa en la práctica y que le ayude a solucionar problemas difíciles.

La Marina de los Estados Unidos, la institución que financió la presente investigación, tiene la necesidad de asignar deberes y tareas apropiadas a los marineros. Lo ideal sería, por ejemplo, que un marinero fuera asignado a ser cerrajero si el marinero tiene un conocimiento profundo de los mecanismos causales que explican las cerraduras, y no si conoce solamente la jerga comercial. ¿Pero cómo saber cuándo un marinero tiene el talento y el conocimiento profundo necesario para una tarea? ¿Existe alguna prueba rápida que nos permita saber si se

ha alcanzado un conocimiento profundo? Sabemos que no vamos a obtener mucha información de utilidad si simplemente le preguntamos al marinero (por ejemplo, "¿qué tal se te da abrir cerraduras?"). ¿Por qué? Porque existen serias limitaciones en las habilidades cognitivas de los adultos a la hora de evaluar su propia comprensión (Glenberg *et al.*, 1982; Hacker *et al.*, 1998; Otero, 1998). Sabemos que no obtendremos mucha información útil examinando al marinero sobre su conocimiento superficial e inerte, que es lo que sucedería si usáramos un test de vocabulario y jerga técnica (por ejemplo, ¿qué es una leva?). No sería rentable emplear años en el desarrollo de un test psicométrico válido y fiable para cada dispositivo del ejército. Los dispositivos estarían obsoletos para cuando el test psicométrico estuviera acabado. Tampoco sería muy práctico administrar una batería exhaustiva de pruebas que midieran el rico conjunto de conocimientos y habilidades asociados al modelo mental ideal que subyace a un cierto dispositivo. Imagine lo que costaría, por ejemplo, comprobar que cada nodo y arco de la figura 2 está intacto en la mente de un marinero en particular.

Recientemente hemos identificado una prueba reveladora del grado en que un estudiante universitario ha alcanzado una comprensión profunda de un dispositivo. Esta prueba se basa en 2 supuestos centrales sobre la comprensión profunda. Primero, la comprensión se manifiesta cuando el dispositivo se estropea, no cuando funciona

correctamente. El razonamiento explicativo no es algo particularmente crítico cuando un dispositivo funciona sin problemas y cuando el agente humano tiene interacciones mínimas con el dispositivo. Las explicaciones son necesarias cuando los dispositivos dejan de funcionar, se diagnostican fallos y se reparan. Segundo, la comprensión se pone de manifiesto en la calidad de las preguntas que hace un adulto cuando se enfrenta a una situación problemática. Esto significa que cuando se ha comprendido en profundidad se hacen preguntas de calidad que conducen al punto donde se ha producido el fallo. Desde la perspectiva de las estructuras gráficas conceptuales, una comprensión profunda lleva a formular preguntas que conducen a aquellos nodos en la estructura que son causas plausibles de los fallos. En resumen, una buena prueba reveladora de comprensión profunda de un dispositivo se basa en la calidad de las preguntas que se realizan en el contexto de una situación problemática.

Consideremos un ejemplo de situación problemática que puede ocurrir en el contexto de una cerradura cilíndrica. Supongamos que un adulto llamado Jaime se enfrenta con el siguiente problema: La llave gira, pero el resbalón no se mueve. O lo que es lo mismo, Jaime mueve la llave y no hay ningún problema para girarla, pero desafortunadamente el resbalón no se mueve hacia adelante ni hacia atrás (ver figura 1). Jaime puede hacer preguntas explícitas sobre las causas potenciales del mal funcionamiento.

O las preguntas pueden simplemente aparecer en su mente, con distintos grados de precisión, realismo, y siendo más o menos completas. Las preguntas pueden ser implícitas, pero pueden estar manifestándose en las acciones o las expresiones que Jaime hace abiertamente. Si Jaime se pregunta si la leva está rota, puede tener lugar uno de los siguientes acontecimientos:

- 1) Jaime pregunta: "¿Está girando la leva?".
- 2) Jaime dice: "La leva puede tener un problema al girar".
- 3) Jaime mira la leva.
- 4) Jaime observa la leva mientras mueve la llave.

Todas estas acciones cuentan como *formulación de preguntas* en el sentido en que reflejan un proceso de indagación, incertidumbre y curiosidad. Jaime se pregunta si la leva está causando el problema, así que lleva a cabo algún acto físico, perceptivo o verbal para reducir la incertidumbre y satisfacer su curiosidad. Lo importante no es si la pregunta se manifiesta perceptualmente, físicamente, verbalmente, o en una forma sintáctica interrogativa. La pregunta emerge en cualquiera de estas formas.

La pregunta que formula Jaime es una buena pregunta porque identifica un posible fallo que puede explicar la inmovilidad del resbalón. Una buena pregunta conduce a las posibles causas del problema. En el ejemplo, los posibles fallos se corresponden con dos nodos de la figura 2: el acontecimiento 6 (*La*

leva gira) y el acontecimiento 7 (*La leva mueve hacia atrás el resbalón*). Los otros 12 nodos de la figura 2 no son el lugar donde se producen los posibles fallos. Hay un gran número de preguntas que serían malas porque no explicarían el mal funcionamiento. Por ejemplo, las siguientes preguntas son de baja calidad porque fallan a la hora de dar cuenta del problema:

- 5) "¿Están las varillas levantadas?" Las varillas deben estar levantadas porque la llave esta dentro y gira satisfactoriamente.
- 6) "¿Es la llave correcta?" Por supuesto que es la llave correcta porque se ha introducido y girado sin problemas.
- 7) "¿Está el muelle roto?" El muelle puede ayudar al resbalón a moverse, pero no puede impedir que éste se mueva.

La comprensión profunda se manifestaría en las preguntas 1-4, mientras que la superficial se reflejaría en las preguntas 5-7.

Una pregunta obvia que se podría hacer es por qué la formulación de preguntas es una prueba tan buena para medir la comprensión profunda. ¿Por qué una tarea que exija "pensamiento en voz alta" no es una prueba más fiable de la comprensión profunda, como dirían Ericsson y Simon (1993) y otros? Nuestro argumento es que los mecanismos de formulación de preguntas son especialmente adecuados para las situaciones problemáticas. El desequilibrio cognitivo conduce a la formulación de preguntas genuinas, en busca de información

(Berlyne, 1960; Chinn y Brewer, 1993; Collins, 1988; Festinger, 1957; Flammer, 1981; Graesser, Baggett, y Williams, 1996; Graesser y McMahan, 1993; Graesser y Person, 1994; Otero y Graesser, 2001; Schank *et al.*, 1994). Los individuos formulan preguntas cuando se enfrentan a obstáculos para alcanzar sus objetivos, acontecimientos anómalos, contradicciones, discrepancias, contrastes llamativos, lagunas obvias de conocimiento y decisiones que requieren la discriminación entre alternativas igualmente atractivas. Se espera que las respuestas a estas preguntas restauren el equilibrio y la homeostasis. Otra razón, en cierta medida independiente de ésta, es que se necesita una gran cantidad de conocimiento para que las preguntas emerjan a la consciencia. Ya hace 20 años Miyake y Norman (1979) decían que "para hacer una pregunta, uno debe saber lo suficiente para saber lo que no se sabe".

La comprensión profunda de los textos ilustrados: un estudio empírico

Hemos llevado a cabo un estudio que examina la predicción de que una prueba reveladora de comprensión profunda consiste en las preguntas que se realizan en el contexto de una situación problemática. Estudiantes universitarios de la Universidad de Memphis leyeron en primer lugar un texto ilustrado, después se les proporcionó una situación problemática, y posteriormente formularon preguntas. Las preguntas que los participantes realizaron

deberían tener una mayor calidad cuanto más profunda fuera su comprensión sobre la materia. Después de completar la tarea de formulación de preguntas, se les administró un test de comprensión sobre los dispositivos. Evidentemente, la predicción es que la actuación en este test de comprensión debe correlacionar positivamente con la calidad de las preguntas que habían formulado. Los participantes también completaron una batería de tests de habilidad cognitiva y personalidad.

Esta sección trata sobre los resultados más relevantes de esta investigación sobre formulación de preguntas, mientras que los detalles del método y resultados pueden encontrarse en Graesser, Olde, Whitten, Lu, Pomeroy y Craig (2000). Se informa del método con el detalle suficiente como para mostrar nuestros métodos de investigación sobre los mecanismos de formulación de preguntas, con la esperanza de que otros investigadores repliquen la metodología con otros tipos de textos y artefactos científicos. También queremos presentar unos pocos resultados clave que sustentan la idea de que una buena prueba rápida de comprensión profunda se basa en las preguntas formuladas en el contexto de una situación problemática.

Textos ilustrados y tareas

Los participantes leyeron 6 textos ilustrados sobre aparatos de la vida diaria: una cerradura de bombín, un timbre electrónico, un termómetro del coche, una mordaza, un tostador y un lavaplatos. Los mecanismos de

los aparatos fueron extraídos del libro de Macaulay con ilustraciones, *El modo en que funcionan las cosas* (Macaulay, 1988). Después de haber leído sobre cada aparato, se proporcionaba a los participantes una situación en la que el aparato no funcionaba. Por ejemplo, esta es la situación para la cerradura cilíndrica de la figura 1.

Situación problemática para la cerradura cilíndrica: Suponga que la llave gira, pero el resbalón no se mueve.

Durante ese tiempo, a los participantes se les pedía o bien que escribieran y pensarán en voz alta (lo que hemos llamado tarea de escritura en voz alta) o que escribieran preguntas (tarea de formulación de preguntas) durante tres minutos. Durante la tarea de escritura en voz alta y la tarea de formulación de preguntas los participantes normalmente reflexionaban sobre cómo diagnosticar y reparar los fallos de funcionamiento. Primero se realizaba la tarea de escritura en voz alta para tres aparatos, antes de la tarea de formulación de preguntas, que se realizaba para los otros tres restantes. La asignación de dispositivos a las diferentes condiciones y orden de las pruebas fue contrabalanceada para los 108 estudiantes de la Universidad de Memphis.

Test de comprensión de los aparatos

Después de suministrar los protocolos de formulación de preguntas y de escritura en voz alta para los 6 aparatos, los participantes

realizaron una prueba objetiva sobre su comprensión de los aparatos. Consistía en 6 preguntas con 3 alternativas de respuesta cerrada para cada aparato (36 preguntas en total para los 6 aparatos). Cuatro de las preguntas sobre el aparato se referían a información explícita y las otras 2 a inferencias. A continuación proporcionamos ejemplos de cada tipo de preguntas:

Explícitas: ¿qué acción hace que las varillas se levanten?

- a) Insertar la llave (respuesta correcta).
- b) Sacar la llave.
- c) Girar la llave.

Inferencia: ¿Qué les sucede a las varillas cuando se gira la llave para abrir la puerta?

- a) Se levantan.
- b) Se bajan.
- c) Permanecen igual (respuesta correcta).

La puntuación sobre la comprensión del aparato se mide en un rango de 0 a 36. Una puntuación de 12 correspondería al azar si los sujetos no hiciesen tanteos sofisticados o utilizarasen conocimiento general auxiliar.

Batería de tests sobre diferencias individuales

Después de la prueba objetiva de comprensión de los aparatos, los participantes completaron una batería de tests que medían su habilidad cognitiva y su personalidad. Entre los tests de habilidad cognitiva se encontraba el ASVAB (Batería de

Aptitud Vocacional de las Fuerzas Armadas, Departamento de Defensa de EE UU, 1983). Este test se suministra a más de un millón de estudiantes de educación secundaria cada año en Estados Unidos. Se compone de las siguientes subescalas: comprensión mecánica, electrónica, ciencia general, automoción, conocimiento matemático, razonamiento aritmético, operaciones numéricas, conocimiento del mundo, comprensión de un párrafo y velocidad lectora. De las 10 variables que mide el ASVAB, se derivan 5 variables compuestas: conocimiento técnico-científico, habilidad verbal, habilidad numérica, velocidad de lectura e inteligencia general (g). Los tests de habilidad cognitiva incluían además pruebas sobre la capacidad de la memoria de trabajo (LaPointe, y Engle, 1990), razonamiento espacial (Bennet, Seashore, y Wesman, 1972) y exposición a las publicaciones (el test de reconocimiento de autor, Stanovich y Cunningham, 1992).

También se medían distintas variables no cognitivas: edad, género y distintas escalas de un test de personalidad. El test de personalidad era el NEO (Costa y McCrae, 1991), que mide los cinco grandes factores de personalidad: neuroticismo, extroversión, apertura, agradabilidad y autoconciencia. La subescala de apertura intenta medir la creatividad, que probablemente correlacionase con la formulación de preguntas. Se tardaba 4 horas aproximadamente en completar la batería de tests, en dos sesiones en días diferentes.

Resultados

La medida más apropiada de la comprensión profunda era la prueba de comprensión de aparatos. La puntuación media fue de 23.5 sobre 36 preguntas (DT=5.3). Por tanto, el 65% de las respuestas de 3 alternativas fueron correctas. Las preguntas explícitas fueron contestadas correctamente más a menudo que las preguntas de inferencia: 71% y 54% respectivamente.

De acuerdo con nuestra hipótesis, se esperaba que las puntuaciones de comprensión de aparatos tuviesen una alta correlación positiva con las preguntas formuladas en la situación problema. Se tomaron distintas medidas de los protocolos verbales para comprobar esta hipótesis. Las 4 medidas eran:

- 1) Volumen de preguntas: Número de preguntas formuladas en la tarea de formulación de preguntas.
- 2) Calidad de las preguntas: Proporción de preguntas que se refieren a un posible mal funcionamiento que explique el problema.
- 3) Volumen de ideas: Número de ideas que aparecían en la tarea de escritura en voz alta.
- 4) Calidad de las ideas: Proporción de ideas que se refieren a un posible fallo.

Los 108 participantes fueron puntuados en estas cuatro medidas, que se correlacionaron con las puntuaciones en comprensión

de aparatos. Se encontró que la correlación más alta se producía entre la comprensión de aparatos y la calidad de las preguntas ($r = .51, p < .05$). El volumen de preguntas e ideas no estaba correlacionado significativamente con la comprensión de los aparatos. La calidad de las ideas si correlacionaba significativamente con la comprensión de los aparatos ($r = .38, p < .05$), pero no es una correlación tan alta como con la calidad de las preguntas. Por tanto, la calidad de las preguntas era el mejor test de comprensión profunda al considerar las cuatro medidas de los protocolos verbales.

¿Cómo se relaciona la calidad de las preguntas con las medidas generales de habilidad cognitiva y los factores no cognitivos? La calidad de las preguntas se comparó de manera realmente favorable. Las correlaciones bivariadas eran pequeñas o no significativas en el caso de los 5 factores de personalidad, edad, memoria de trabajo, exposición a las publicaciones y muchas de las escalas del ASVAB. La correlación con el conocimiento técnico-científico ($r = .72, p < .05$) era mejor que con la calidad de las preguntas, pero el resto de las medidas del ASVAB (incluido el razonamiento espacial) tenían aproximadamente la misma correlación o más baja con la comprensión de aparatos que la que tenía la calidad de las preguntas. Los varones tienen unas puntuaciones de comprensión de aparatos significativamente mayores que las mujeres ($r = .40, p < .05$), pero esta correlación no es tan alta como la de la calidad de las preguntas.

El conocimiento técnico-científico tenía una alta correlación con la comprensión de los aparatos así que examinamos las diferencias entre las preguntas hechas por participantes con alto y bajo conocimiento técnico-científico. En uno de los análisis, se comparaba la distribución de las preguntas formuladas por estudiantes universitarios con altas puntuaciones de comprensión mecánica (33% superior de la distribución) y las puntuaciones bajas en comprensión mecánica (33% inferior de la distribución). Las preguntas formuladas por estudiantes con alta puntuación tenían dos características: a) las preguntas convergían en componentes del mecanismo con fallos plausibles y b) las preguntas eran más elaboradas respecto a los componentes, procesos y relaciones que explicaban *cómo* se producía el fallo. Dicho en otras palabras, había una gran *convergencia* y un alto nivel de *detalles mecánicos*. Por el contrario, las preguntas formuladas por estudiantes con puntuaciones bajas en comprensión mecánica eran bastante diferentes: a) las preguntas eran más difusas que convergentes (por ejemplo, la mayoría de los componentes del sistema estaban rotos en vez de converger en 1 o 2 componentes), b) las preguntas tenían una elaboración mínima del mecanismo responsable del proceso (por ejemplo, el componente X estaba roto, pero no había elaboración respecto a cómo podía estar roto), y c) algunas preguntas eran superficiales e irrelevantes.

Para transmitir algunos de los resultados anteriores de forma más concreta, la tabla

1 muestra la distribución de preguntas formuladas para la cerradura cilíndrica. En ésta se incluyen aquellas preguntas formuladas por al menos 2 participantes con alta puntuación en comprensión mecánica (de 11 participantes) o con una baja puntuación en comprensión mecánica (también de 11); tan sólo se pudo disponer de la mitad de la muestra de participantes cuando se realizó este análisis. Cabe hacer 3 puntualizaciones a estos datos. Primera, los estudiantes con alta puntuación en comprensión mecánica identifican el fallo en el área de la leva con mucha mayor frecuencia que los estudiantes con baja puntuación. Segunda, la cantidad de detalles mecánicos es mucho más impactante en los participantes con alta comprensión mecánica, y bastante más baja en el caso de los de baja comprensión mecánica. Estos dos observaciones prueban que aquellos sujetos con una comprensión profunda hacen mejores preguntas. Tercera, el número de preguntas era el mismo en ambos grupos de participantes. Por tanto, no es que los que alcanzan una comprensión profunda hagan mas preguntas si no que hacen preguntas de mayor calidad. Cuarto, el acuerdo fue mucho mayor para los que tenían una alta comprensión mecánica. El acuerdo se mide como la proporción de preguntas formuladas por 2 o más participantes dentro de un grupo de habilidad (por contraposición a las preguntas idiosincrásicas formuladas sólo por un sujeto). Por tanto, los participantes con una comprensión profunda convergen en los

fallos probables del dispositivo, mientras que los que tienen una comprensión superficial mezclan ideas errática e indiscriminadamente.

Desarrollamos actualmente estructuras gráficas conceptuales para textos ilustrados sobre aparatos. Estas estructuras incluyen componentes jerárquicos, jerarquías de regiones espaciales, redes y cadenas causales, jerarquías de objetivos/planes/acciones y descripciones de las propiedades que se describen bien de forma pictórica o textual (Baggett y Graesser, 1993; Graesser *et al.*, 1992). Se identificará el contenido de las estructuras gráficas conceptuales que es relevante e irrelevante en las situaciones problemáticas. El contenido de los protocolos verbales de los 108 estudiantes de los protocolos de escritura en voz alta y formulación de preguntas ha sido transformado en estructuras gráficas conceptuales. Esto nos permitirá determinar qué propiedades de las representaciones de los conocimientos de los participantes pueden predecirse por las habilidades cognitivas, medidas de personalidad, género y puntuaciones de test de comprensión de aparatos.

También se están tomando medidas de movimientos visuales de lectores durante la comprensión de textos ilustrados y la posterior formulación de preguntas al enfrentarse con situaciones problemáticas. Durante la fase inicial de lectura, el texto debe ser lo que principalmente guíe los movimientos oculares si los hallazgos de

Hegarty y Just (1993) son generalizables a nuestros textos ilustrados. Esto significa que los movimientos oculares deben empezar centrándose en los constituyentes del texto y desplazarse a las ilustraciones para resolver las incertidumbres del texto. Durante la fase posterior de formulación

de preguntas, debería haber grandes diferencias entre los estudiantes con baja y alta puntuación en habilidad técnico-científica. Los estudiantes con alta puntuación deberían centrarse rápidamente en la causa del mal funcionamiento, (por ejemplo, la leva) mientras que los estudiantes con bajas

Tabla 1
Preguntas sobre una cerradura cilíndrica

	Comprensión de la mecánica	
	Alta	Baja
¿Es la llave correcta?	6	5
¿Qué tipo de cerradura es?	0	3
¿Está roto el muelle?	5	5
¿Impide el muelle que se mueva el resbalón?	3	0
¿Está el muelle empujando el resbalón hacia atrás?	2	0
¿Está el muelle atascando el resbalón?	2	0
¿Está rota la leva?	6	2
¿Se está moviendo la leva?	2	2
¿Está moviendo la leva el resbalón hacia atrás?	2	0
¿Está rota la barra bajo la leva?	2	0
¿Está la leva desconectada/no sincronizada con el bombín?	2	0
¿Está girando el bombín?	3	2
¿Está el bombín girando la leva?	2	0
¿Está atascado el resbalón?	3	3
¿Está el resbalón conectado a la barra?	2	0
¿Están rotas las varillas?	4	2
¿Se levantan las varillas correctamente?	3	2
¿Para qué se usan las varillas?	0	2
Número de participantes	11	11
Preguntas por participante	7.0	7.1
Proporción de preguntas en común	.70	.35

puntuaciones deberían buscar la causa indiscriminadamente a lo largo de todo el texto ilustrado. Además, los movimientos oculares deberían estar coordinados sistemáticamente con cada pregunta que se formula. En otras palabras, los participantes mirarán a la leva antes, durante o después de la pregunta "¿Está rota la leva?".

Comentarios finales

En resumen, los resultados de esta investigación son compatibles con la propuesta de que una excelente prueba reveladora de la comprensión de aparatos se basa en las preguntas formuladas en el contexto de una situación problemática. La calidad de las preguntas, no su cantidad, es importante. Los participantes con una buena comprensión hacen preguntas que convergen en fallos posibles, mientras que las preguntas de los participantes con una comprensión pobre son indiscriminadas. Los que tienen una buena comprensión tienen en cuenta los detalles del mecanismo roto (por ejemplo, ¿cómo está roto X?) mientras que los participantes con una comprensión pobre simplemente preguntan si los componentes están rotos (por ejemplo, ¿está roto X?).

Es importante señalar que se necesitan instrucciones para animar al que aprende a que formule preguntas. Las preguntas no se formulan necesariamente de modo espontáneo. De hecho, el número de preguntas que

hacen los estudiantes es increíblemente bajo en una situación de clase (Dillon, 1988), en la tutoría individual (Graesser y Person, 1994; Graesser, Person, y Magliano, 1995), y en los ambientes de laboratorio (Graesser, Langston, y Baggett, 1993; Graesser y McMahan, 1993). Entrenar a los estudiantes a hacer preguntas es tan difícil como enseñarles qué preguntas hacer. Sin embargo, creemos que entrenar a los estudiantes en cómo hacer buenas preguntas también resolverá el problema relacionado de cómo hacer buenas inferencias. Se ha demostrado que el entrenamiento en cómo hacer y responder preguntas de calidad durante el proceso de lectura produce mejoras significativas en la comprensión lectora (Beck *et al.*, 1997; King, 1994; Palincsar y Brown, 1984). Un objetivo pedagógico razonable sería enseñar a los estudiantes a hacer los siguientes tipos de pregunta mientras leen: "¿por qué ocurre X?", "¿cómo ocurre X?", "¿cuál es el proceso?", "¿cuáles son las fases del proceso?", "¿qué sucedería si ocurriera X?", "¿qué sucedería si X no ocurriera?", "¿por qué el autor dice X?", "¿qué pruebas sustentan la afirmación X?" y "¿entonces qué?". Por el contrario, cuando a los estudiantes se les entrena para generar una clase particular de inferencia se quedan en blanco porque las construcciones son muy poco claras. Las preguntas pueden terminar siendo la puerta que facilite las inferencias y la comprensión profunda en el mundo educativo.

Bibliografía

- BAGGETT, W. B., y GRAESSER, A. C. (1995). Question answering in the context of illustrated expository text. *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 334-339.
- BECK, I. L., MCKEOWN, M. G., HAMILTON, R. L., y KUCAN, L. (1997). *Questioning the Author: An approach for enhancing student engagement with text*. Delaware: International Reading Association.
- BENNET, G. K., SEASHORE, H. G., y WESMAN, A. G. (1972). *Differential aptitude test: Spatial relations, Form T*. New York: Psychological Corporation.
- BERLYNE, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*. New York: McGraw-Hill.
- BRANSFORD, J. D., SHARP, D. M., VYE, N. J., GOLDMAN, S. R., HASSELBRING, T. S., GOIN, L., O'BANION, K., LIVERNOIS, J., SAUL, E., y COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1996). Most environments for accelerating literacy development. En S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser, y H. Mandl (eds.). *International perspectives on the psychological foundations of technology-supported learning environments*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 223-256.
- BRITT, M. A., PERFETTI, C. A., SANDAK, R., y ROUET, J. (1999). Content integration and source separation in learning from multiple texts. En S.R. Goldman, A. C., Graesser, and P. van den Broek (eds.). *Narrative comprehension, causality, and coherence: Essays in honor of Tom Trabasso*. Mahwah, NJ: Erlbaum, 209-234.
- BRITTON, B. y GRAESSER, A. C. (eds.) (1996). *Models of understanding text*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- CHEN, C. y RADA, R. (1996). Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies. *Human Computer Interaction*, 11, 125-156.
- CHINN, C., y BREWER, W. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1997). *The Jasper project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1998). Designing environments to reveal, support, and expand our children's potentials. En S. A. Soraci y W. J. McIlvane (eds.), *Perspectives on fundamental processes in intellectual functioning: A survey of research approaches*. Stamford, CT: Ablex, Vol. 1, 313-350.
- COLLINS, A. (1988). Different goals of inquiry teaching. *Questioning Exchange*, 2, 39-45.
- COSTA, P. T., y MCRAE, R. R. (1991). *NEO: Five Factor Inventory*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- COTÉ, N., GOLDMAN, S. R., y SAUL, E. U. (1998). Students making sense of informational text: Relations between processing and representation. *Discourse Processes*, 25, 1-53.

- DEPARTMENT OF DEFENSE (1983). *Armed Services Vocational Aptitude Battery, Form 12a*. Washington, D.C.: Department of Defense.
- DILLON, T. J. (1988). *Questioning and teaching: A manual of practice*. New York: Teachers College Press.
- DILLON, A. y GABBARD, R. (1998). Hypermedia as educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control and style. *Review of Educational Research*, 68, 322-349.
- ERICSSON, K. A., y SIMON, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* (rev. edn). Cambridge, MA: MIT Press.
- FESTINGER, T. J. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Evanston, IL: Row and Peterson.
- FLAMMER, A. (1981). Towards a theory of question asking. *Psychological Research*, 43, 407-420.
- GLENDBERG, A. M., WILKINSON, A. C., y EPSTEIN, W. (1982). The illusion of knowing: Failure in self-assessment of comprehension. *Memory y Cognition*, 10, 597-602.
- GOLDMAN, S. R. (1985). Inferential reasoning in and about narrative texts. En A. Graesser y J. Black (eds.), *The psychology of questions*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 247-276.
- GOLDMAN, S. R., y DURÁN, R. P. (1988). Answering questions from oceanography texts: Learner, task and text characteristics. *Discourse Processes*, 11, 373-412.
- GOLDMAN, S. R., DUSCHL, R. A., ELLENBOGEN, K., WILLIAMS, S., y TZOU, C. T. (2003). Science Inquiry in a Digital Age: Possibilities for Making Thinking Visible. En H. van Oostendorp (ed.), *Cognition in a digital age*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- GOLDMAN, S. R., SAUL, E. U., y COTÉ, N. (1995). Paragraphing, reader, and task effects on discourse comprehension. *Discourse Processes*, 20, 273-305.
- GRAESSER, A. C., BAGGETT, W., y WILLIAMS, K. (1996). Question-driven explanatory reasoning. *Applied Cognitive Psychology*, 10, S17-S32.
- GRAESSER, A. C., y BERTUS, E. L. (1998). The construction of causal inferences while reading expository texts on science and technology. *Scientific Studies of Reading*, 2, 247-269.
- GRAESSER, A. C., y BLACK, J. B. (eds.) (1985). *The psychology of questions*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- GRAESSER, A. C., BOWERS, C. A., OLDE, B., y POMEROY, V. (1999). Who said what? Source memory for narrator and character agents in literary short stories. *Journal of Educational Psychology*, 91, 284-300.
- GRAESSER, A. C., y CLARK, L. C. (1985). *Structures and procedures of implicit knowledge*. Norwood, NJ: Ablex.
- GRAESSER, A. C., GORDON, S. E., y BRAINERD, L. E. (1992). QUEST: A model of question answering. *Computers and Mathematics with Applications*, 23, 733-745.
- GRAESSER, A. C. y HEMPHILL, D. (1991). Question answering in the context of scientific mechanisms. *Journal of Memory and Language*, 30, 186-209.

- GRAESSER, A. C., LANG, K. L., y ROBERTS, R. M. (1991). Question answering in the context of stories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120, 254-277.
- GRAESSER, A. C., LANGSTON, M. C., y BAGGETT, W. B. (1993). Exploring information about concepts by asking questions. En G. V. Nakamura, R. M. Taraban, y D. Medin (eds.), *The psychology of learning and motivation: Vol. 29_Categorization by humans and machines*. Orlando, FL: Academic Press, 411-436.
- GRAESSER, A. C., y MCMAHEN, C. L. (1993). Anomalous information triggers questions when adults solve problems and comprehend stories. *Journal of Educational Psychology*, 85, 136-151.
- GRAESSER, A. C., MILLIS, K. K., y ZWAAN, R. A. (1997). Discourse comprehension. En J. T. Spence, J. M. Darley, and D. J. Foss (eds.), *Annual Review of Psychology*, Vol. 48. Palo Alto, CA: Annual Reviews Inc.
- GRAESSER, A. C., OLDE, B., WHITTEN, S., LU, S., POMEROY, V. y CRAIG, S. (2000). *Question asking while comprehending breakdown scenarios about everyday devices*. Manuscrito en preparación.
- GRAESSER, A. C., y PERSON, N. K. (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31, 104-137.
- GRAESSER, A. C., PERSON, N. K., y MAGLIANO, J. P. (1995). Collaborative dialogue patterns in naturalistic one-to-one tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 9, 495-522.
- GRAESSER, A. C., SINGER, M., y TRABASSO, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 101, 371-95.
- GRAESSER, A. C., WIEMER-HASTINGS, P., y WIEMER-HASTINGS, K. (2001). Constructing inferences and relations during text comprehension. In T. Sanders, J. Schilperoord, y W. Spooren (eds.), *Text representation: Linguistic and psycholinguistic aspects*. Amsterdam: John Benjamins.
- GRAESSER, A. C., WIEMER-HASTINGS, K., WIEMER-HASTINGS, P., KREUZ, R., y TRG (1999). AutoTutor: A simulation of a human tutor. *Journal of Cognitive Systems Research*, 1, 35-51.
- HACKER, D. J., DUNLOSKY, J., y GRAESSER, A. C. (eds.) (1998). *Metacognition in educational theory and practice*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- HEGARTY, M., y JUST, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32, 717-742.
- KING, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31, 338-368.
- KINTSCH, W. A. (1998). *Comprehension: A paradigm in cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAPOINTE, L. B., y ENGLE, R. W. (1990). Simple and complex word spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 64, 1118-1133.
- LEHMANN, F. (ed.) (1992). *Semantic networks in artificial intelligence*. New York: Pergamon.
- LENAT, D. B. (1995). CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure. *Communications of the ACM*, 38, 33-38.

- MACAULAY, D. (1988). *The way things work*. Boston: Houghton Mifflin.
- MAYER, R. E., y ANDERSON, R. B. (1992). The instructive animation: Helping students to build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84, 405-412.
- MAYER, R. E., y SIMS, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-code theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-401.
- MILLIS, K., y GRAESSER, A. (1994). The time-course of constructing knowledge-based inferences for scientific texts. *Journal of Memory and Language*, 33, 583-599.
- MIYAKE, N., y NORMAN, D. A. (1979). To ask a question one must know enough to know what is not known. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 357-364.
- NARAYANAN, N. H. y HEGARTY, M. (1998). On designing comprehensible interactive hypermedia manuals. *International Journal of Human-Computer Studies*, 48, 267-301.
- NOORMAN, L. G. M., VONK, W., y KEMPF, H. J. (1992). Causal inferences during the reading of expository texts. *Journal of Memory and Language*, 31, 573-590.
- OTERO, J. (1998). Influence of knowledge activation and context on comprehension monitoring of science texts. En Hacker, D., Dunlosky, J., and Graesser, A. C. (eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 145-164.
- OTERO, J., y CAMPANARIO, J. M. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 447-460.
- OTERO, J., y GRAESSER, A. C. (2001). PREG: Elements of a model of question asking. *Cognition and Instruction*, 19, 143-175.
- OTERO, J., y KINTSCH, W. (1992). Failures to detect contradictions in text: What readers believe vs. what they read. *Psychological Science*, 3, 229-235.
- PALINCAR, A. S. y BROWN, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition y Instruction*, 1, 117-175.
- PERFETTI, C. A., BRITT, M. A., y GEORGI, (1995). *Text-based learning and reasoning: Studies in history*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- SCARDAMALIA, M. y BEREITER, C. (1985). Fostering the development of self-regulation in children's knowledge processing. In S.F. Chipman, J. W. Segal, y R. Glaser (eds.). *Thinking and learning skills: Research and open questions*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, Vol. 2, 563-578.
- SCHANK, R. C., KASS, A., y RIESBECK, C. K. (1994). *Inside case-based explanation*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- SHNEIDERMAN, B. (1998). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (3ª ed.). Reading, MA: Addison Wesley.
- SINGER, M., HARKNESS, D., y STEWART, S.T. (1997). Constructing inferences in expository text comprehension. *Discourse Processes*, 24, 199-228.

- STANOVICH, K. E. y CUNNINGHAM, A. E. (1992). Studying the consequences of literacy within a literate society: The cognitive correlates of print exposure. *Memory y Cognition*, 20, 51-68.
- TRABASSO, T. y VAN DEN BROEK, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24, 612-630.
- WILEY, J. y VOSS, J. F. (1999) Constructing arguments from multiple sources: Tasks that promote understanding and not just memory for text. *Journal of Educational Psychology*, 91, 1-11.
- WILLIAMS, K. E., HULTMAN, E., y GRAESSER, A. C. (1998). CAT: A tool for eliciting knowledge on how to perform procedures. *Behavior Research Methods, Instruments, y Computers*, 30, 565-572.
- ZWAAN, R. A. y RADVANSKY, G. A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123, 162-185.

Resumen

El propósito de este artículo es discutir el papel de las inferencias y las preguntas cuando se intenta comprender un texto científico. Si el texto científico es comprendido, el lector debería ser capaz de generar inferencias a un nivel más profundo de representación, es decir, en el nivel de los mecanismos causales. El artículo está dividido en tres partes. La primera bosqueja las habilidades cognitivas necesarias para la alfabetización cognitiva en la moderna era de la informática. La segunda parte trata sobre las representaciones cognitivas que se construyen durante la comprensión profunda, así como los mecanismos de generación de preguntas. Como avance, diremos que nuestra hipótesis es que la comprensión profunda se pone de manifiesto en las preguntas que realiza una persona cuando se enfrenta a una situación problemática. La tercera parte trata sobre un estudio que llevamos a cabo sobre la comprensión de textos ilustrados que se refieren a aparatos cotidianos.

Abstract

The purpose of this article is to discuss the role of inferences and questions when learners attempt to comprehend scientific text. When a scientific text is understood, the comprehender should be able to generate inferences at deeper levels of representation, namely the causal mechanisms. The article is divided into three sections. The first section sketches the cognitive skills that are needed for cognitive literacy in a modern electronic

age. The second section discusses the cognitive representations that are constructed during deep comprehension, as well as the mechanisms that generate questions. We advance the argument that deep comprehension is manifested in the questions that a person asks when confronted with a breakdown scenario. The third section reports a study that we are currently conducting that investigates the comprehension of illustrated texts on everyday devices.

Arthur C. Graesser

Brent Olde

Victoria Pomeroy

Shannon Whitten

Shulan Lu

Scotty Craig

Psychology Department

202 Psychology Building

University of Memphis

Memphis. T14 38152-3230

a-graesser@memphis.edu

El papel de las preguntas intercaladas en los textos de ciencias

Eduardo Vidal-Abarca
Ramiro Gilabert
Jean-Francois Rouet

La práctica totalidad de los libros de ciencias contienen preguntas y cuestiones presentadas tras el texto que se trata de aprender. El objetivo de estas preguntas y cuestiones suele ser doble. Por una parte, se pretende que los alumnos aprendan con mayor profundidad una determinada información y que pongan en marcha actividades mentales específicas que se consideran valiosas desde el punto de vista de la ciencia (p. ej., explicar fenómenos, razonar inductiva o deductivamente, realizar inferencias, etc.). Un segundo objetivo es que el estudiante, y también el profesor, evalúen hasta qué punto la información ha sido bien entendida. La primera finalidad está estrechamente ligada al proceso de *aprendizaje*, mientras que la segunda se orienta más hacia la *evaluación*. En este artículo nos centramos en la primera finalidad, es decir, la utilización de cuestiones y preguntas como un medio didáctico para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Un autor que ha estudiado ampliamente el papel de las preguntas y cuestiones en

Muchos libros de ciencias contienen preguntas dirigidas al alumno. Su efecto no es sencillo ni su utilidad está asegurada.

el aprendizaje es Rothkopf (1982). Para este autor, las cuestiones y preguntas, al igual que otras tareas que se plantean a los estudiantes (p. ej., resúmenes, esquemas, problemas, etc.) son una forma de provocar y dirigir lo que él llama actividades *matemagénicas*, o actividades que hacen nacer el aprendizaje. El término es similar al de *estrategia* utilizada en psicología cognitiva. Así, las cuestiones y preguntas harían que los estudiantes prestaran atención a una información determinada y realizaran ciertas operaciones mentales. El resultado esperado es que esa información se aprenda correctamente, y que también se aprenda a realizar operaciones mentales tales como razonamientos o inferencias.

En los últimos años ha habido un interés creciente en psicología cognitiva por la investigación relacionada con las preguntas y cuestiones. Algunas de las preguntas que se han formulado son las siguientes: ¿ayudan realmente las cuestiones y preguntas al aprendizaje de contenidos, o bien hay algunos tipos de preguntas que ayudan más que otros?, ¿cómo se puede explicar psicológicamente el efecto beneficioso que las preguntas puedan tener?, ¿qué tipo de procesamiento mental inducen las distintas preguntas?, ¿ayudan las preguntas a cualquier tipo de alumno, o bien algunos tipos de preguntas ayudan a unos alumnos más que a otros? Estas cuatro preguntas son las que abordaremos en las cuatro secciones de este artículo.

Tipo de preguntas y aprendizaje

En términos psicológicos el papel de las preguntas y cuestiones se ha planteado en gran medida mediante la distinción entre preguntas de bajo y alto nivel. Preguntas de bajo nivel son aquellas que piden al estudiante que recuerde o recupere de forma más o menos literal la información que ha leído en un texto. Preguntas de alto nivel son aquellas cuya contestación correcta exige que el estudiante ponga en marcha operaciones mentales complejas tales como relacionar distintas informaciones textuales, aplicar un concepto a una situación nueva, o explicar y razonar sobre fenómenos utilizando la información estudiada.

Varios estudios llegan a la conclusión de que contestar a preguntas de alto nivel produce mayor aprendizaje que contestar a preguntas de bajo nivel. En uno de estos estudios, Wixson (1983) presentó textos expositivos de ciencias naturales de una longitud aproximada de 170 palabras a chicos de 5º curso de enseñanza básica (de aproximadamente 11 años). Un grupo de chicos contestó preguntas de inferencia en las que la respuesta correcta estaba implícita en el texto, mientras otro grupo contestó preguntas cuya respuesta estaba explícita. Después de una semana, ambos grupos escribieron todo lo que recordaban de los textos. Ambos grupos de chicos recordaron aproximadamente la misma cantidad de información que estaba explícita en el texto, pero los que contestaron preguntas

inferenciales incluyeron más información implícita que los otros.

Resultados también positivos han sido obtenidos por Vidal-Abarca, Mengual, Sanjose y Rouet (1996). Estos autores investigaron el papel del tipo de preguntas en el aprendizaje de textos científicos. Durante dos sesiones de estudio, alumnos de 3º de BUP (de aproximadamente 17 años) leyeron un texto sobre modelos atómicos de una extensión aproximada de 2.300 palabras, y contestaron preguntas inferenciales o literales. El texto explicaba los primeros modelos atómicos (Dalton, Thomson y Rutherford), y cómo los resultados experimentales obligaron a elaborar nuevos modelos para adecuar el modelo teórico a los datos empíricos. A continuación

la mitad de los estudiantes resolvió preguntas inferenciales y la otra mitad literales. Ambos tipos de preguntas requerían que los estudiantes manejaran la misma información textual. Sin embargo contestar correctamente las preguntas inferenciales requería que los estudiantes conectaran mediante inferencias ideas textuales localizadas en partes separadas del texto, mientras que para contestar a las preguntas literales sólo había que localizar ideas textuales sin necesidad de conectarlas unas con otras.

En la figura 1 se pueden ver ejemplos de ambos tipos de preguntas. Como se puede apreciar, para responder correctamente a la pregunta inferencial era necesario conocer las características de los tres modelos

Figura 1

Ejemplos de preguntas de alto y bajo nivel (inferenciales y literales, respectivamente) cubriendo la misma información textual

Pregunta inferencial

En 1895 el físico alemán Philipp Lenard había mostrado que una corriente de electrones penetra fácilmente a través de láminas de muy distintos materiales:

- a) ¿Qué modelos atómicos pueden explicar este fenómeno y cómo lo explican?
- b) ¿Qué modelos atómicos no pueden explicar este fenómeno y por qué?

Preguntas literales

(5) ¿Cómo explicaba Thomson que los átomos permitieran pasar partículas a través de ellos?

(7) *Completa la frase*

Los vacíos que pudiera haber entre los átomos esféricos en contacto no eran suficientes para explicar la gran de la Era preciso suponer que las partículas pasaban también a de los átomos.

(8) *Completa la frase*

Suponer que las partículas podían pasar a través de los átomos implicaba admitir que éstos no podían ser

(9) *Completa la frase*

El descubrimiento de la radiactividad contradecía la idea de que el átomo pudiera ser

(12) ¿Cómo se explicaba la penetrabilidad de la materia según el modelo que propuso Rutherford?

atómicos explicados, relacionándolas con el problema de la penetrabilidad de la materia. Para ello había que conectar diversas informaciones distribuidas a lo largo del texto. Era necesario conocer ese mismo conjunto de información para responder a las preguntas literales.

Dos días más tarde se evaluó el aprendizaje final de ambos grupos de estudiantes mediante una prueba de recuerdo libre y otra de comprensión que contenía preguntas de aplicación y razonamiento (p. ej., *según la información que se maneja hoy en día, un átomo de Litio tiene tres electrones; dibuja el átomo de Litio según lo hubieran concebido Dalton, Thomson y Rutherford y da las explicaciones que creas necesarias*). En ambas medidas se encontró que los estudiantes que habían resuelto preguntas de inferencia conseguían una puntuación significativamente mayor que los que resolvían preguntas literales.

Vidal-Abarca *et al.* (1996) también analizaron en qué medida el nivel de aprendizaje alcanzado durante las sesiones de estudio influía en la puntuación obtenida en las medidas dependientes (recuerdo y comprensión). Como era de esperar, aquellos estudiantes que resolvieron correctamente más preguntas en las sesiones de estudio, fueran éstas literales o inferenciales, obtuvieron mejores resultados en las medidas dependientes que los estudiantes que resolvieron correctamente menos preguntas.

Una explicación psicológica de los beneficios de las preguntas inferenciales

El beneficio de las preguntas inferenciales para el aprendizaje se puede explicar con los conocimientos actuales sobre procesos de comprensión. Hay varios supuestos que son admitidos por la práctica totalidad de los modelos de procesamiento de textos (van Dijk y Kintsch, 1983; Kintsch, 1988, 1998). Un primer supuesto es que la lectura es un proceso secuencial en el que la información se procesa en ciclos, debido a las limitaciones de la memoria de trabajo. En cada ciclo se procesa aproximadamente la información de una frase, lo cual implica comprender las ideas de esa frase, conectarlas entre sí, y mantener una idea nuclear en nuestra memoria de trabajo para añadirla al nuevo ciclo de procesamiento. Supongamos que un estudiante está leyendo el párrafo que figura a continuación.

"En 1911, Rutherford realizó un experimento que fue crucial para superar el modelo atómico de Thomson. Hizo incidir sobre una finísima lámina de oro un delgado haz de partículas cargadas positivamente, de masa mucho mayor que el electrón y dotadas de una energía cinética elevada. En el choque observó que la mayoría de las partículas atravesaron la lámina, algunas se desviaron, y unas pocas llegaron a retroceder. Rutherford concluyó que los átomos debían estar constituido en su mayor parte por espacio vacío ya que la mayoría de las partículas atravesaron la lámina."

Al leer la primera frase, un estudiante deberá comprender todas las ideas de la frase (p. ej., Rutherford realizó un experimento, el experimento fue crucial, el experimento permitió superar el modelo de Thomson, etc.), y retener en memoria una idea nuclear (p. ej., Rutherford hizo un experimento crucial). Este proceso se repetirá con otras frases en otros ciclos, incorporando normalmente información de los ciclos anteriores a los posteriores.

El segundo supuesto es que estos procesos requieren activar información almacenada en la memoria a largo plazo del lector (p. ej., acerca del modelo de Thomson), añadirla a la información del texto, y procesar todo en la memoria de trabajo, almacenando los productos de este procesamiento en el almacén de memoria a largo plazo. El tercer supuesto es que los lectores construyen representaciones a diferentes niveles, uno más literal (lo que dice el texto o *base-del-texto*), y otro más inferencial (lo que dice el texto más las inferencias del lector o *modelo-de-la-situación*). El nivel inferencial depende del conocimiento previo e inferencias que el lector active. Así, un lector puede simplemente memorizar la afirmación de que *Rutherford concluyó que los átomos debían estar muy vacíos* y relacionarla con el hecho de que *la mayoría de las partículas atravesaron la lámina*, tal como se afirma explícitamente en el texto. Otro lector puede entender a fondo esta conclusión activando la idea previa de que *en un sólido los átomos están pegados uno*

junto a otro, y además hacer la inferencia de que *las partículas no pudieron pasar entre los átomos sino a través de ellos*. El primer lector pudo formar una buena base-del-texto (nivel textual) en términos de Kintsch, pero un pobre modelo-de-la-situación (nivel inferencial), mientras que el segundo pudo conseguir una buena representación en ambos niveles.

El cuarto supuesto es que para que dos informaciones se relacionen, ambas deben estar activas en la memoria de trabajo. Por ejemplo, si el párrafo anterior hubiese estado precedido por una exposición de los modelos atómicos de Dalton y Thomson, el lector podría activar parte de esa información cuando está leyendo información sobre el modelo de Rutherford, y relacionar las informaciones anteriores con las posteriores. Si esta activación no se produjera, o fuera muy pobre, el lector no relacionaría adecuadamente informaciones sobre distintos modelos atómicos explicadas en párrafos distintos.

El quinto supuesto es que la memoria de trabajo o capacidad para realizar todas estas operaciones, es limitada. Dada esta limitación, la probabilidad de que las operaciones ocurran al máximo nivel durante la lectura es baja, al menos cuando los lectores no tienen un gran conocimiento del tema y unas buenas estrategias de procesamiento. Los estudiantes suelen carecer tanto de conocimientos relevantes para un texto determinado como de estrategias,

por lo cual realizan pocas inferencias, especialmente aquellas que les llevarían a conectar informaciones textuales distantes. Esto explicaría por qué las preguntas, especialmente las inferenciales, ayudan al aprendizaje.

Las preguntas literales activan procesos simples tales como hacer que el lector vuelva a procesar una determinada información ya leída. Ese procesamiento extra hará que esa información sea recordada con mayor probabilidad que si la pregunta no hubiese sido formulada. Sin embargo, las preguntas inferenciales activan procesos más complejos. Hacen que los estudiantes activen simultáneamente dos o más informaciones textuales, a veces bastante distantes entre sí, y que hagan determinadas inferencias activando para ello conocimientos previos. Por ejemplo, si unos estudiantes han leído un texto sobre la historia de los modelos atómicos (modelos de Dalton, Thomson y Rutherford), y se les pregunta qué modelos atómicos podían explicar que los electrones penetraran a través de láminas de diversos materiales (ver pregunta inferencial de la figura 1), la pregunta podría activar procesos de aprendizaje que no se darían con la simple lectura del texto. Así, el estudiante buscaría la información pertinente en el texto, la releería pensando si cada modelo podría explicar la penetrabilidad de la materia, y haría las inferencias correspondientes a partir de lo que el texto dice y de los conocimientos que él mismo pueda activar. Este procesamiento extra permitiría

que ideas del texto alejadas entre sí pudieran conectarse, promoviendo además la activación de conocimiento previo e inferencias.

Existe una contrapartida en los beneficios de las preguntas inferenciales sobre las literales. Mientras éstas últimas son fáciles de responder correctamente, las primeras no lo son tanto. Por eso las preguntas literales sólo producirán beneficios en la medida en que los estudiantes sean capaces de contestarlas adecuadamente. Eso podría explicar por qué a veces las preguntas inferenciales o de alto nivel no producen los efectos deseados.

Tipo de preguntas y procesamiento del texto

Hay estudios que han tomado medidas de procesamiento del texto para ver si ambos tipos de preguntas inducen procesos diferentes. Entre estas medidas de procesamiento se encuentran: a) la *distribución de recursos atencionales* durante la lectura del texto o de las preguntas, y b) el *patrón de búsqueda de información* en el texto para responder a las preguntas. Expondremos experimentos que han tomado una y otra medida, así como la relación entre dichas medidas y la explicación psicológica que acabamos de dar en la sección anterior.

Halpain, Glover, y Harvey (1985) realizaron cinco experimentos para investigar cómo afectaba el tipo de pregunta a la distribución

de los recursos atencionales de los estudiantes. Estos autores presentaron a estudiantes universitarios un texto expositivo de 1.200 palabras en el que se insertaron preguntas referidas al contenido de los diferentes párrafos del texto. Algunas de estas preguntas eran de bajo nivel o literales, mientras otras eran de alto nivel o inferenciales.

En dos de los experimentos las preguntas estaban inmediatamente antes del párrafo donde se encontraba la respuesta (experimentos 1 y 2), mientras en los restantes (experimentos 3, 4 y 5) las preguntas estaban inmediatamente después. Tanto el texto como las preguntas se presentaban en una pantalla de ordenador. Los estudiantes leían o bien el texto (experimentos 1 y 5), o bien las preguntas (experimentos 2, 3 y 4). Mientras lo hacían, cada cierto tiempo oían un sonido al que tenían que reaccionar lo antes posible presionando una tecla. El tiempo de reacción al sonido se utilizó como medida de la cantidad de *recursos atencionales* que se estaban empleando en la tarea que se estaba haciendo en ese momento. Un elevado tiempo de reacción al sonido indicaba que la tarea requería muchos recursos atencionales, mientras un corto tiempo de reacción indicaba lo contrario. Dado que la cantidad de recursos atencionales que requiere una tarea está en relación directa con su complejidad, estos autores esperaban encontrar que las preguntas inferenciales o de alto nivel provocarían tiempos de reacción largos al inducir procesos mentales complejos,

mientras que con las literales o de bajo nivel ocurriría lo contrario.

Además de confirmar que las preguntas inferenciales producían más aprendizaje que las literales, Halpain y sus colaboradores encontraron que leer párrafos precedidos por preguntas inferenciales requería más recursos atencionales que leer párrafos precedidos por preguntas literales. La explicación es que las preguntas inferenciales hacían que los lectores conectaran diversas ideas del texto e hicieran inferencias mientras leían el texto, procesos que son complejos. Sin embargo, las preguntas literales tendían a provocar que el lector buscara una información explícita en el texto, un proceso más simple.

Estos autores también encontraron que cuando el procedimiento consistía en que los estudiantes leyeran primero los párrafos y después las preguntas referidas a esos párrafos, leer preguntas de alto nivel consumía más recursos atencionales que leer preguntas de bajo nivel. Sin embargo, estas diferencias no aparecían cuando el procedimiento era el contrario: primero leer las preguntas y luego leer los párrafos en los que se encontraban las respuestas a las preguntas. Es decir, cuando los estudiantes leían las preguntas sin haber leído el texto que contenía la información para responder dichas preguntas, no sabían si la pregunta era compleja o no, y por tanto no había diferencias en recursos atencionales. Sin embargo, una

vez leído el texto, cuando el estudiante leía la pregunta se desencadenaban los procesos para responderlas. Si la pregunta sólo requería localizar una información en el texto, el proceso mental era simple. Pero si la pregunta requería hacer inferencias, o mantener activas varias ideas en memoria de trabajo, los procesos mentales eran complejos. Por eso, cuando se leía primero el texto y a continuación se leían las preguntas, entonces se apreciaban diferencias entre preguntas de alto y bajo nivel.

Estos resultados ayudan a explicar el efecto positivo de las preguntas inferenciales en línea con la explicación psicológica proporcionada en la sección anterior. Dado que las preguntas inferenciales o de alto nivel ayudan a procesar varias ideas conjuntamente, en la mente del lector se producirán conexiones entre ideas que no se producirán con tanta probabilidad mediante preguntas literales o de bajo nivel. Esto puede explicar el mayor recuerdo producido por las preguntas inferenciales frente a las literales. Además, el primer tipo de preguntas hace que los lectores aprendan a poner en marcha procesos inferenciales o de razonamiento que son del máximo interés en el aprendizaje de las ciencias. Rouet, Erbou, Vidal-Abarca y Millogo (1999) pusieron a prueba la hipótesis anterior. Realizaron dos experimentos para comprobar si las preguntas inferenciales o de alto nivel inducen un patrón de búsqueda de información textual diferente al de las preguntas literales o de bajo nivel. Estos autores plantearon la hipótesis de que contestar a

preguntas de alto nivel haría que los estudiantes emplearan una estrategia de *revisar-e-integrar* información, es decir, leer informaciones y conectarlas para formar una representación mental coherente del texto. Sin embargo, contestar a preguntas literales haría que los estudiantes emplearan una estrategia de *localizar-y-memorizar* información de forma aislada. En consecuencia, el primer tipo de preguntas debería producir más aprendizaje que el segundo. Esta explicación es acorde con los resultados del estudio de Halpen y colaboradores, y con la explicación psicológica sobre los beneficios de las preguntas de alto nivel.

En el primer experimento, Rouet *et al.* (1999) presentaron a diez estudiantes universitarios (7 de ciencias y 3 cursando estudios no relacionados con las ciencias) el texto de modelos atómicos empleado por Vidal-Abarca *et al.* (1996). El texto fue leído en una pantalla de ordenador. Para la presentación del material se utilizó el programa *Select-the-Text* (Goldman y Saul, 1990). Mediante este programa, el texto se presentaba página a página. Los títulos de las diferentes secciones se podían leer siempre, pero las letras de los párrafos estaban enmascaradas, habiendo sido sustituidas por asteriscos. Cuando se hacía click con el ratón en cualquier punto del primer párrafo, las letras del mismo quedaban desenmascaradas, apareciendo en lugar de los asteriscos originales. Cuando se hacía click en el segundo párrafo, también las letras de este párrafo se desenmascaraban, pero entonces

Los resultados indicaron que los estudiantes del grupo de preguntas de alto nivel mostraron el patrón de búsqueda de información revisar-e-integrar que se había predicho. Estos estudiantes releeron más párrafos por pregunta y dedicaron un tiempo aproximadamente igual a leer cada uno de ellos. Sin embargo, los estudiantes del grupo de preguntas de bajo nivel mostraron el patrón localizar-y-memorizar. Estos estudiantes leyeron menos párrafos por pregunta, y dedicaron mucho más tiempo al último párrafo, aquél que contenía la información necesaria para contestar la pregunta, que al resto de párrafos. Es decir, los párrafos anteriores al último se consultaban rápidamente, sólo para saber si contenían la información que se estaba buscando o no. Hay que resaltar que el tiempo total empleado para contestar las preguntas fue equivalente en ambos grupos.

Los resultados de la prueba de resumen indicaron que los estudiantes del grupo de alto nivel tendieron a incluir en su resumen más información de las preguntas de alto nivel que de las preguntas de bajo nivel, mientras que el resultado opuesto apareció en los del grupo de bajo nivel. Un resultado sorprendente fue que los estudiantes de bajo nivel incluyeron más ideas importantes del texto no relacionadas con ninguno de los dos tipos de preguntas que los estudiantes de alto nivel. El resultado esperado era justamente el opuesto ya que las preguntas de alto nivel se referían a cuestiones más globales que las de bajo nivel.

Para replicar estos resultados, además de analizar el efecto de colocar una tabla de contenidos al comienzo del texto, cuestión de la que no nos ocuparemos aquí, se realizó un segundo experimento. Veintiocho estudiantes universitarios, todos ellos de ciencias, leyeron el texto de modelos atómicos y contestaron a las mismas preguntas de alto o bajo nivel del experimento anterior. También aquí se utilizó el programa Select-the-Text para presentar la información.

Los resultados confirmaron el patrón de búsqueda de información encontrado en el experimento anterior, revisar-e-integrar para preguntas de alto nivel y localizar-y-memorizar para preguntas de bajo nivel. Los resultados de la prueba de resumen fueron también muy parecidos a los del experimento anterior. Los estudiantes del grupo de alto nivel tendieron a incluir en su resumen más información de alto nivel que de bajo nivel, mientras los del grupo de bajo nivel hicieron lo contrario. En este experimento, ambos grupos incluyeron en el resumen el mismo número de ideas importantes del texto no relacionadas con ninguna de las preguntas.

En síntesis, el estudio de Rouet y colaboradores muestra que el patrón de búsqueda de información textual ante preguntas de alto nivel es revisar-e-integrar mientras el patrón en preguntas de bajo nivel es localizar-y-memorizar. El primer patrón implica procesos mentales más complejos que el segundo por cuanto conlleva un consumo

mayor de recursos atencionales, tal y como quedó patente en el estudio de Halpain *et al.* (1985) citado anteriormente. Ambos resultados contribuyen a explicar por qué contestar a preguntas inferenciales produce más aprendizaje que contestar a preguntas literales. Las preguntas inferenciales ayudan a los estudiantes a revisar e integrar la información leída, provocando un mayor número de inferencias.

Junto a esta conclusión concordante con los resultados expuestos en secciones anteriores, el estudio de Rouet y colaboradores también arroja una conclusión discrepante. Estos autores encontraron que responder a preguntas de bajo nivel produjo un aprendizaje equivalente a responder a preguntas de alto nivel. Esto pudo ocurrir porque los estudiantes tenían buen conocimiento del tema ya que eran universitarios de ciencias, una circunstancia que no ocurría en los experimentos descritos anteriormente. Es decir, parece que el nivel de las preguntas influye de manera diferente según el conocimiento previo que tienen los lectores. Por eso abordamos esta cuestión en la sección siguiente.

Conocimiento previo y tipo de preguntas

Es posible que las preguntas inferenciales o de alto nivel produzcan mayor aprendizaje que las de bajo nivel o literales sólo cuando los estudiantes tengan un bajo conocimiento previo de la materia que están estudiando, pero no cuando tengan

un conocimiento alto. Esta posibilidad fue investigada por Vidal-Abarca, Gilbert y Rouet (1998) en dos experimentos.

En el primer experimento de Vidal-Abarca *et al.* (1998) participaron 20 estudiantes de 3º de BUP de ciencias. En la fase de estudio, primeramente los estudiantes leyeron dos veces el texto sobre modelos atómicos empleado en estudios anteriores, utilizando para la presentación del texto el programa Select-the-Text descrito anteriormente. Tras la lectura, la mitad de los estudiantes recibió un cuestionario de preguntas literales mientras el resto contestó otro de preguntas inferenciales, pudiendo consultar el texto a voluntad para responder. Los estudiantes de ambos grupos tenían un conocimiento equivalente sobre el tema. Las preguntas de bajo nivel (literales) y alto nivel (inferenciales) eran muy similares a las empleadas por Vidal-Abarca *et al.* (1996). Hay que hacer notar que para contestar correctamente las preguntas de ambos cuestionarios era necesario consultar la misma información textual (revisar la figura 1). Dos días después de la sesión de estudio se evaluó el aprendizaje de los estudiantes mediante las pruebas de recuerdo libre y comprensión empleadas por Vidal-Abarca y cols. (1996).

Los resultados mostraron que el número de ideas correctas recordadas era equivalente en ambos grupos. La única diferencia en recuerdo fue que los chicos que contestaron preguntas literales tendieron a

incluir en su recuerdo más ideas literales, mientras los del grupo de preguntas inferenciales incluyeron más generalizaciones y elaboraciones no incluidas literalmente en el texto (p. ej., *los modelos atómicos van evolucionando según se va sabiendo más*). Tampoco los resultados en la prueba de comprensión fueron significativamente diferentes en ambos grupos. En resumen, no se encontró que las preguntas inferenciales o de alto nivel produjeran mejores resultados que las de bajo nivel o literales, un resultado idéntico al obtenido por Rouet *et al.* (1999), y contrario al del resto de los estudios.

Lo que sí fue diferente en los dos grupos fue el patrón de búsqueda de información en el texto. Los estudiantes del grupo literal releían pocos párrafos por pregunta ya que buscaban información para completar o hallar un dato específico. Sin embargo, los del grupo inferencial tenían que releer varios párrafos e integrar la información de todos ellos para responder a una pregunta. Estos datos son congruentes con los patrones de búsqueda localizar-y-memorizar y revisar-e-integrar descrito por Rouet *et al.* (1999) como propios de las preguntas de bajo y alto nivel, respectivamente. Un resultado adicional es que los estudiantes del grupo literal dedicaron casi el doble de tiempo que los del grupo inferencial a localizar información para responder a las preguntas. Hay que notar que en este estudio, a diferencia del de Rouet *et al.* (1999), los estudiantes de los grupos

literal e inferencial tenían que consultar la misma información textual para contestar correctamente las preguntas, ya que las preguntas literales e inferenciales se referían a los mismos contenidos.

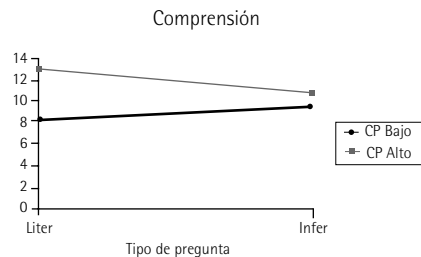
Un aspecto de interés es que, tanto en el grupo de preguntas literales como en el de inferenciales, hubo estudiantes que contestaron más preguntas que otros en la fase de estudio del texto, aunque todos partían de un nivel equivalente de conocimiento previo del tema. Lógicamente, en las pruebas de evaluación dos días después de estudiar el texto, los de alto nivel de aprendizaje recordaron más información del texto y resolvieron más preguntas de comprensión que los de bajo nivel de aprendizaje. Los que aprendieron más durante la sesión de estudio hicieron una lectura inicial más lenta que los que aprendieron menos, aunque las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas ($p = .08$). Sin embargo, ambos grupos consultaron aproximadamente la misma información durante aproximadamente el mismo tiempo cuando tuvieron que buscar información en el texto para responder a las preguntas. Es decir, aprender más o menos no dependió de localizar la información correcta en el texto o de consultarla durante más o menos tiempo. En otras palabras, los procesos de comprensión son diferentes de los procesos de localizar información en textos, un resultado concordante con los encontrados por Guthrie y colaboradores (Guthrie y Kirsch, 1987; Dreher y Guthrie, 1990).

En resumen, este estudio confirma los dos principales resultados de Rouet y cols. (1999): a) las preguntas de alto nivel inducen el patrón de lectura revisar-e-integrar, mientras las de bajo nivel inducen el patrón localizar-y-memorizar, y b) ambos tipos de preguntas producen un aprendizaje equivalente. Este último resultado, al igual que dijimos en el caso de Rouet *et al.* (1999), pudo deberse al conocimiento previo del tema que tenían los estudiantes. Los participantes en este experimento eran estudiantes con buen conocimiento sobre el tema del texto (los modelos atómicos), comparados con los participantes en el estudio de Vidal-Abarca *et al.* (1996) en el que se encontró que contestar preguntas inferenciales producía más aprendizaje que contestar preguntas literales.

Para ver si efectivamente contestar preguntas inferenciales beneficiaba exclusivamente a estudiantes con bajo conocimiento del tema, Vidal-Abarca *et al.* (1996) realizaron un segundo experimento. En este experimento participaron 39 estudiantes universitarios, 18 de los cuales tenían bajo conocimiento previo y 21 alto conocimiento. La mitad de los estudiantes de cada grupo contestaron preguntas literales, y la otra mitad inferenciales. Los materiales y el procedimiento fueron idénticos a los del experimento anterior excepto que los estudiantes leyeron el texto sólo una vez antes de contestar las preguntas para maximizar el efecto del tipo de preguntas.

Dos días después de haber leído el texto y contestado a preguntas, los estudiantes del grupo de preguntas inferenciales recordaron más ideas del texto que los del grupo de preguntas literales, un resultado acorde con las previsiones, si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Fue en la prueba de comprensión donde encontramos un resultado que concordaba plenamente con nuestras previsiones (ver figura 3). Contestar preguntas inferenciales benefició a los estudiantes que tenían bajo conocimiento previo del tema, pero no a los que tenían mejor conocimiento previo.

Figura 3
Interacción entre el tipo de pregunta y conocimiento previo en la prueba de comprensión



Una explicación de estos datos puede ser la proporcionada por McDaniel y Einstein (1989) para otro resultado paradójico. Estos autores encontraron en diversos experimentos que pedir a los lectores tareas que exigían que los lectores relacionaran las ideas del texto ayudaba a comprender *textos expositivos*, mientras que hacer que los lectores se concentraran en los detalles

ayudaba a comprender *narraciones*. Para McDaniel y Einstein (1989) la explicación de este dato puede estar en la complementariedad entre el tipo de procesamiento inducido por un tipo u otro de texto debido al conocimiento de los temas y al tipo de tarea que se pedía a los lectores que hicieran.

Estos autores afirman que los textos narrativos inducen un *procesamiento relacional*, consistente en relacionar las distintas ideas del texto (p. ej., éste u otro comportamiento o sentimiento puede ser una reacción ante tal o cual acontecimiento, determinado personaje hizo esto y aquello para conseguir tal o cual meta). De hecho, hay datos que indican que efectivamente los lectores hacen abundantes inferencias causales y de meta cuando leen narraciones lo cual les lleva a relacionar unas ideas con otras (van den Broek, 1990; Graesser, Singer y Trabasso, 1994). Por el contrario, los lectores de textos expositivos tienden a concentrarse en la comprensión de cada una de las ideas del texto, es decir en el *procesamiento de frases aisladas*. Esto ocurre porque necesitan concentrarse en todas y cada una de las ideas individuales del texto debido a su escaso conocimiento del tema. Ello les impide dedicar recursos cognitivos a la tarea de relacionar unas ideas con otras, dada la limitación de recursos cognitivos del sistema cognitivo. Este tipo de procesamiento ha sido comprobado empíricamente con la técnica de *pensar-en-voz-alta* por Susan Goldman y colaboradoras (Coté, Goldman y Saul, 1998; Coté y Goldman, 1999).

Cuando a los lectores se les plantean tareas que suponen un procesamiento complementario al inducido por el texto, estas tareas contribuyen a mejorar su comprensión. Sin embargo, cuando se les plantean tareas que van en la misma línea que el procesamiento inducido por el texto, esas tareas no contribuyen a mejorar su comprensión. De acuerdo con este razonamiento, dos tareas que favorecen un procesamiento relacional, tales como hacer un resumen o contestar preguntas inferenciales, ayudan a comprender textos expositivos que inducen un procesamiento de-ideas-aisladas porque ambos procesamientos son complementarios. Por la misma razón de complementariedad, contestar a preguntas de detalle (procesamiento de-ideas-aisladas) puede mejorar la comprensión de las narraciones (procesamiento relacional).

Aplicando este razonamiento a nuestro estudio, podemos decir que los estudiantes con bajo conocimiento del tema efectuaron un procesamiento de frases aisladas al leer el texto debido a su escaso conocimiento del tema. Por ello se beneficiaron de contestar preguntas inferenciales que inducen un procesamiento relacional. Por el contrario, los estudiantes con alto conocimiento previo efectuaron un procesamiento relacional con el texto, por lo que se pudieron beneficiar de las preguntas literales.

Por lo que respecta al patrón de búsqueda de información en el texto para responder a las preguntas encontramos los mismos

resultados que en los estudios anteriores. También aquí, los estudiantes que respondieron preguntas literales mostraron el patrón de búsqueda localizar-y-memorizar, propio de las preguntas de bajo nivel, mientras los que respondieron preguntas inferenciales mostraron el patrón revisar-e-integrar, típico de las preguntas de alto nivel. Igualmente, los estudiantes del grupo literal dedicaron más tiempo que los del grupo inferencial a localizar información para responder a las preguntas. Así mismo, los estudiantes de ambos grupos consultaron aproximadamente la misma información, dedicando más de la mitad del tiempo de relectura a consultarla.

También en este experimento hubo estudiantes que contestaron más preguntas que otros en la fase de estudio (lectura más contestación a preguntas). Es decir, hubo estudiantes con nivel de aprendizaje alto y bajo en cada grupo de preguntas. Al igual que en el experimento anterior, transcurridos dos días tras la fase de estudio, los estudiantes de alto nivel de aprendizaje recordaron más información del texto y resolvieron más preguntas de comprensión que los de bajo nivel de aprendizaje. También aquí los estudiantes de alto nivel de aprendizaje hicieron una lectura inicial más lenta que los que aprendieron menos, aunque las diferencias tampoco llegaron a ser estadísticamente significativas ($p = .07$). Igualmente, ambos grupos consultaron aproximadamente la misma información durante aproximadamente el

mismo tiempo cuando tuvieron que buscar información en el texto para responder a las preguntas. Esto confirma la conclusión apuntada anteriormente de que aprender más o menos en una sesión de estudio en la que hay que leer un texto y responder a preguntas no depende de localizar la información correcta en el texto o de consultarla durante más o menos tiempo. Es decir, se confirma que los procesos de comprensión son independientes de los procesos de localizar información en textos.

Conclusiones

A partir de la información expuesta en este artículo, se pueden formular varias conclusiones generales. La primera de ellas es que el tipo de pregunta que los estudiantes resuelven para aprender información no tiene un efecto simple y directo, sino complejo y dependiente de su interacción con otras variables. Una de estas variables es el conocimiento previo. Parece que si los estudiantes tienen un bajo conocimiento previo del tema, las preguntas inferenciales pueden ayudarles a aprender porque provocan un procesamiento relacional que es complementario con el procesamiento de frases aisladas que efectúan al leer el texto. Sin embargo, cuando los estudiantes tienen alto conocimiento del tema son las preguntas literales las que podrían beneficiarles por la misma razón apuntada, es decir, serían un complemento al tipo de procesamiento inducido por el texto. De hecho, en los tres experimentos

descritos en este artículo en los que las preguntas inferenciales produjeron mejores resultados que las literales (Vidal-Abarca *et al.*, 1996; Wixson, 1983; Halpain *et al.*, 1985), los lectores tenían bajo conocimiento del tema. En la enseñanza ordinaria los alumnos suelen tener poco conocimiento de los textos que estudian, por lo que generalmente se verán beneficiados por las preguntas inferenciales.

Es posible también que si los estudiantes tienen buen conocimiento del tema y buenas estrategias para abordar la tarea que se les pide tras la lectura del texto, contestar preguntas de alto nivel produzca resultados equivalentes a contestar preguntas de bajo nivel. Esto es lo que ocurrió en los experimentos de Rouet *et al.* (1999). Los sujetos eran estudiantes universitarios de ciencias, teniendo por ello un conocimiento aceptable del tema de modelos atómicos y unas estrategias adecuadas de procesamiento. En estas condiciones, contestar preguntas de alto o bajo nivel no tuvo efecto alguno sobre la calidad de los resúmenes elaborados.

En cualquier caso, para que las preguntas puedan tener un efecto sobre el aprendizaje de los estudiantes se requiere que los estudiantes sean capaces de contestarlas. Esto está generalmente asegurado en el caso de las preguntas de bajo nivel, que sólo requieren localizar información explícita, lo cual es una habilidad sencilla de adquirir. Sin embargo, no siempre es posible responder

preguntas inferenciales. Si no se respondieran, ya sea por falta de conocimiento previo, ya sea por falta de estrategias adecuadas, estas preguntas no tendrían efecto alguno sobre el aprendizaje. Esta observación, junto con las anteriores referidas a la interacción entre el conocimiento previo y el tipo de preguntas, podría explicar por qué los resultados sobre el papel de las preguntas de alto nivel en el aprendizaje son a veces contradictorios (Allington y Weber, 1993). No basta con plantear preguntas inferenciales sin más a los chicos, sino que hay que plantearlas teniendo en cuenta los conocimientos y estrategias de los estudiantes.

Una segunda conclusión general es que las preguntas literales provocan un tipo de procesamiento diferente al de las preguntas inferenciales. Las primeras requieren menos recursos atencionales. Ello seguramente se debe a que provocan un patrón de búsqueda información del tipo localizar-y-memorizar informaciones aisladas. Ello implica procesos simples, perfectamente compatibles con las limitaciones de procesamiento de la información de nuestro sistema cognitivo. Sin embargo, las preguntas inferenciales requieren el consumo de más recursos atencionales. Ello es así porque los lectores han de mantener varias informaciones en memoria de trabajo y realizar operaciones mentales complejas con esa información (p. ej., inferir, razonar), lo cual se manifiesta en el patrón revisar-e-integrar. Precisamente el valor de las preguntas de alto nivel o inferenciales radica

justamente en su virtud para provocar este tipo de procesos que son poco probables cuando se leen textos expositivos, pero que cuando ocurren promueven el aprendizaje.

La tercera conclusión general es que el valor de las preguntas para ayudar al aprendizaje no radica en los procesos de búsqueda de información que provocan. Se comprueba que los estudiantes que resuelven correctamente más preguntas de aprendizaje durante la sesión de estudio no son aquellos que saben localizar en el texto dónde está la información necesaria para contestar a las preguntas, o que están más tiempo leyendo esa información. Tanto los que resuelven muchas preguntas de aprendizaje como los que resuelven pocas localizan la información correcta y la leen con un nivel de eficacia similar. El único índice que producía algunas diferencias entre mejores y peores

aprendices era el tiempo inicial de lectura del texto, leyendo el texto los primeros más despacio que los segundos. Es decir, comprender implica operaciones mentales diferentes de localizar información, siendo habilidades completamente independientes. Queda por especificar qué procesos mentales son los responsables del aprendizaje. Los resultados de otros estudios (Chi, Leeuw, Chiu y Lavancher, 1994; Coté, Goldman y Saul, 1998; Coté y Goldman, 1999) indican que son las operaciones de naturaleza inferencial tales como generar autoexplicaciones para relacionar diferentes informaciones textuales entre sí, y con otros conocimientos previos, o bien detectar problemas de comprensión y solucionarlos, las que hacen aprender a los estudiantes. En nuestra opinión, las preguntas que inciten a los estudiantes a realizar estas operaciones son las que más promoverán el aprendizaje.

Bibliografía

- ALLINGTON, R. L. y WEBER, R. M. (1993). Questioning questions in teaching and learning from texts. En B. K. Britton, A. Woodward, and M. Binkley (eds.), *Learning from textbooks*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 47-68.
- CHI, M. T. H., DE LEEUW, N., CHIU, M. H. y LAVANCHER, CH. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- COTÉ, N., GOLDMAN, S. R. y SAUL, E. U. (1998). Students making sense of informational text: relations between processing and representation. *Discourse Processes*, 25 (1), 1-53.
- COTÉ, N., y GOLDMAN, S. R. (1999). Building representations of informational text: Evidence from children's think-aloud protocols. En H. van Oostendorp y S. R. Goldman (eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- DREHER, M. J., y GUTHRIE, J. T. (1990). Cognitive processes in textbook chapter search tasks. *Reading Research Quarterly*, XXV (4), 323-339.

- GOLDMAN, S. R. y SAUL, E. U. (1990). Applications for tracking reading behavior on the macintosh. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 22 (6), 526-532.
- GRAESSER, A. C., SINGER, M. y TRABASSO, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 101 (3), 371-395.
- GUTHRIE, J. T. y KIRSCH, Y. S. (1987). Distinction between reading comprehension and locating information in text. *Journal of Educational Psychology*, 79 (3), 220-227.
- HALPAIN, D. R., GLOVER, J. A. y HARVEY, A. L. (1985) Differential effects of higher on lower order questions: attention hypohese. *Journal of Educational Psychology*, 77(6), 703-715.
- KINTSCH, W. (1988). The role of Knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95 (2), 163-182.
- KINTSCH, W. (1998). *Comprehension. A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MCDANIEL, M. A. y EINSTEIN, G. O. (1989). Material-appropriate processing: a contextualist approach to reading and studying strategies. *Educational Psychology Review*, 1 (2), 113-145.
- ROTHKOPF, E. (1982). Adjunts aids and the control of mathemagenic activities during purposeful reading. En W. Otto y S. White (eds.), *Reading Expository Material*. New York: Academic Press.
- ROUET, J-F., ERBOUL, A. B., VIDAL-ABARCA, E., y MILLOGO, V. (1999). Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text. *Discourse Processes*, 31, 163-186.
- VAN DEN BROEK, P. (1990). Causal inferences and the comprehension of narrative texts. En A. C. Graesser y G. H. Bower (eds.), *Inferences and text comprehension*. New York: Academic Press.
- VAN DIJK, T. y KINTSCH, W. (1983). *Strategies of Discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- VIDAL-ABARCA, E., MEGUAL, E., SANJOSÉ, V. y ROUET, J. F. (1996). Levels of comprehension in scientific prose: The role of study tasks and analogies. Comunicación presentada en la Conferencia Using Complex Information Systems. Junio, Poitiers.
- VIDAL-ABARCA, E., GILABERT, R., y ROUET, J. F. (1998, julio). *El papel de las preguntas en el aprendizaje a partir de textos científicos*. Comunicación presentada en el I Seminario Hispano-Luso sobre Aprendizaje de las Ciencias, Aveiro, Portugal.
- WIXSON, K. K. (1983). Postreading questions-answer interactions and children's learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 30 (3), 413-423.

Resumen

Este artículo analiza el papel que tienen las preguntas intercaladas en los textos de ciencias. Se pretende contestar preguntas de cuatro clases. En primer lugar, ¿ayudan realmente las cuestiones y preguntas al aprendizaje de contenidos, o bien hay algunos tipos de preguntas que ayudan más que otros? La segunda pregunta que se trata es ¿cómo se puede explicar psicológicamente el efecto beneficioso que las preguntas puedan tener? En tercer lugar, ¿qué tipo de procesamiento mental inducen las distintas preguntas? Finalmente, ¿ayudan las preguntas a cualquier tipo de alumno, o bien algunos tipos de preguntas ayudan a unos alumnos más que a otros? El artículo finaliza con algunas conclusiones sobre el efecto que tienen las preguntas intercaladas en los textos de ciencias sobre el aprendizaje de los alumnos.

Abstract

An analysis of interspersed questions in science texts is presented in this article. Four types of questions are considered. First, do questions really help in subject matter learning, or are there some particular questions that help more than others? Second, what is the psychological explanation of the possible positive effect of questions? Third, what type of mental processes are triggered by questions? Finally, do questions help any kind of student or do some kind of questions help some students more than others? The article ends up by presenting some conclusions about the effect of interspersed questions on students learning.

Eduardo Vidal-Abarca

Ramiro Gilabert

Dpto. de Psicología Evolutiva y de la Educación

Avda. Blasco Ibanez 21,

Universidad de Valencia (España)

46010 Valencia, España.

Jean-Francois Rouet

Laboratoire Langage et Cognition

99 avenue du Recteur Pineau

Universidad de Poitiers

86022 Poitiers CEDEX

Francia

Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado

Isabel P. Martins
M. Assunção Brigas

Introducción

Las reformas en la enseñanza de las ciencias, tanto en el ámbito de educación primaria como secundaria, que se han llevado a cabo en diversos países a lo largo de la última década, han puesto de manifiesto la necesidad de adoptar una metodología de enseñanza racional-constructivista y la impartición de materias curriculares variadas y epistemológicamente concordantes. Por distintas razones, unas de carácter organizativo de las propias escuelas y otras debidas a los déficits en la formación del profesorado, los libros de texto¹ continúan ocupando un lugar destacado en relación con otros recursos didácticos (Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz y Vasconcelos 1989; Gallagher, 1991; Gutiérrez-Vázquez, 1993),

La mayor parte de los profesores son dependientes de los libros de texto para la orientación de su enseñanza.

1. Entendemos por libro de texto lo definido en la legislación existente en Portugal: el libro de texto es "un instrumento de trabajo, estructurado y dirigido al alumno, que intenta contribuir al desarrollo de capacidades, al cambio de actitudes y a la adquisición de conocimientos propuestos en el programa en vigor, presentando la información básica que corresponde a los apartados del programa, pudiendo además contener elementos para el desarrollo de actividades de aplicación y evaluación del aprendizaje" (Decreto-Ley 369/90, de 26 de Noviembre).

y la instrucción basada en el libro de texto domina la mayor parte de la enseñanza de las ciencias (Gottfried y Kyle, 1992).

Sin embargo, existen indicios de que, en general, los libros de texto de ciencias prestan poca atención a la naturaleza de la ciencia, a la forma en que el conocimiento es construido y validado, al desarrollo de las ideas científicas, al contexto social y tecnológico de la ciencia, y a la utilidad del conocimiento científico en la vida diaria de los alumnos. Estos resultados se vuelven especialmente importantes y preocupantes por las posibles implicaciones negativas que pueden tener sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, si partimos del supuesto de que la mayor parte de los profesores son "dependientes" de los libros de texto para la orientación de su enseñanza. Algunos investigadores creen que a los autores de los libros de texto les falta llevar a cabo una reflexión didáctica sobre los saberes de las disciplinas, que se articule de modo coherente con lo que se sabe sobre cómo aprenden los alumnos el nuevo contenido (Cachapuz y Praia, 1996). El interés comercial sigue siendo la preocupación dominante hasta el punto de que los "cambios" en los libros son, fundamentalmente, cosméticos, predominando el tratamiento de excesivo contenido, aunque de manera superficial (Gallagher, 1991; Chiappetta, Sethna y Fillman, 1993; Mahaffy, 1995; Parcerisa Aran, 1996).

Implicaciones que tiene en el aprendizaje el uso del libro de texto por el profesor

Las implicaciones que tiene en el aprendizaje el uso del libro de texto por el profesor se refieren al hecho de que éste puede basar en un libro de texto su propia enseñanza (Spiegel e Wright, 1984; Cachapuz *et al.*, 1989; Gallagher, 1991; Eltinge y Robert, 1993; Gutiérrez-Vásquez, 1993; Dillon, O'Brien, Moje y Stewart, 1994), y también definir la secuencia de contenidos que debe enseñar (Gottfried y Kyle, 1992). Por ello el libro de texto es considerado como un puente entre el currículum intencional y el currículum implementado en el aula (Dreyfus, 1992).

Se han realizado algunas investigaciones sobre el modo en que los profesores usan el libro de texto de ciencias en el aula (Spiegel y Wright, 1984; Merzyn *et al.*, 1988; Cachapuz *et al.*, 1989; Gottfried y Kyle, 1992; DiGisi y Willett, 1995), y sobre cómo este uso puede condicionar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, es preocupante el modo en que los libros de texto pueden ser usados por los profesores teniendo en cuenta que:

- a) El tratamiento de los conceptos en algunos libros de texto favorece la formación de conceptos alternativos, por lo que el profesor debe ser consciente de estas deficiencias en los manuales

escolares para clarificar conceptos (Dall'Alba, Walsh, Bowden, Martin, Masters, Ramsden y Stephanou, 1993), tanto cuando los alumnos usan el libro como cuando el profesor basa sus clases en él.

- b) Las preguntas del profesor, así como la información que presenta o los materiales de los que se sirve en el aula, pueden influir sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de textos. De hecho, los alumnos buscan en el texto la información que se ha considerado importante en el aula, más que las ideas principales contenidas en él, de ahí que se subestime la importancia estructural del propio texto (Alexander y Kulikowich, 1994). Otros autores señalan que los alumnos estudian sólo aquello sobre lo que piensan que serán evaluados (Paixão, 1994).
- c) La enseñanza centrada en el libro de texto promueve sobre todo que se memoricen datos y vocabulario, poniéndose menos énfasis a la comprensión de los conocimientos que contienen y las aplicaciones de este conocimiento en la vida diaria de los alumnos (Gallagher, 1991; Stinner, 1992; Eltinge y Roberts, 1993). Además, los libros de texto se utilizan frecuentemente en el aula para la resolución de ejercicios basados en procedimientos algorítmicos (Stinner, 1992). Como consecuencia de este uso, alumnos y profesores pueden quedar convencidos de la eficacia de la memorización de los

"datos científicos" y la eficacia de la aplicación de "fórmulas" en la resolución de problemas, tomándose el resultado final como la prueba del éxito de la enseñanza y del aprendizaje de los alumnos, sin asegurarse de que éstos entienden conceptualmente los términos que son capaces de manipular matemáticamente en las expresiones.

A pesar de todo, también se ha sugerido que el uso del libro de texto escolar puede mejorar el aprendizaje de los alumnos. Para ello los profesores deben ser conscientes (para lo cual necesitan una formación específica) del papel que el libro de texto puede desempeñar, ayudando a los alumnos a la construcción de conceptos adecuados, y a desarrollar actitudes, capacidades y competencias para estudiar de manera autónoma partiendo de diversos materiales, entre los que se incluyen los textos (Cachapuz, Malaquias, Martins, Thomaz y Costa, 1991; Meyendorf, 1992; Alexander y Kulikowich, 1994; DiGisi y Willett, 1995; Cachapuz y Praia, 1996; Otero, 1997).

A pesar de no existir investigaciones concluyentes, hay indicios de que los libros de texto de los alumnos pueden cumplir algunas funciones de formación del profesorado (Cachapuz *et al.*, 1989; Rogiers, 1996), frecuentemente de actualización de los conocimientos, sobre todo los referentes a aplicaciones tecnológicas.

Estudios sobre el uso que hacen los profesores de los libros de texto de ciencias

El libro de texto en la preparación de actividades de enseñanza

Los estudios sobre cómo usan los libros de texto los profesores de ciencias ponen de manifiesto la importancia de éstos como soporte de las actividades de enseñanza. Todos las investigaciones consultadas señalan que la enseñanza de la ciencia basada en el libro de texto es la que predomina en las aulas. Se cree que la enseñanza de la ciencia está predominantemente guiada, organizada y restringida por el contenido de los libros de texto (por ejemplo, Gallagher, 1991; Eltinge y Roberts, 1993; Dillon *et al.*, 1994), aunque existen escasos estudios empíricos al respecto.

En Portugal, Cachapuz y otros (1989) realizaron una investigación sobre 521 profesores, mediante la que pretendían caracterizar el contexto en el que se produce la enseñanza de la Física y la Química, tanto en la educación primaria como secundaria. Los resultados obtenidos respecto a los recursos curriculares reflejan que los libros de texto constituían la principal fuente de información para el 92,5% del profesorado. En esta investigación además se recoge que la mayoría de los profesores (77%) señalan que utilizan frecuentemente el libro de texto en la preparación de sus clases.

Merzyn y otros (1988), en Alemania, realizaron un estudio de 420 profesores de Física, a los que se les preguntó sobre los libros de texto de Física y su uso, confirmando una predominancia del uso de este recurso en la preparación de las clases.

El libro de texto en la realización de actividades de enseñanza

El libro de texto parece ser menos empleado en las actividades dentro del aula que en la preparación de las clases. En la investigación de Cachapuz *et al.* (1989) sólo el 37% de los profesores indican que lo emplean de vez en cuando en el aula, mientras que el 77% indican que lo utilizan sobre todo en la preparación de las clases. También en la investigación de Merzyn *et al.* (1988), los profesores señalan que las actividades realizadas en el aula con el libro de texto son poco frecuentes (por ejemplo, la observación y discusión de ilustraciones del libro o la interpretación de tablas y diagramas). En una investigación de Spiegel y Wright (1984) los profesores consideran el libro de texto útil como orientador y facilitador de la discusión dentro del aula, mediante la referencia a cuadros, tablas o gráficos, diagramas y fotografías.

Respecto a las actividades de carácter experimental dentro del aula, basadas en el libro de texto, se hace escasa referencia a ellas. Sólo en el estudio de Merzyn y otros (1988) se hace mención a experimentos hechos, con relativa frecuencia, siguiendo el libro de texto.

En lo relativo al trabajo independiente del alumno, los profesores señalan, en el estudio de Cachapuz *et al.* (1989), que se recomienda a los alumnos el uso del libro de texto esencialmente para la realización de ejercicios sobre el tema de la clase (83%), para la consulta de tablas con el objetivo de recoger datos (51%) o para la lectura del contenido tratado en la clase (52,5%). Ocasionalmente se indicaba a los alumnos que leyeran el libro de texto como lectura complementaria o para resolver ejercicios sobre el contenido de la clase.

En el trabajo de Spiegel y Wright (1984), los profesores consideran de poca importancia la realización de tareas en casa que impliquen actividades y proyectos propuestos por el libro de texto, así como la sugerencia de realizar lecturas complementarias u opcionales. El refuerzo del contenido de la clase parece ser la meta prioritaria (por ejemplo, las lecturas se realizaban para la preparación o refuerzo del contenido de la clase o como fuente de revisión del contenido para los exámenes), aunque no hay indicios de que los profesores diesen orientaciones explícitas a los alumnos sobre cómo usar el libro de texto en las tareas para casa. Para estos autores, una de las creencias de los profesores es que los alumnos comprenderán un texto, que sea atractivo y científicamente correcto, si lo leen de principio a fin.

Sin embargo, existen indicios de que los alumnos tienen dificultades en el uso de

los libros de texto. Algunos estudios (Meyendorf, 1992; Paixão, 1994) ponen de manifiesto la importancia del papel de profesor para disminuir estas dificultades, para lo cual necesitan haber recibido una formación adecuada que les permita intervenir, ayudando a los alumnos en el cambio o desarrollo de técnicas de estudio de textos o libros escolares de ciencias. Esta situación no es, por tanto, fácil de solucionar. Los profesores parecen ser conscientes de los problemas a los que se enfrentan sus alumnos en el estudio de la Química, en particular en el uso del libro de texto. Pero pocos intentan solucionar este problema, al ver que carecen de tiempo disponible para llevar a cabo esta ayuda, debido a la exigencia de cumplimiento de los programas curriculares y no saber qué hacer si las dificultades no se centran en el nivel de los contenidos (Paixão, 1994).

En nuestra opinión, si los profesores pretenden promover una mejora de la calidad de aprendizaje de sus alumnos, la enseñanza no se debería centrar solamente en los contenidos sino también en el proceso de aprendizaje: la enseñanza de procedimientos que permitan a los alumnos ejercer el control sobre sus técnicas de estudio de textos escritos, y en especial, de libros de texto. De hecho, la implicación de los alumnos de enseñanza secundaria en el aula, para la evaluación de la comprensión recíproca de los conceptos principales de un texto contenido en un manual escolar de Química, puso de manifiesto que éstos

se mostraban muy motivados, al tener la oportunidad de exponer y discutir sus ideas con sus compañeros y poder ser ayudados, de manera individual, en la monitorización de su propia comprensión.

En esta misma línea, Meyendorf (1992), en Alemania, intentó investigar cómo obtenían (encontraban e interpretaban) los alumnos de 9º año información contenida en distintos textos escritos sobre un tema desconocido para ellos y cómo podían ser ayudados por los profesores. El trabajo desarrollado por este autor permite llegar a la conclusión de que enseñar a trabajar con libros de texto conduce a resultados positivos; en concreto, puede mejorarse la capacidad de los alumnos de obtener información, volviéndose más críticos en la selección de información de los libros de texto escolares.

A pesar de que no se pueden generalizar los resultados de los dos trabajos anteriores, constituyen un motivo de interés ya que ofrecen elementos importantes para futuras investigaciones, en particular sobre la mejora del aprendizaje de los alumnos mediante el desarrollo de capacidades metacognitivas. Además proporcionan pistas a los profesores sobre cómo pueden ayudar en este sentido.

Alexander y Kulikowich (1994), en Estados Unidos, realizaron un trabajo de síntesis de las investigaciones recientes sobre comprensión de textos, aprendizaje de la

Física y aprendizaje a partir de textos de Física, en el cual subrayan la importancia del papel del profesor en el ambiente de aprendizaje, ya que es el profesor, principalmente, quien organiza y guía el contexto de enseñanza.

Según estas autoras, la formulación de preguntas por parte del profesor influye sobre la atención de los alumnos en la lectura y comprensión de textos de Física. Los profesores no usan los textos como medio de promover la discusión y formulación de preguntas por los alumnos, sino solamente como medio de mejorar el conocimiento factual. Dentro del contexto del aula, tanto las explicaciones de los profesores como los materiales didácticos que utilizan pueden servir tanto para mejorar como para perjudicar el proceso de aprendizaje a partir de textos de Física. De hecho, las dificultades de comprensión que muestran los alumnos no siempre son atribuibles a los conflictos entre conocimiento escolar y la falta del mismo o información incorrecta dentro del texto, sino que también pueden atribuirse a la naturaleza de las explicaciones del profesor. Otro aspecto puesto de relieve por estas autoras es que los alumnos buscan en el texto la información que ha sido señalada como importante dentro de la clase, más que las ideas principales del mismo. Éste es un dato importante, con implicaciones sobre el aprendizaje de los alumnos, del que los profesores necesitan ser conscientes.

Actitudes y creencias del profesorado de ciencias respecto a la lectura de los libros de texto

En los estudios sobre las actitudes y creencias del profesorado respecto a la lectura de libros de texto de ciencias (Yore, 1991; DiGisi y Willett, 1995), surge como resultado común el hecho de que los profesores admiten la importancia de este tipo de lectura, aunque señalan las dificultades de incorporar la enseñanza de las estrategias de lectura dentro de las clases de ciencias. Ello es debido principalmente a las exigencias de contenido del curriculum, que la mayoría de los profesores de ciencias en enseñanza secundaria consideran prioritario.

Yore (1991) realizó un estudio cuyo objetivo era examinar las actitudes y creencias de 215 profesores de ciencias de enseñanza secundaria en Canadá, relativas a la lectura de libros de texto de ciencias. En lo referente a las actitudes, los profesores de la muestra valoraban la lectura de los contenidos, y señalaban la responsabilidad de enseñar a leer ciencia como una estrategia importante para promover el aprendizaje de las ciencias. No obstante, la mayoría de los profesores dan prioridad a la enseñanza de los contenidos.

En lo que respecta a las creencias, la mayoría de los profesores rechazan el modelo de lectura guiado por el texto, cuyo supuesto subyacente es que los alumnos no

precisan de conocimiento previo para comprender el texto. Sin embargo, estos mismos profesores no señalan modelos alternativos que guíen la práctica de la enseñanza, en lo referente a las lecturas que realizan sus alumnos. De este estudio es posible concluir que:

- a) Casi la totalidad de los profesores consideran que los títulos y encabezamientos son útiles para la comprensión de textos.
- b) La mayoría de los profesores consideran que el vocabulario técnico debe ser presentado antes de la lectura y que la lectura de los textos no científicos no desarrolla las capacidades necesarias para la lectura de éstos.
- c) Casi la mitad de los profesores creen que los libros de texto de ciencias requieren una estructura gramatical distinta a la de los otros libros escolares, que los libros de texto de ciencias destinados a enseñanza secundaria están escritos con un nivel de legibilidad adecuado al curso académico de los alumnos y que la capacidad de extraer información del texto por parte de los alumnos puede tomarse como modo de distinguir entre buenos y malos lectores.

DiGisi y Willett (1995), en Estados Unidos, llevaron a cabo una investigación sobre cómo los profesores de Biología de enseñanza secundaria describían el modo en que enseñaban a sus alumnos a leer el libro de texto. Las razones indicadas por los profesores para recomendar la lectura del libro de texto son

que sirve de refuerzo de la clase, hace que los alumnos aprendan información de manera independiente o que sepan de qué va a tratar la clase siguiente, y en ocasiones sirve para evaluar la capacidad de lectura de los alumnos. Con todo, se comprueba que en los grupos de un nivel más básico los profesores insisten en la lectura del libro de texto. En los grupos con un nivel más alto, los profesores manifiestan usar el libro de texto para que los alumnos aprendan de forma autónoma.

En la clase, el comportamiento de los profesores es distinto. En los niveles más bajos, los alumnos pasan la mayor parte del tiempo leyendo en voz alta (con el objetivo no de leer el contenido en sí, sino para asegurar que todos los alumnos están escuchando y para evaluar cómo leen). Sin embargo, los profesores de los grupos de niveles superiores dicen que sus alumnos no leen en el aula.

Solamente los profesores de niveles inferiores señalan que enseñan a sus alumnos cómo están escritos los textos científicos, es decir la estructura del texto, utilizando la lectura como modo de enseñar vocabulario, para hacer preguntas a los alumnos sobre lo que han leído, y finalmente, para que los alumnos completen fichas de trabajo por escrito.

No obstante, estos profesores señalan la importancia de presentar la información a sus alumnos de varios modos, por ejemplo,

clase magistral, libro de texto y actividades de laboratorio. Recurren a la repetición, es decir, lecturas que refuerzan las actividades del laboratorio, lecturas del libro de texto que refuerzan el contenido de la clase, y fichas de trabajo que refuerzan la lectura. Para estos profesores la enseñanza debe "ser más cercana de lo que aparece en el libro", para asegurarse de que los alumnos aprenden los principales conceptos.

En cuanto a las actividades que llevan a cabo para evaluar la lectura de los alumnos y comprobar si han entendido lo que leen, por ejemplo evaluando sus concepciones erróneas, los profesores indican que formulan preguntas y orientan las discusiones con alumnos de todos los niveles académicos.

Pese que los profesores consideran que la lectura es tan importante para el aprendizaje de la ciencia como las actividades de manipulación experimental y la formulación de preguntas, parecen no saber cuándo o dónde integrar la lectura dentro de la enseñanza de la Biología y usan el libro de texto como una "fuente", un "refuerzo" o como un "suplemento" de lo explicado en el aula.

Para DiGisi y Willett (1995), autores de este estudio, las actividades que orientan a los alumnos hacia los contenidos del libro de texto, no sirven en realidad para enseñarles las estrategias metacognitivas necesarias para controlar la comprensión de la lectura o las estrategias cognitivas necesarias para la construcción del significado del

texto. Las actividades que los profesores de Biología de enseñanza de secundaria llevan a cabo normalmente con sus clases de un nivel académico superior (esperar que los alumnos aprendan a partir de las lecturas, usar un libro de texto escrito a un nivel que suponga un reto para el alumno, o formular preguntas orientadas a los conceptos) podrían beneficiar a los alumnos de niveles inferiores.

La visión del profesorado sobre el uso de los libros de texto de Química

La Química se encuentra probablemente entre las disciplinas científicas en las que menos se usa el recurso de la expresión escrita, en el sentido tradicional. Por ejemplo, es previsible (y es lo que piensa la mayoría de la población no escolar) que el uso del laboratorio sea mayor que en otras disciplinas, y que estos laboratorios presenten características diferentes. Sin embargo, la Química tiene un lenguaje propio en el que destaca el uso de una mayor simbología, necesariamente presentada de manera escrita. Es relativamente fácil identificar un texto con contenido químico.

Así, la enseñanza de la Química en el contexto escolar estará, muy posiblemente, condicionada por la forma en que los profesores creen que deben hacer uso de cada uno de los recursos didácticos (tanto de unos como de otros) y del modo en que los exploran.

En el estudio descrito a continuación, el interés de la autora se centra en el medio escrito, en el libro de texto. La forma de actuar del profesor respecto al libro de texto condiciona el uso que hagan los alumnos de este recurso, y puede tener repercusiones posteriores en el aprendizaje a partir de éste. Por eso, Brigas (1997) consideró relevante llevar a cabo un estudio empírico sobre el modo en que los profesores de Química en Portugal utilizan y explotan el libro de texto en los primeros cursos de enseñanza reglada de esta disciplina, ya que es en estos años iniciales cuando se muestra una mayor dependencia de los alumnos de las explicaciones del profesor. La preocupación por los primeros cursos de enseñanza reglada de la Química se justifica por la importancia en la elección (o no) de estudios posteriores en el área de las ciencias, y también por la importancia de la formación científica inicial en la educación científica de los ciudadanos. En concreto, se pretendía averiguar en qué actividades (en la preparación de las clases, en el transcurso de las mismas o en las "tareas para casa") los profesores experimentados de este nivel de enseñanza recurren al uso del libro de texto de los alumnos, y con qué frecuencia lo hacían. En total se entrevistó a 82 profesores.

Los libros de texto de Química en la planificación y preparación de las actividades lectivas

Se comprobó que la mayoría de los profesores recurre frecuentemente al libro de

texto para organizar y escoger lo que enseñan en el aula: el 76% lo usan para ejemplos y aplicaciones, el 71% para experimentos, el 63% para decidir el nivel de profundidad en el tratamiento de los conceptos, el 54% para secuenciar los contenidos, y el 65% para seleccionar figuras y tablas que analizar. Además, casi la mitad de los profesores (48%) utilizan frecuentemente el libro de texto para seleccionar las preguntas mediante las que evalúan a los alumnos. En lo que respecta al uso del libro de texto de Química para la adquisición de nueva información, menos de la mitad de los profesores indican hacerlo de manera frecuente.

Algunos profesores obtienen información de otras fuentes que consideran de mayor confianza, ya que los libros de texto tratan de modo superficial los temas presentados. Sin embargo, cuando se les preguntó de manera directa cómo intentaban solucionar las dificultades que encontraban al utilizar los libros de texto, la mayoría (88%) señalaba que normalmente recurría a otros libros de texto, siendo éste un modo de esclarecer los conceptos científicos para el 35% de la muestra.

En cuanto a los cambios que hace el profesor en las propuestas de trabajo de los libros de texto, de acuerdo con sus preferencias, se comprobó que más de la mitad de los profesores señalaba que muchas veces, casi siempre, o siempre hacía cambios. ¿Significa esto que los profesores no

están satisfechos con los libros?, ¿o será porque las elecciones de los profesores, aunque conscientes, no significan que estén de acuerdo con la orientación del libro de texto en su conjunto? En concreto, respecto a los cambios que introducirían en el libro de texto, más de la mitad de los profesores (58%) indicaban la preparación de debates, lo que tal vez sugiere una preocupación de los profesores por el papel de la ciencia dentro de la sociedad y sus aplicaciones tecnológicas. Un dato curioso a destacar es que existe mayor preocupación por la preparación de estrategias de enseñanza que evalúen y consoliden la construcción del conocimiento conceptual (49%) que por la definición de estrategias que permitan identificar las ideas previas del alumnado (44%).

Respecto a las razones que llevan a los profesores a recurrir a los libros de texto en las tareas de preparación y planificación de actividades, se identifican dos enfoques distintos: algunos profesores señalan que recurren al libro de texto adoptado para la clase creyendo que facilitará el aprendizaje de los alumnos, mientras que otros utilizan diversos libros, con el objetivo de comparar y minimizar las deficiencias de éstos.

Casi dos tercios del profesorado (62%) señalan que recurren al libro de texto para preparar la clase, debido a la adecuación científica de los contenidos para ese nivel concreto de enseñanza. Sin embargo, se comprueba que mientras casi la mitad de

los profesores realizan con frecuencia simplificaciones de los contenidos, en temas que consideran tratados de una manera difícil, los otros usan el libro de texto para definir el nivel de profundidad del tratamiento de los conceptos. ¿Significa esto que quizás los libros de texto escolares se adecuan a la programación docente pero son excesivamente difíciles para los alumnos?

De los treinta y tres profesores que señalan como razón para utilizar los libros de texto la concordancia del orden de los temas con la programación docente, diecisiete de ellos están entre los cuarenta y tres que indican que el libro de texto les sirve para escoger el orden de los contenidos que van a impartir. Esta relación rígida entre la programación docente y el orden de los contenidos puede resultar peligrosa, si el profesor llega a confundir:

"... estos dos planos, llegando a ser el libro de texto y programación docente la misma cosa. Es fácil encontrar profesores que no poseen o incluso desconocen la programación de su asignatura, llevando sin embargo en su maletín el libro de texto seleccionado por su centro de enseñanza..." (Roque, 1995).

Ésta puede ser quizás una de las explicaciones de la dificultad que muchos profesores sienten respecto a "cumplir el programa" (Gallagher, 1991; Roque, 1995; Soares, 1995). No se puede dejar de considerar que

probablemente existe una relación entre la experiencia y el grado de dependencia del profesor respecto al libro de texto, como sugería un profesor que daba clase por primera vez:

"... el libro de texto me es bastante útil para conocer y completar adecuadamente la programación de la asignatura. Parto de la idea, quizás discutible, de que el libro de texto sigue la programación y que tiene el contenido mínimo necesario para cumplirla" (Brigas, 1997).

Los libros de texto de Química en clase

Según Brigas (1997), la mayoría (91%) de los profesores manifiestan usar el libro de texto en el aula. El principal uso que se les da parece que es el de complemento del tema tratado en clase: con frecuencia, se emplea para la resolución de ejercicios (82%), la consulta de tablas y gráficos (72%), el análisis de fotografías y dibujos (62%), la consulta de las guías de trabajo experimental (63%).

Entre las razones más señaladas para recurrir con frecuencia al libro de texto en el aula, se encuentran la insuficiencia de equipamiento y material y la dificultad de acceder al laboratorio (58%), seguidas de otras causas relativas a la enseñanza del contenido, como la posibilidad de cumplir el programa de la asignatura (41%) y la mejor gestión del tiempo de clase (40%).

Ahora que el trabajo dentro del laboratorio ha pasado a ocupar un papel más relevante en los nuevos programas de Química (puestos en marcha en 1991) de la enseñanza primaria y secundaria, los profesores en Portugal se enfrentan todavía a algunas dificultades de realización de este propósito, como la falta de espacio, falta de equipamiento, falta de material y reactivos, y en algunos casos falta de las condiciones apropiadas de seguridad. De los profesores que manifiestan sufrir estas condiciones, dos tercios analizan con frecuencia fotografías y dibujos, el 73% consultan con frecuencia las tablas y los gráficos.

De los profesores que señalan que la mejora en la comprensión de textos por los alumnos es una de las razones para emplear con frecuencia el libro de texto en el aula, sólo un 72% manifiesta usar con frecuencia el libro de texto en el aula para la lectura y el análisis de textos, mientras que un 84% lo emplea para la clarificación de términos y conceptos.

Aunque este estudio se refiere a los cursos de iniciación a las asignaturas de Física y Química, cursos que tal vez serán los únicos si los alumnos optan por proseguir sus estudios en otras áreas, es importante el desarrollo de habilidades metacognitivas de comprensión de textos técnicos y científicos, si se pretende formar ciudadanos alfabetizados científicamente (Norris y Phillips, 1994; Glynn y Muth, 1994). Estas habilidades serán esenciales en un futuro,

tanto en el desempeño de la vida ciudadana como profesional, para acompañar en este último caso el desarrollo en el área científica de que se trate (Koch y Eckstein, 1991 y 1995).

Los libros de texto de Química en la orientación de las tareas para casa

El tercer objetivo del estudio de Brigas (1997) era conocer cómo el profesor intentaba crear o desarrollar en los alumnos modos de aprendizaje independiente a partir del libro de texto. Se comprobó que el 96% de los profesores señalaban que el libro de texto le servía para orientar las tareas para casa del alumno. Para la mayoría de los profesores, esta orientación pasa a menudo por un refuerzo de los temas tratados en clase, destacando la propuesta de preguntas para contestar sobre los temas de clase (91%). Sólo la mitad de los profesores pide con frecuencia que se realicen tareas de investigación sugeridas en el libro de texto (51%) y lecturas complementarias (50%).

Cuando se preguntó a los profesores cuál y a qué estaban dirigidas las orientaciones que daban, éstos señalaron la promoción de hábitos de estudio, la responsabilidad, la consolidación de los conocimientos, e incentivar el gusto por el estudio de la asignatura. Pero no especificaron cómo fomentaban el trabajo autónomo de los alumnos.

Respecto al modo en que los alumnos de enseñanza secundaria estudian a partir de textos o libros de texto, la mayoría de los alumnos que participaron en la investigación de Paixão (1994) señalaban que no recibían indicaciones de sus profesores sobre el estudio de la Química mediante el libro de texto. Algunos alumnos señalan que tan sólo se les aconsejó resolver muchos ejercicios, estudiar diariamente, comprender en vez de memorizar y realizar subrayados, resúmenes y esquemas.

Pese a existir indicaciones en la literatura de que en niveles de escolaridad más bajos los profesores realizan más sugerencias a los alumnos (DiGisi y Willett, 1995), la investigación de Brigas (1997) no apoya la idea de que los profesores enseñen a sus alumnos a estudiar Química mediante el libro de texto. Existen sólo indicios de preocupación en facilitar el aprendizaje, esencialmente en lo relativo a la adquisición de contenidos y la resolución de ejercicios, y no en lo que se refiere al desarrollo de estrategias cognitivas o metacognitivas de estudio, aspecto sobre el que han llamado la atención diversos autores (Paixão, 1994; Puntanbekar, 1995; Otero, 1997). Los resultados de este estudio ponen también de manifiesto que se infravaloran aspectos que proporcionan un contexto a los contenidos explicados por los profesores. Por ejemplo, en cuanto a los experimentos caseros, un 52% de los profesores las consideran importantes para el aprendizaje, un 56% las consideran

como los favoritos de los alumnos, pero sólo un 34% de los profesores indican con frecuencia a sus alumnos que las lleven a cabo como trabajo en casa.

En resumen, en lo concerniente a las razones por las que los profesores recurren al uso del libro de texto, se señalan algunas de tipo profesional, relacionadas con la falta de experiencia en el caso de profesores que llevaban dando clase poco tiempo. Sin embargo, predominan las razones de tipo local, destacando la falta de recursos didácticos disponibles en la escuela, así como equipamientos e instalaciones. También existen razones de tipo institucional para que se recurra al uso del libro de texto, como el cumplimiento de la programación y una mejor gestión del tiempo de clase.

Algunos profesores sugieren que en los últimos años los libros de texto han evolucionado de modo que permiten enfoques distintos de la explicación de los contenidos, pero en ocasiones se muestran preocupados por los errores científicos que contienen.

Brigas no analiza los libros de texto, aunque su trabajo permite relacionar la opinión de los profesores con algún libro en concreto. Teniendo en cuenta los libros de texto existentes en el mercado en Portugal (14 para 8º curso y 12 para 9º curso) puede decirse que parece haber propuestas bastante distintas, a pesar de lo cual las respuestas de los profesores no parecen reflejar que sean conscientes de esas diferencias. Tan sólo

dos de los encuestados parecían ser conscientes de éstas al afirmar:

"Los libros de texto escolares en la actualidad se complementan y dada la diversidad de libros en el mercado, es útil para el profesor consultarlos y compararlos" (Brigas, 1997).

Existen varias críticas relativas a la concepción y elaboración de los libros de texto, en particular que los avances recientes de investigación en el campo de la didáctica no aparecen reflejados en los libros de texto (Cachapuz y Praia, 1996; Izquierdo y Rivera, 1997).

Los resultados obtenidos nos permiten destacar la necesidad de profundizar en algunos aspectos mediante nuevos trabajos, en particular en:

- la fundamentación de políticas de concepción y producción de libros de texto escolares;
- la creación, desarrollo y evaluación de estrategias de formación del profesorado

que les permita una exploración eficaz de los libros de texto disponibles;

- cómo integrar dentro del curriculum la orientación a los alumnos sobre la comprensión de textos científicos;
- la evaluación de la calidad de los libros de texto existentes en el mercado;
- la identificación de los principios y procedimientos empleados en la creación de los libros de texto escolares, con la implicación de sus autores, con el objetivo de poder legitimar (o no) las propuestas de exploración de los mismos.

La problemática relativa a los libros de texto es múltiple y compleja, exigiendo una intervención articulada, con medidas que se basen en datos de investigación, tanto en lo que se refiere a los alumnos, como a los profesores y a los autores. Y es razonable admitir que dentro de los recursos didácticos, los libros de texto continuarán desempeñando un papel destacado dentro de la organización de la enseñanza ya que constituyen un medio privilegiado de promoción del aprendizaje.

Bibliografía

ALEXANDER, P. A., y KULIKOWICH, J. M. (1994). Learning from Physics Text: A Synthesis of Recent Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 895-911.

BRIGAS, M. A. F. (1997). *Os Manuais Escolares de Química no Ensino Básico Opiniões dos Professores sobre a sua utilização*. Tesis de Maestría (no publicada), Universidad de Aveiro.

CACHAPUZ, A. F., MALAQUIAS, I., MARTINS, I., THOMAZ, M., y VASCONCELOS, N. (1989). *O ensino-aprendizagem da Física e Química: Resultados globais de um questionário a professores*. Universidad de Aveiro, Aveiro.

- CACHAPUZ, A. F., MALAQUIAS, I.; MARTINS, I., THOMAZ, M., y COSTA, N. (1991). How chemistry textbooks are used by Secondary School Students, 11th ICCE, 25-30 Agosto, York, Poster 4.60.
- CACHAPUZ, A. F., y PRAIA, J. F. (1996). Manuais escolares: que papéis para a escola do séc. XXI, Comunicação Oral en la 1.^a Conferência Nacional Sobre Manuais Escolares, Lisboa, 31 de Mayo.
- CHIAPPETTA, E. L., SETHNA, G. H., y FILLMAN, D. A. (1993). Do Middle School Life Science Textbooks provide a Balance of Scientific Literacy Themes? *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 787-797.
- DALL'AALBA, G., WALSH, E., BOWDEN, J., MARTIN, E., MASTERS, G., RAMSDEN, P., y STEPHANOU, A. (1993). Textbook Treatments and Students' Understanding of Acceleration. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 621-635.
- DIGISI, L. L., y WILLETT, J. B. (1995). What High School Biology Teachers say about their Textbook use: A Descriptive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 123-142.
- DILLON, D. R., O'BRIEN, D. G., MOJE, E. B., y STEWART, R. A. (1994). Literacy Learning in Secondary School Science Classrooms: A Cross-Case Analysis of Three Qualitative Studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 345-362.
- DREYFUS, A. (1992). Content analysis of school textbooks: the case of a technology - oriented curriculum. *International Journal of Science Education*, 14, 3-12.
- ELTINGE, E. M., y ROBERTS, C. W. (1993). Linguistic Content Analysis: A Method to Measure Science as Inquiry in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 65-83.
- GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75, 121-133.
- GLYNN, S. M., y MUTH, K. D. (1994). Reading and Writing to Learn Science: Achieving Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1057-1073.
- GOTTFRIED, S. S., y KYLE, W. C. (1992). Textbook Use and the Biology Education Desired State. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 35-49.
- GUTIÉRREZ-VÁSQUEZ, J. M. (1993). O Livro de Texto: Alguns critérios para a sua elaboração e avaliação. *Aprender*, 15, 51-55.
- IZQUIERDO, M. y RIVERA, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, 24-33.
- KOCH, A., y ECKSTEIN, S. (1991). Improvement of reading comprehension of physics texts by students' question formulation. *International Journal of Science Education*, 13, 473-485.
- KOCH, A., y ECKSTEIN, S. (1995). Skills Needed for Reading Comprehension of Physics Texts and Their Relation to Problem-Solving Ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 613-628.
- MAHAFFY, P. G. (1995). Breathing Life into Chemists - Resuscitating Chemistry with insights from 19th Century Textbooks. *Journal of Chemical Education*, 72, 767-773.

- MERZYN, G., BLEICHROTH, W. y DRAGER, P. (1988). Physics Teachers and Physics Textbooks. En Jurgenschmidt, H. (ed.), *Empirical Research in Science and Mathematics Education*. ICASE, 156-165.
- MEYENDORF, G. (1992). Students' Abilities in working with Chemistry Textbooks. En Schmidt, H. I. (ed.), *Empirical Research in Chemistry and Physics Education*. ICASE, 75-87.
- NORRIS, S. P., y PHILLIPS, L. M. (1994). Interpreting Pragmatic Meaning When Reading Popular Reports of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 947-967.
- OTERO, J. (1997). El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique*, 11, 15-22.
- PAIXÃO, M. S. (1994). *Estudo dos alunos por textos de Química: caracterização e contributos para a formação de professores*, Tesis de Maestría (no publicada), Universidad de Aveiro.
- PARCERISA ARAN, A. (1996). *Materiales curriculares – Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Editorial Graó.
- PUNTAMBEKAR, S. (1995). Helping students learn "how to learn" from texts: towards an ITS for developing metacognition. *Instructional Science*, 23, 163-182.
- ROGIERS, X. (1996). O manual, instrumento de desenvolvimento de competências, Comunicação oral en el I Encontro Internacional sobre Manuais Escolares, Lisboa, 31 de Mayo.
- ROQUE, H. (1995). Currículo, programas e manuais escolares... um sobrevoo pela história recente, *Rumos*, 6, 12-13.
- SOARES, F. (1995). Os manuais escolares e o dilema entre a autonomia profissional e a necessidade de instrumentos facilitadores do ensino-aprendizagem. *Rumos*, 6, 14.
- SPIEGEL, D. L., y WRIGHT, J. D. (1984). Biology teachers' preferences in textbook characteristics. *Journal of Reading*, 27, 624-628.
- STINNER, A. (1992). Science Textbooks and Science Teaching: From Logic to Evidence. *Science Education*, 76, 1-16.
- YORE, L. D. (1991). Secondary Science Teachers' and Beliefs about Science Reading and Science Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 55-72.

Resumen

Este artículo presenta un estudio empírico sobre el modo en que los profesores de Química en Portugal utilizan el libro de texto en los primeros cursos de esta disciplina. En concreto, se pretende averiguar en qué actividades los profesores experimentados de este nivel de enseñanza recurren al uso del libro de texto de los alumnos. Las actividades consideradas fueron la preparación de las clases, el desarrollo de las mismas, o las tareas para casa. En total se entrevistó a 82 profesores portugueses del nivel secundario.

Abstract

This article reports empirical work on the way Chemistry teachers in Portugal use textbooks in introductory courses of this discipline. In particular, we want to find out about the activities where experienced teachers at this level use students' textbooks. The examined activities were lecture planning, classroom activities and home assignments. Eighty two secondary school portuguese teachers were interviewed.

Isabel P. Martins

M. Assunção Brigas

Universidade de Aveiro

Centro de Investigación Didáctica y Tecnología en la Formación de Formadores

3810-193 Aveiro, Portugal

Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? _____

María Helena Caldeira

Los libros de texto de ciencias juegan un papel importante en la enseñanza. El 90% de los profesores de ciencias usan el libro de texto el 95% del tiempo en la clase y muchas veces es el libro de texto el que dicta el programa (Dall'Alba, Walsh, Bowden, Martin, Masters, Ramsden, y Stephanou, 1993). Por tanto, elaborar un libro de texto conlleva una responsabilidad grande.

En este trabajo se analizan aspectos de los libros de texto a la luz de las investigaciones en didáctica de las ciencias. Sobre la base de estos resultados, se trata de sintetizar recomendaciones para un mejor diseño y uso de los libros de texto de ciencias. Por ello, la pregunta planteada es, ¿cómo se caracteriza un buen libro de texto? La lista de parámetros que se usan para definir la calidad de un libro de texto es larga y solamente se estudian algunos de los más importantes.

La Didáctica de las Ciencias y los "Diez Mandamientos" para la confección de un buen libro de texto de ciencias.

Naturaleza del conocimiento científico e historia de la ciencia

Una importante función de los libros de texto consiste en la presentación de la naturaleza de la ciencia en un contexto relevante para el alumno (Lederman, 1992; Chiappetta, Sethna y Fillman, 1993). Aunque no exista un acuerdo claro acerca de la naturaleza de la ciencia (Alters, 1997; Cachapuz, Praia y Jorge, 2000), la historia de la ciencia muestra que no existen respuestas ciertas ni verdades absolutas: hay respuestas mejores o respuestas posibles en cada momento. Sin embargo, esta visión de la ciencia contrasta con la que se encuentra generalmente en los libros de texto. Los enfoques tradicionales presentan el conocimiento científico como la verdad revelada y ocultan el modo en que los científicos alcanzaron este conocimiento. En vez de esto, los alumnos deberían aprender cómo se llega a los resultados científicos, que puede haber varios caminos para llegar a los mismos objetivos, de las dificultades y errores, y del carácter dinámico del conocimiento científico (Otero 1985, 1989). De esta manera reforzarían el sentido crítico creando un escepticismo saludable en relación con la finalidad de la verdad científica (Burbules, Champaign y Linn, 1991).

Baker y Piburn (1990) critican la presentación de la ciencia en los libros de texto: un conjunto de hechos inmutables y definiciones, sin referencia a las implicaciones

sociales, políticas o personales. Gallagher (1991) dice que los libros de texto prestan poca atención a la historia y desarrollo de las ideas científicas, al esfuerzo intelectual que caracteriza la historia de las ciencias y a su aplicación diaria. Hodson (1986) señala que se presta relativamente poca atención a la fase individual de creatividad y a la fase colectiva de crítica, validación y obtención de consenso.

Otra cuestión importante tiene que ver con el modo en que las ideas de los alumnos sobre los objetivos de la ciencia influyen en su aprendizaje. Por ejemplo, muchos estudiantes ven el conocimiento científico como un conjunto de hechos y fórmulas que es necesario memorizar, en vez de considerar una estructura conceptual que les permite hacer numerosas previsiones. Por eso, tienden a memorizar y no ponen en práctica capacidades de raciocinio; procuran aprender soluciones a problemas tipo, en vez de intentar aprender métodos que les permitan resolver cualquier problema, incluso los poco familiares. Además, aceptan acríticamente la autoridad científica, tienen dificultad en liberarse del sentido común y piensan que los científicos detentan la verdad absoluta. Por tanto, les resulta difícil aceptar que las teorías científicas puedan ser modificables, que la ciencia no es necesariamente exacta y que puede haber varias maneras de hacer aproximaciones (Reif y Larkin, 1991). Ésta es, por tanto, una razón más para que los alumnos aprendan sobre la naturaleza de la ciencia.

Para conseguir este objetivo, Carey, Evans, Honda, Jay y Unger, (1989) consideran que deben diagnosticarse y evaluarse las concepciones epistemológicas que en este dominio tienen los alumnos.

Monk y Osborne (1997) también apuntan que la historia de los conceptos científicos puede usarse para desmontar concepciones alternativas. El hecho de que los alumnos constaten que hubo ilustres científicos en el pasado que tuvieron ideas idénticas a las suyas, puede ayudar a superar dificultades para expresarlas de forma que no disminuya su autoestima. Por otra parte, la evolución histórica proporciona pistas útiles para contra-argumentar en el sentido de crear conflicto conceptual.

Songer y Linn (1991) describen casos de alumnos que piensan que los científicos concuerdan unos con otros apoyándose en afirmaciones que se encuentran en los libros de texto, como "los científicos descubrieron que la materia está constituida por partículas".

Todos estos resultados permiten concluir que los libros de texto deben contener de forma integrada y contextualizada referencias a la historia de la ciencia adecuadas a la edad de los alumnos a quienes se dirigen. No es necesario que los hechos históricos sean presentados por orden cronológico. Más que nombres o datos, son relevantes los contextos en que tuvieron lugar los acontecimientos, las corrientes de ideas de esas épocas que, en muchas ocasiones,

tuvieron importancia crucial en los descubrimientos, y también el modo en que esos acontecimientos afectaron a las sociedades y los modos de vida.

También se debe promover una comprensión de carácter histórico, en el sentido biográfico, de la naturaleza de quien hizo el descubrimiento, de sus dificultades, tentativas y errores. Estos aspectos históricos deben ser incluidos sin imponer una visión particular de la ciencia pero poniendo de manifiesto su naturaleza evolutiva y sus varias formas (Solomon, Duveen, Scott y McCarthy, 1992).

Sin embargo, algunos autores ponen objeciones a la pseudohistoria o antihistoria hecha por los científicos (Mathews, 1994). Creemos que es pedagógicamente correcto simplificar los episodios de la historia de la ciencia, de forma adecuada a las edades de los alumnos, siempre que no se caricaturice o se introduzcan distorsiones en los hechos.

También deben tenerse en cuenta algunas opiniones discrepantes sobre el papel de la filosofía e historia de la ciencia en los libros de texto. Desde la filosofía de la ciencia, Kuhn ha apuntado que los libros de texto no hacen sino reflejar la naturaleza de la actividad científica "normal", contribuyendo además de manera eficaz a la formación de los futuros científicos:

"¿Por qué, a fin de cuentas, debe el estudiante de Física, por ejemplo, leer los trabajos de

Newton, Faraday, Einstein o Schrodinger cuando todo lo que necesita saber sobre esos trabajos está recapitulado de manera mucho más simple, más precisa y más sistemática en un número de libros actuales? Sin pretender defender los excesos a donde ha llegado ocasionalmente esta clase de educación, uno no puede dejar de notar que, en general, ha sido extraordinariamente efectiva. Desde luego que es una educación estrecha y rígida, probablemente más que ninguna otra excepto, quizá, la teología ortodoxa. Pero para el trabajo científico normal, para la resolución de problemas dentro de la tradición definida por los libros de texto, el científico está perfectamente equipado" (Kuhn, 1969, págs. 165-166).

Quizá una explicación a la aparente discrepancia entre estas ideas de Kuhn y las anteriores se encuentre en las diferentes metas que se persiguen con la educación, y libros de texto, para futuros científicos, y con la educación, y libros de texto, para ciudadanos alfabetizados en la ciencia (Otero, 1989; Cachapuz et al., 2002): la educación de científicos profesionales persigue sobre todo que sepan hacer ciencia más que "saber sobre la ciencia".

Importancia de las ideas alternativas

Los libros de texto habituales son "el depósito del conocimiento correcto" (Otero, 1985) y no suele hacerse referencia en ellos a las ideas alternativas de los alumnos.

Jiménez-Aleixandre (1994) indica que en 17 libros de Biología de la enseñanza secundaria, ninguno discute las ideas alternativas de los alumnos, ni las explora en actividades que permitan confrontar estas ideas con las teorías aceptadas. Por otra parte, Posada (1999) indica que pocos libros de texto españoles siguen una orientación constructivista, aunque sea preconizada por el Ministerio de Educación. Igualmente Shiland (1997) analiza la manera en que los libros de texto de Química introducen algunos conceptos de mecánica cuántica y verifica que no contienen elementos que ayuden en el cambio conceptual.

Staver y Lumpe (1993), en un estudio sobre la presentación del concepto de mol en libros de texto de Química, y Barrow (1990), analizando la presentación de los imanes en la mayoría de los libros de textos elementales de ciencias, notan que los libros de texto muchas veces refuerzan esas concepciones o tienden a ignorarlas. También Concari, Pozo y Giorgi (1999) en un estudio sobre la presentación del rozamiento en libros de texto universitarios, y Cunha y Caldas (2000), en un estudio sobre el mismo tema en libros de texto de Física de enseñanza secundaria, constataron que la formulación refuerza, en general, la idea de los alumnos de que el rozamiento es un obstáculo o algo que se opone siempre al movimiento. Cho, Kahle y Nordland (1985) analizaron libros de texto de enseñanza secundaria de Biología y concluyeron que

la organización conceptual puede tener influencia en la comprensión de los conceptos. La secuencia en que se presentan puede crear "disonancia cognitiva" o reforzar concepciones alternativas.

Michinel Machado y D'Alessandro Martínez (1994) apuntan que, en otras ocasiones, los libros de texto transmiten las concepciones alternativas de los propios autores, transformándose en fuentes de estas concepciones en los estudiantes. Iona (1987) corrobora esta posición, sospechando que una de las razones de esto puede ser que los propios autores no conozcan bien los temas de que escriben...

Se sugiere que los libros de texto deberían incluir actividades con situaciones que pudiesen ser exploradas por el profesor y sus alumnos, de manera que se pusiesen de manifiesto y se desmontasen las concepciones alternativas y se promoviese la evolución conceptual. En particular, se recomienda la inclusión de textos refutativos. Aunque, todavía es limitado el conocimiento de los procesos de interacción entre la información científica y las preconcepciones del lector inconsistentes con estos conocimientos (Otero, 1998), hay algunos estudios en los que se encuentran resultados positivos para el uso de este tipo de textos (Hynd, McWhorter, Phares y Suttles, 1994; Guzzetti, Zinder, Glass y Gamas, 1993).

La necesidad de una mayor atención al lenguaje se encuentra estrechamente ligada a

la problemática de las concepciones alternativas, para que éstas no se vean reforzadas. Debe utilizarse un vocabulario accesible al alumno. Se debe prestar atención también a las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico. Llorens, De Jaime y Llopis (1989) consideran que el análisis de la variabilidad semántica de los términos en los contextos cotidiano y científico, y la interacción entre ambos, puede constituir una aproximación valiosa a los esquemas conceptuales alternativos de los alumnos, y sugerir ideas sobre cómo pueden evolucionar. Es posible citar muchos ejemplos de términos usados en el lenguaje común con significado distinto de aquél que tienen científicamente. Borsese (2000) indica también que los docentes no se dan cuenta del lenguaje que utilizan. Infravaloran el problema de la comprensión, sin preocuparse de crear un puente entre su lenguaje y el de los estudiantes. Creemos que estas conclusiones se aplican también a muchos autores de libros de texto de ciencias.

Contenidos

Corrección científica

La corrección científica debe de ser de las principales preocupaciones en la escritura de libros de texto. Todavía se pueden encontrar frecuentes errores conceptuales e inconsistencias (Lehrman, 1982; Bauman, 1992a, 1992b, 1992c; Iona, 1987; Fensham y Kass, 1988; Michinel Machado *et al.*,

1994; Slisko y Dykstra, 1997; De Jong, 1988; Slisko 2000). Estas difícilmente contribuyen a un buen aprendizaje, especialmente para los estudiantes más jóvenes.

Iona (1987) encontró inconsistencias en libros de texto de Física para la enseñanza secundaria. Por ejemplo, en problemas sobre un tema, correctamente descrito en el cuerpo del texto, se mide la intensidad de las fuerzas en newtons en unas aplicaciones y en kilogramos en otras. O el caso en que se dice que la luz blanca es la combinación de luz de todos los colores y, más adelante, se afirma que con los tres colores primarios se pueden producir todos los colores, incluyendo al blanco, como sabemos que sucede en la televisión en color. Iona (1987) atribuye las incorrecciones en los libros de texto a los pocos conocimientos de los autores. Justifica esta conclusión por el hecho de que los libros de la enseñanza preuniversitaria provienen, en general, de un grupo de profesores de ciencias de centros de enseñanza secundaria y en ocasiones de profesores universitarios. Aunque en ocasiones pueda haber también especialistas, éstos no suelen ser consultados. También constata que las ideas incorrectas se propagan frecuentemente de un texto a otro. Esta propagación se atribuye a un exceso de confianza que hace que los autores no se preocupen de prestar atención a las críticas y recomendaciones de los consultores. Además influye también en la persistencia de estos errores el uso poco crítico de los libros por los profesores. En

los niveles elementales los profesores no se sienten suficientemente seguros para criticar y quejarse de los libros.

Finalmente, Dall'Alba, Walsh, Bowden, Martin, Masters, Ramsden, y Stephanou (1993), en un estudio sobre la presentación del movimiento de proyectiles y aceleración en libros de texto de Física, denuncian que muchos libros presentan diversas definiciones para el mismo concepto sin preocuparse de apuntar cual es la apropiada para determinado uso, o de informar que unas definiciones son más convenientes que otras en ciertas situaciones.

Adecuación a la enseñanza CTS (Ciencia, Tecnología, Sociedad)

En algunos estudios se argumenta que la ciencia debe promover actitudes responsables y razonadas hacia el desarrollo científico y técnico, y hacia las consecuencias que de él se derivan. Asimismo, se argumenta que, siempre que sea posible, debe buscarse un aprendizaje asociado a contextos CTS en los que se articulen los campos de ciencia, ciencia aplicada, sociedad y naturaleza de la ciencia (Solomon y Aikenhead, 1994; Yager, 1996; Membiela, 1997; Martins, 2000).

Chiang-Soong y Yager (1993) consideran que es necesario incorporar en los libros de texto, actividades y metodología CTS. A medida que se aumenta de nivel educativo se deben aumentar las conexiones CTS.

Éstas deberían incluir la identificación de asuntos polémicos e identificación de los pros y los contras en problemas relacionados con la Ciencia y la Tecnología.

Chiappetta, Fillman y Sethna (1991) concluyen que de los siete libros de Química analizados por ellos, sólo uno, originario de un proyecto CTS, contiene un buen porcentaje de relación entre la Química y el entorno, de forma que se promueva el cuestionamiento sobre el impacto de la Ciencia y de la Tecnología en la sociedad. Del mismo modo Solbes y Vilches (1989) encontraron que este tipo de relaciones no estaban suficientemente explicitadas en los 47 libros de texto españoles que analizaron.

Compartiendo estas preocupaciones, Dreyfus (1992) se pregunta si no deberían ser diferentes los libros de textos dirigidos a programas CTS, de los que pertenecen a programas convencionales. Para responder a esta pregunta parece que se debería estudiar y redefinir el papel que desempeña el libro de texto.

Imágenes

Las imágenes son elementos importantes en los procesos de comunicación. En algunas áreas, como la Biología, las imágenes son imprescindibles para transmitir información sobre una realidad cuya apariencia visual puede ser poco accesible o confusa para el lego que la observa directamente.

Las formas modernas de preparación técnica del libro de texto facilitan la inclusión de imágenes llamativas y con colorido, lo que lleva a excesos en ocasiones. Jiménez, Prieto y Perales (1997), analizando libros de texto de Física y de Biología, concluyen que el 26% de las imágenes introduce información complementaria de la que se podría prescindir, y el 1% es absolutamente superflua. Encuentran que, en los libros de Física analizados, los autores pasan de ilustraciones representativas de lo cotidiano a la respectiva representación simbólica (como en la representación de fuerzas por vectores), sin tener cuidado de explicar la construcción de esos nuevos códigos. Las ilustraciones utilizadas en la representación de entidades complejas en Biología, contribuyen a transmitir una visión simplista de realidades bien complicadas. Analizando el contenido sobre digestión en los libros de texto de Ciencias Naturales de enseñanza primaria, Pérez de Eulate, Llorente y Andrieu (1999) concluyen que las imágenes contienen más información anatómica que fisiológica, no destacan los aspectos funcionales y no permiten establecer relaciones causa-efecto. Encuentran descoordinación entre la información escrita y la de las imágenes, y errores anatómicos y fisiológicos. En libros de Física, Iona (1987) cita imágenes poco cuidadas que son incoherentes con lo que está escrito en el texto, llevando a errores científicos.

Por tanto, las imágenes seleccionadas para incluir en un libro de texto, deben tener

claridad de lectura, rigor científico, relación nítida con el texto, leyendas científicamente correctas y detalles útiles. Además, antes de seleccionar fotografías bonitas y coloridas para la inclusión en un libro de texto, los autores deberían preguntarse sobre el interés real que tiene esta inserción o si se trata de un efecto meramente decorativo. Finalmente, el formato y la cantidad de imágenes y diagramas no debe ser tal que el texto quede perdido en medio de esta profusión.

Modelos y analogías

En general, se encuentra que en los libros de texto de ciencias se presentan los conceptos y teorías como si se tratase de la realidad y no como modelos, es decir, construcciones mentales que permiten, dentro de ciertas aproximaciones, comprender y describir los fenómenos naturales.

En la enseñanza de la ciencia también se utiliza mucho la analogía y la metáfora. Mucho lenguaje común es fuente de confusión en la interpretación de las analogías porque algunos estudiantes visualizan lo análogo de un modo diferente al profesor, y la transferencia entre el elemento clave y la analogía no se hace correctamente. Para que la analogía sea efectiva debe ser familiar al mayor número posible de alumnos, los atributos comunes deben ser compartidos por el profesor y alumnos, y los atributos no comunes debidamente explicitados. Bhushan y Rosenfeld (1995) recomiendan

que el alumno debe ser capaz de establecer analogías entre el modelo y el fenómeno que se considere, y debe ser capaz de generalizar a partir de las propiedades relevantes del modelo y de las propiedades del sistema que se quiere interpretar y comprender. Al mismo tiempo tiene que ignorar o no dejarse engañar por los aspectos del modelo que no se generalizan al fenómeno considerado.

Posada (1999) considera que los en los libros de texto para la LOGSE no se establecen con cuidado los límites de las analogías y que también es frecuente encontrar confusiones entre analogías y ejemplos de un concepto. Cachapuz (1989) nota que en general se exploran más las analogías que las metáforas en los libros de texto escolares de ciencias, tal vez porque tienen un carácter más estructurador. Es decir, en las primeras la transferencia de significados de un dominio a otro tiene que ver sobre todo con las relaciones, mientras que en las segundas se incide sobre atributos. Por ejemplo, en la analogía bien conocida entre la estructura del átomo (según Rutherford) y el sistema planetario (según Copérnico), los electrones son al núcleo atómico lo que los planetas son al Sol. Lo que está verdaderamente en juego no es el conocimiento individual de los términos sino la naturaleza de las relaciones en los dos dominios conceptuales ("girar alrededor de"). Tales relaciones reflejan propiedades estructurales de cada uno de los dos dominios (familiar y en estudio) que comparten entre ellos. Sin

embargo, en las metáforas, la transferencia de significados se puede hacer directamente (por ejemplo, "la corriente eléctrica").

Los resultados conocidos revelan que existen grandes limitaciones en el uso de analogías en los libros de texto. Es notable que muchas veces se dé por hecho que los estudiantes usarán las analogías en la forma prevista cuando se confeccionan, sin incluir ninguna orientación adicional. Por el contrario, es necesario orientar sobre la forma en que se deben usar. Hay quien defiende que la presentación de analogías únicamente a través de la lectura puede ser peligrosa, por lo que deben ser discutidas en la clase. Por ejemplo, Thiele y Treagust (1995) argumentan que se debe tener cuidado con las analogías en los libros de texto porque éstas exigen una flexibilidad que no es compatible con su presentación escrita. Dagher (1995) recomienda a los autores de textos especial cuidado con el nivel de detalle y de discusión, cuando orientan la comprensión de los estudiantes respecto a las analogías.

Actividades

Las creencias de los alumnos respecto a "en qué consiste aprender ciencia" determinan lo que aprenden. La investigación muestra que alumnos perfectamente capaces de resolver problemas de mecánica y de dominar sus principios y leyes, no aplican esos conocimientos en otros contextos, como cuando juegan al fútbol. Para ellos, aprender

ciencia es ser capaz de resolver problemas académicos. Los investigadores en didáctica de las ciencias argumentan que los estudiantes se deberían implicar en actividades auténticas, es decir, en resolución de problemas que no poseen una solución predeterminada (Gil, Dumas-Carre, Caillet y Torregrosa, 1990; Lopes y Costa 1996; Brincones, 1999). Recomiendan también que las actividades deban ser diversificadas contemplando los intereses variados de los alumnos, así como sus distintas capacidades.

Gil, Carrascosa, Furió y Torregrosa (1991) consideran que una solución para la grave cuestión del fracaso generalizado de los alumnos en la resolución de problemas, sería transformarlos en actividades abiertas, creativas, y capaces de generar interés. Este tipo de resolución de problemas, como pequeñas investigaciones, se aproxima más a una metodología científica, y se distinguiría poco de la que también se debería usar en las prácticas de laboratorio. En este sentido, consideran que hacer distinción entre resolución de problemas de papel y lápiz y prácticas de laboratorio no contribuye a dar una imagen adecuada de la naturaleza de la ciencia, porque se pierde cualquier paralelismo con la actividad científica real (Gil, Furió, Valdés, Salinas, Torregrosa, Guisasaola, González, Dumas-Carré, Goffard y Pessoa de Carvalho (1999).

Aunque el potencial educativo de las actividades de laboratorio recogidas en los libros de texto y manuales de prácticas sea

enorme, muchas veces no se aprovecha en términos de conseguir un aprendizaje significativo, debido en gran parte al modo en que se presentan estas actividades. En general, las actividades de laboratorio se describen de manera altamente estructurada, proporcionando instrucciones detalladas paso a paso. Se solicita a los estudiantes que manipulen los materiales, hagan observaciones y midan y registren resultados, establezcan relaciones cualitativas y cuantitativas, extraigan conclusiones, hagan inferencias y generalizaciones, y comuniquen e interpreten resultados. Sin embargo, estos manuales no dan oportunidad para que los estudiantes formulen cuestiones para ser investigadas, hipótesis que se deben probar, o prevean resultados experimentales para proponer observaciones, medidas y procedimientos experimentales. Como afirma Gallagher (1991), las actividades de laboratorio deberán ser expuestas de modo que animen a los lectores a aprender a formular y comprobar hipótesis como medio de aumentar la comprensión. La idea de que el objetivo de los trabajos prácticos es la búsqueda de respuesta cierta está fuertemente enraizada en la práctica y en el pensamiento de muchos profesores y, particularmente, de los estudiantes.

Las actividades de laboratorio deberían incluir una actividad introductoria, preguntas sobre conceptos de base, instrucciones para la lectura previa de los procedimientos, y revisión de actividades

relevantes y del material de estudio. Sin embargo, pocos manuales incluyen actividades de pre-laboratorio, más allá de la introducción típica. Éstas aparecen como apéndices a los ejercicios y no como parte integral de la actividad de laboratorio. Raramente se solicita a los estudiantes que apliquen lo que aprendieron para hacer previsiones o hipótesis, o para explicar fenómenos o acontecimientos naturales comunes (Germann, Haskins y Auls, 1996).

Tamir (1992) analizó libros de texto usados en Cataluña y concluyó que muchos de los ejercicios exigían un nivel muy bajo de cuestionamiento: todo el tiempo se dedicaba al desarrollo de competencias técnicas. Las relaciones entre el trabajo práctico y la teoría correspondiente eran escasas, y se ignoraba el potencial que tiene el trabajo en el laboratorio para mejorar el aprendizaje conceptual y para desarrollar actitudes de carácter social, como las que defienden los proponentes del aprendizaje cooperativo.

Pizzini, Shepardson y Abell (1991) indican que el 54% de las actividades de indagación presentes en los libros de texto de Ciencias de la Vida son de tipo "confirmación", que sólo exigen del alumno que verifique el asunto de que se trata, dado un conjunto de procedimientos. Además el 46% de las actividades son estructuradas de forma que se da al alumno tanto el problema como el procedimiento a seguir. Ninguno de los capítulos de los libros de texto o materiales suplementarios analizados contenía investigaciones

orientadas o abiertas para que realicen los estudiantes, siendo el nivel de formulación de preguntas, hipótesis, razonamiento, y creatividad muy reducido. La inclusión de actividades de investigación abiertas queda de esta manera exclusivamente en manos del profesor: los libros de texto y las guías de actividades no facilitan esta clase de enseñanza.

Los errores más serios que encontró Hubisz (2001) en los libros de texto de enseñanza secundaria, respecto a la resolución de problemas, tienen que ver con no poner énfasis, o no mencionar siquiera la manera científica de responder a preguntas o resolver problemas. Muchas de las actividades de papel y lápiz dan a los estudiantes una idea equivocada de lo que es la ciencia. Además se indica que los libros deben tener en cuenta el nivel cognitivo del lector para el que se escriben. Por ejemplo, en las actividades sobre la tabla periódica en libros elementales de Química, en vez de caracterizar las sustancias por sus propiedades macroscópicas, como puntos de ebullición, color, o textura, los autores presentan configuraciones electrónicas. Ello da como resultado que los alumnos memoricen una cantidad de materia que regurgitan en pruebas que ponen énfasis en esta materia, presuponiendo que eso significa haber adquirido conocimiento.

Stella Maris y Guridi (1999) investigaron sobre las señales que evidencian el quehacer científico en actividades, tanto de lápiz y papel como experimentales, propuestas

por los libros de texto. Concluyen que la teoría se emplea mayoritariamente de un modo que podría llamarse de "mínimo indispensable": organizar la tarea y justificar los resultados. Son muy pocos los casos en que se analizan los conceptos que son utilizados. Además las estrategias de resolución, en cualquier tipo de actividad, aparecen muy dirigidas. No se permite la creatividad o iniciativa del alumno, de forma que se distorsiona la imagen del científico presentando su trabajo como algo estructurado, algorítmico, y en muchos casos rutinario. También se critica el lenguaje, porque en la resolución de ejercicios y problemas raramente se conjuga la representación algebraica con la gráfica. En las actividades experimentales predomina el uso de esquemas, pero raramente se propone la construcción de gráficos cartesianos. Consideran también que se debe hacer un análisis de la aceptabilidad de los resultados numéricos, determinando la incertidumbre en las medidas.

La elaboración de un trabajo escrito puede potenciar la comprensión de la ciencia porque potencia la comprensión de los contenidos y exige la obtención, síntesis y organización de información que confronte sus propias ideas (Keys, 1994; Gaskins y Guthrie, 1994). También, la comprensión de los fenómenos científicos a través de la lectura depende del conocimiento del lector, o en la experiencia con el concepto que debe ser aprendido. De acuerdo con esto, Renner Abraham, Grzbowski, y Marek

(1990) consideran que no es suficiente leer para comprender los hechos científicos: se deberían llevar a cabo actividades de laboratorio y demostraciones antes de la lectura. Por tanto, no es suficiente realizar actividades de laboratorio ocasionalmente, sino que deben ser integradas con el texto.

Respecto a la presentación y resolución de problemas, Dreyfus (1992) sugiere que la situación problemática debe ser clara, y que los problemas específicos para discutir deben estimular a que los alumnos expresen opiniones sobre la importancia del problema, sobre su solución, y sobre las áreas de conocimiento de las cuales puede depender esta solución.

En resumen, ¿cómo debe ser un buen libro de texto?

El modo en que se presentan los fenómenos en los libros de texto es, en general, muy simple. Debe notarse que puede no ser suficiente establecer relaciones simples con lo cotidiano. Un enfoque de los conceptos, con el lenguaje y profundidad adecuados a la edad de los alumnos, encuadrado en contextos CTS, constituye una opción más estimulante. Contribuye además a un aprendizaje más eficaz y más adecuado a la corriente actual de "saber ciencia y saber también sobre la ciencia". Respecto a esta preocupación es de extrema importancia la introducción de hechos históricos (o pequeñas historias de la Historia), en que haya ocasión de introducir elementos que

favorezcan la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico.

Con respecto a la inclusión de actividades de naturaleza diversificada, éstas pueden ser, por ejemplo, de búsqueda y selección de información, interpretación de textos, con análisis de tablas y gráficos, escritura, promoción de debates para desarrollar las capacidades de formulación de preguntas, de comunicación y de argumentación, resolución no solamente de ejercicios sino, sobre todo, de problemas abiertos con relevancia para los contextos CTS en que se insertan, o realización de pequeños proyectos. Los textos de tipo refutativo también constituyen excelentes materiales para que el profesor los utilice con el propósito de desmontar las concepciones alternativas de los alumnos.

Las actividades de laboratorio no deben ser realizadas a partir de un protocolo. Se debe tratar de que el alumno se vuelva progresivamente autónomo en su planificación y ejecución. Para ello el libro de texto debe incluir solamente el respectivo encuadramiento en el tema que se está tratando y los objetivos de su realización. Esto se puede concretar partiendo de situaciones problemáticas, por ejemplo ligadas a la sociedad o a las aplicaciones tecnológicas, si es posible, y con una perspectiva de que estos trabajos se conviertan en pequeñas investigaciones apoyadas por el profesor. En caso de que se siga esta opción es indispensable el "libro del profesor", conteniendo instrucciones de

procedimiento, notas técnicas y cuidados que se debe tener, así como orientaciones metodológicas específicas. Un libro de texto, por muy bien que esté hecho, siempre estará condicionado por el uso que se haga de él. Los profesores usan el libro de texto como principal referencia para planificar sus clases (muchos profesores siguen el libro, página a página) y seleccionar actividades como problemas, ejercicios, etc., aunque consulten también otros libros (Sánchez y Valcárcel, 1999).

En síntesis, "los diez mandamientos" para la confección de un buen libro de texto podrían ser:

1. No contener incorrección científica alguna.
2. Tener un lenguaje claro y adecuado a los alumnos, con especial atención a las concepciones alternativas.
3. Tener profundidad y amplitud conceptual.
4. Promover el conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento científico, en particular a través del uso de la historia de la ciencia.

5. No olvidar las conexiones ciencia-tecnología-sociedad.
6. Contener actividades diversificadas.
7. Propiciar el desmontaje de concepciones alternativas.
8. Contener imágenes con la debida parsimonia, correctas, legibles, y bien integradas en el texto.
9. Integrar las actividades de laboratorio en los temas con los que se relacionan, de acuerdo con una metodología investigadora.
10. Promover el interés del alumno por la lectura y el gusto por el aprendizaje de la ciencia.

Nunca estará de más luchar por la existencia de libros de texto de calidad. De hecho, la realidad actual hace prever, como ya afirmaba Yore, que:

"...Clases con un gran número de alumnos, presupuestos pequeños para equipamiento y materiales, y una población de profesores envejecida, contribuyen a una dependencia continuada de los libros de texto" (Yore, 1991, pág. 71).

Bibliografía

- ALTERS, B. J. (1997). Whose Nature of Science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39-55.
- BAKER, D. R. y PIBURN, M. D. (1990). Teachers perceptions of the effects of a scientific literary course on subsequent learning in Biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 477-491.
- BARROW, L. H. (1990). Elementary Science Textbooks and Potential Magnet Misconceptions. *School Science and Mathematics*, 90, 716-723.

- BAUMAN, R. P. (1992a). Physics that Textbook Writers Usually Get Wrong. *The Physics Teacher*, 30, 264-268.
- BAUMAN, R. P. (1992 b). Physics that Textbook Writers Usually Get Wrong. *The Physics Teacher*, 30, 353-356.
- BAUMAN, R. P. (1992 c). Physics that Textbook Writers Usually Get Wrong. *The Physics Teacher*, 30, 402-407.
- BHUSHAN, N., y ROSENFELD, S. (1995). Metaphorical Models in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72 (7) 78-582.
- BORSESE, A. (2000). El lenguaje de la Química y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 12, 33-41.
- BRINCONES, I. (1999). El uso de la estrategia de resolución de problemas por alumnos de educación secundaria. Aspectos Didácticos de Física y Química (Física), 8. Universidade de Zaragoza: I.C.E.
- BURBULES, N. C., CHAMPAIGN, U. y LINN, M. C. (1991). Science Education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13, 227-241.
- CACHAPUZ, A. (1989). Linguagem Metafórica y Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3) 117-129.
- CACHAPUZ, A. PRAIA, J. y JORGE, M. (2000). Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências. Instituto de Inovação educacional. Lisboa: Ministério da Educação.
- CAREY, S., EVANS, R., HONDA, M., JAY, E. y UNGER, C.(1989). "An Experiment is when you try it and see if it works": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, Special Issue, 514-529.
- CHIANG-SOONG, B. y YAGER, R. E. (1993). The Inclusion of STS Material in the Most Frequently Used Secondary Science Textbooks in U. S., *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 339-349.
- CHIAPPETTA, E. L., FILLMAN, G. J. y SETHNA, D. A. (1991). A Quantitative Analysis of High School Chemistry Textbooks for Scientific Literacy Themes and Expository Learning Aids. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 939-951.
- CHIAPPETTA, E. L., SETHNA, G. J. y FILLMAN, D. A. (1993). Do Middle School Life Science Textbooks Provide a Balance of Scientific Literacy Themes? *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 787-797.
- CHO, H., KAHLE, J. B. y NORDLAND, F. H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69 (5), 707-719.
- CONCARI, S. B., POZO, R. L. y GIORGI, S. M. (1999). Un estudio sobre el rozamiento en libros de Física de nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 273-280.
- CUNHA, A., y CALDAS, H. (2000). Sentido das Forças de Atrito y os Livros de 8ª Série. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17(1), 7-21.

- DAGHER, Z. R. (1995). Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.
- DALL'ALBA, G., WALSH, E., BOWDEN, J., MARTIN, E., MASTERS, G., RAMSDEN, P. y STEPHANOU, A. (1993). Textbooks treatments and Students' Understanding of Acceleration. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 621-635.
- DE JONG, M. (1988). Physics in Elementary School Textbooks. *The Physics Teacher*, April, 218.
- DREYFUS, A. (1992). Content analysis of school textbooks: the case of a technology-oriented curriculum. *International Journal of Science Education*, 14 (1), 3-12.
- FENSHAM, P. J. y KASS, H. (1988). Inconsistent or Discrepant Events in Science Instruction. *Studies in Science Education*, 15, 1-6.
- GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and Practicing Secondary School Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75 (1), 121-133.
- GASKINS, I. W. y GUTHRIE, J. T. (1994). Integrating instruction of science, reading and writing: goals, teacher development, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1039-1056.
- GERMANN, P. J., HASKINS, S. y AULS, S. (1996). Analysis of Nine High School Biology Laboratory Manuals: Promoting Scientific Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 475-499.
- GIL, D., DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1990). Paper and pencil problem solving in the physical sciences as an activity of research. *Studies in Science Education*, 18, 137-151.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y TORREGROSA, J. M. (1991). *La Enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Institut de Fiències de l'Educació.
- GIL PÉREZ, D., FURIÓ MÁ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y PESSOA DE CARVALHO, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- GUZZETTI, B. J., SNYDER, T. E., GLASS, G. V. y GAMAS, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 117-159.
- HYND, C. R., MCWHORTER, J. Y., PHARES, V. L. y SUTTLES, C. W. (1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 933 - 946.
- HODSON, D. (1986). The nature of scientific observation. *School Science Review*, Sept 86, 17-29.
- HUBISZ, J. L. (2001). Report on a Study of Middle School Physical Science Textbooks. *The Physics Teacher*, 39, 304-309.

- IONA, M. (1987). "Why Johnny can't learn physics from textbooks I have known", Mario Iona's acceptance speech for the Millikan Lecture Award presented by American Association of Physics Teachers, Columbus, Ohio, 26 June 1986. *Am. J. Phys.* 55(4) 299-307.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519-535.
- JIMÉNEZ, J. D., PRIETO, R. H. y PERALES, F. J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique*, 11, 75-85.
- KEYS, C. W. (1994). The development of scientific reasoning skill in conjunction with collaborative writing assignments: an interpretive study of six ninth-grade students. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1003-1022.
- KUHN, T. S. (1969). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Natures of Science: a Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- LEHRMAN, R. L. (1982). Confused physics: a tutorial critique. *The Physics Teacher*, Nov. 519-523.
- LLORENS, J. A., DE JAIME, M. C. y LLOPIS, R. (1989) La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 111-119.
- LOPES, B. y COSTA, N. (1996). Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Centrado en la Resolución de Problemas: Fundamentación, Presentación y Implicaciones Educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 45-61.
- MARTINS, I. (ed.) (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Universidade de Aveiro. Departamento de Didáctica y Tecnología Educativa.
- MATHEWS, M. R. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.
- MEMBIELA IGLESIA, P. (1997). Una Revisión del Movimiento Educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 51-57.
- MICHINEL MACHADO, J. L. y D'ALESSANDRO MARTÍNEZ, A. (1994). El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 369-380.
- MONK, M. y OSBORNE, J. (1997). Placing history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405-424.
- OTERO, J. (1985). Assimilation problems in traditional representations of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7, 4, 361-369.
- OTERO, J. (1989). La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, 3, 223-228.
- OTERO, J. (1998). Influence of knowledge activation and context on comprehension monitoring of science texts. En D. Hacker, J. Dunlosky, A. Graesser (eds.). *Metacognition in Educational Theory and Practice*, 145-164. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

- PEREZ DE EULATE, L., LLORENTE, E., y ANDRIEU, A. (1999). Las imágenes de Digestión y Excreción en los Textos de Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 165-178.
- POSADA, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school Science textbooks during three decades: Science Educational Reforms and Substantive Changes of Tendencies. *Science Education*, 83, 423-447.
- PIZZINI, E. L., SHEPARDSON, D. P. y ABELL, S. K. (1991). The inquiry level of junior high activities: implications to science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 111-121.
- REIF, F. y LARKIN, J. H. (1991) Cognition in Scientific and Everyday Domains: Comparison and Learning Implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 733-760.
- RENNER, J. W., ABRAHAM, M. R., GRZBOWSKI, E. B. y MAREK, E. A. (1990). Understandings and Misunderstandings of Eight Graders of Four Physics Concepts Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 3-54.
- SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCCEL, M. V. (1999). Science Teachers' Views and Practices in Planning for Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 493-513.
- SHILAND, T. W. (1997). Quantum Mechanics and Conceptual Change in High School Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 7, 14-20.
- SLISKO, J., y DYKSTRA, JR. D. I. (1997). The Role of Scientific Terminology in Research and Teaching: Is Something Important Missing? *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 655-660.
- SLISKO, J. (2000). Los mitos mas populares de la física escolar. La parte I: Trayectorias erróneas de tres chorros de agua. *Alambique*, 25, 95-102.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: Un Instrumento de Cambio Actitudinal. *Enseñanza de LAS CIENCIAS*, 12, 369-380.
- SOLOMON, J., DUVEEN, J., SCOTT, L. y MCCARTHY, S. M. (1992). Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 409-421.
- SOLOMON, J. y AIKENHEAD, G. (1994). STS in Education. Columbia University, N.Y.: Teachers College Press.
- SONGER, N. B. y LINN, M. C. (1991). How Do Students'Views of Science Influence Knowledge Integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.
- STAVER, J. R y LUMPE, A. T. (1993) A content analysis of the presentation of the mole concept in Chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 321-337.
- STINNER, A. (1992). Science Textbooks and Science Teaching: From Logic to Evidence Science Education, 76 (1), 1-16.
- STELLA MARIS, I. y GURIDI, V. M. (1999). El Quehacer Científico versus el Quehacer Áulico. Buscando los rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 281-290.
- TAMIR, P., y GARCÍA, M. P. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain). *Int. J. Sci. Educ.*, 14, 381-392.

- THIELE, R. B., y TREAGUST, D. F. (1995). Analogies in chemistry books. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 783-95.
- WANDERSEE, J. (1986). Can the history of science help science educators anticipate student's misconceptions? *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 581-597.
- YAGER, R. E. (1996) (ed.) *Science/Technology/Society: As reform in Science education*. New York: State University of New York Press.
- YORE, L. D. (1991) Secondary Science Teachers' and Beliefs about Science Reading and Science Textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 55-72.

Resumen

En este artículo se plantea la pregunta siguiente: ¿cómo se caracteriza un buen libro de texto de ciencias? Para contestarla se analizan algunos aspectos de los libros de texto a la luz de las investigaciones en didáctica de las ciencias. Entre estos aspectos se encuentran la forma en que se presenta la naturaleza de la ciencia, la atención que se presta a las ideas alternativas de los estudiantes, o características del contenido como las actividades que se incorporan o la utilización de modelos y analogías. Sobre la base de este análisis se hace un conjunto de recomendaciones para un mejor diseño de los libros de texto de ciencias.

Abstract

This article deals with the following question: what are the characteristics of a good science textbook? Several aspects of science textbooks are analyzed in terms of the results of science education research to answer this question. These aspects include the way in which the nature of science is presented in textbooks, the attention paid to students' alternative conceptions, and textbook content such as activities or the use of models and analogies. Finally, some recommendations for better textbook design are made based on the previous analysis.

María Helena Caldeira

Departamento de Física y

Consorcio Ibérico de Estudios sobre Educación Científica

Universidade de Coimbra

P3004-516 Coimbra

Portugal

Otero, J., León, J. A., y Graesser, A. C. (Eds.) *The psychology of science text comprehension*

Mahwah, N.J.: Laurence Erlbaum, 2002, 459 págs.

¿Por qué resultan tan difíciles de comprender los textos científicos? ¿Cuáles son sus características específicas? ¿Cómo se pueden mejorar? Sorprendentemente dentro de la literatura de la ciencia cognitiva escasean los estudios que aborden de una forma directa estas preguntas. "The psychology of science text comprehension" llena este vacío reuniendo a investigadores destacados dentro del campo del procesamiento del discurso. Estos autores tratan tanto aspectos básicos de la comprensión de textos de ciencias, como la generación de inferencias o el papel de las representaciones mentales, como otros más aplicados, como el diseño de materiales didácticos o los procesos de comprensión de soportes distintos al texto tradicional, como los hipermedia.

El libro se organiza en cuatro apartados dedicados a las "Funciones, contenidos y diseño de textos científicos", "Procesos de comprensión y representaciones cognitivas básicas", "Control de la comprensión" y "La coordinación de múltiples fuentes y medios de información".

Dentro de estos apartados se presentan estudios diversos: una categorización funcional de los distintos géneros del discurso científico, descripciones y modelos de los procesos implicados en la lectura y representación de textos científicos, análisis de los mecanismos por los cuales los sujetos corrigen sus dificultades de comprensión, explicaciones de por qué los juicios de los estudiantes sobre la propia comprensión suelen ser tan pobres, análisis de los procesos cognitivos implicados en el procesamiento de fuentes de información distintas al texto, o de las condiciones bajo las cuales los nuevos soportes de información aventajan a los formatos tradicionales.

Para los lectores más próximos al área educativa pueden resultar de especial interés capítulos como los dedicados al uso y la comprensión de materiales multimedia ("Using Illustrations to promote constructivist learning from science text" y "Toward an integrative view of text and picture comprehension: visualization effects on the construction of mental

models") o el que analiza las características de las explicaciones cualitativas generadas por los alumnos ("Generating and understanding qualitative explanations"). Pero en todo caso, el libro permite tanto una lectura teórica y técnica, que proporciona una visión de los estudios relacionados con la comprensión de textos, como una lectura aplicada, en la que se aportan ideas

prácticas para la mejora del uso y diseño de los textos científicos. En suma, "The psychology of science text comprehension" da una visión integradora y rigurosa de la complejidad del procesamiento de los textos científicos, aportando bases teóricas y prácticas sólidas para el desarrollo de futuras investigaciones.

Koto Ishiwa Hayashi

Normas para los autores

- 1) *TARBIYA, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, admite trabajos y artículos inéditos, en castellano para cada una de sus secciones. La aceptación de los mismos corresponde al Consejo Editorial y serán remitidos a nombre de la Revista o al Editor.
- 2) Los originales deberán enviarse al editor por triplicado, mecanografiados a doble espacio por una sola cara en hojas DIN A-4 y con un margen neto a la izquierda. Su extensión no excederá de 20 folios (iconografía aparte).
- 3) Se incluirá una primera página en la que se indicarán en el siguiente orden: título del trabajo, nombre y apellidos del autor o autores y centro de trabajo de los mismos con su dirección completa que posibilite correspondencia. Igualmente figurará un resumen en castellano y su traducción inglesa, de no más de 200 palabras, así como de 3 a 6 palabras claves en ambos idiomas. Con la finalidad de reducir al máximo las erratas, se enviará, además de las copias en papel, en disquette compatible: Word star, Word perfect o MSWord.
- 4) Los trabajos de experimentos de investigación constarán de introducción, métodos, resultados, discusión y referencias.
- 5) Las referencias bibliográficas en el seno del texto, se citarán entre paréntesis con el apellido(s) del autor y año. Si el nombre del autor figura en el texto, se citará únicamente el año entre paréntesis.
- 6) La bibliografía se incluirá al final del trabajo en orden alfabético de apellidos, siguiendo los siguientes criterios: autor(es), año, título completo, lugar de edición y editorial. En el caso de artículos de revistas se incluirá: autor(es), año, título, nombre de la revista, número de páginas. Ejemplos:

BRINCONES, I. (comp.) (1991). *Lecturas para la formación inicial del profesorado*. Madrid: Ediciones de la UAM.
GÓNZALEZ, E. (1991). Escalas Reynell, adaptación a la población española. *Cuadernos del ICE*, 18, 33-50.
- 7) Las notas se relacionarán numeradas a pie de página. Si dichas notas incluyesen referencias bibliográficas, se citarán según el criterio fijado en el punto 5º.
- 8) Las tablas, figuras, cuadros, gráficos, esquemas y diagramas, se presentarán en tinta negra sobre papel blanco. Se enviarán en hojas independientes numeradas y con su título o texto explicativo (si lo hubiera) mecanografiado a doble espacio en hoja aparte. El autor marcará en el margen del texto, a lápiz, con el número correspondiente, la ubicación aproximada en la que deberán aparecer los materiales iconográficos, independientemente, de que aparezca explícitamente señalado en el texto.
- 9) Salvo casos excepcionales no se admitirán fotografías, que deberán ser en blanco y negro, en brillo y de calidad suficiente para su reproducción. Su tamaño no será inferior a 6 x 9. Deberán ir numeradas al dorso indicando el apellido del autor o primer autor del trabajo. Sus títulos o textos (si los hubiera) deberán no superar los cuatro renglones, mecanografiados a doble espacio en hoja aparte. Igualmente se indicará en el margen del texto, a lápiz, su ubicación aproximada. Fotografías y textos se enviarán dentro de un sobre propio.
- 10) Los originales que deban ser modificados para su publicación, serán enviados a sus autores. Así mismo se comunicará la aceptación de trabajos para su publicación.

> SECUENCIAS

REVISTA DE HISTORIA DEL CINE

BOLETÍN DE SUSCRIPCIÓN

Deseo suscribirme a **SECUENCIAS. Revista de Historia del Cine** a partir del número _____.

NOMBRE:

APELLIDOS:

DIRECCIÓN POSTAL:

Suscripción anual (dos números):

1 año	España	Europa	Otros países
Individual	10 euros (1.750 ptas)	18 euros (3.000 ptas)	21 euros (3.500 ptas) (25 dólares)
Institucional	15 euros (2.500 ptas)	21 euros (3.500 ptas)	24 euros (4.000 ptas) (28 dólares)

Suscripción bianual (cuatro números):

1 año	España	Europa	Otros países
Individual	20 euros (3.500 ptas)	36 euros (6.000 ptas)	42 euros (7.000 ptas) (50 dólares)
Institucional	30 euros (5.000 ptas)	42 euros (7.000 ptas)	48 euros (8.000 ptas) (56 dólares)

Forma de pago

- Talón nominativo a nombre de:
Asociación Cultural Animatógrafo. Revista Secuencias
- Transferencia a la cuenta corriente:
2085/9285/62/0300043990

Dirección Postal: Instituto Universitario de Ciencias de la Educación
Universidad Autónoma de Madrid - 28049 Madrid



Revista Iberoamericana de Educación

DÓNDE SUSCRIBIRSE

ARGENTINA, BOLIVIA, BRASIL, PARAGUAY, URUGUAY
Fax: (541) 811 96 42
Correo electrónico: oeiba@inea.com.ar

COLOMBIA, ECUADOR, PANAMÁ, VENEZUELA
Fax: (571) 210 23 23
Correo electrónico: oei1@gaitana.interred.net.co

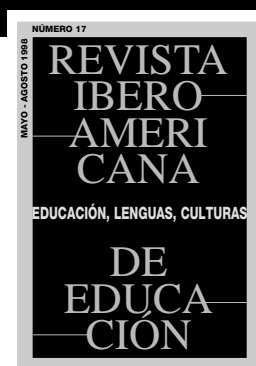
PERÚ
Fax: (5114) 28 80 95

CHILE
Fax: (562) 220 89 85
Correo electrónico: eroei@reuna.cl

EL SALVADOR
Fax: (503) 260 25 86

ESPAÑA Y OTROS PAÍSES

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)
Servicio de Publicaciones
Bravo Murillo, 38
28015 Madrid. España
Tels.: (341) 594 43 82/44 42/45 02
Fax: (341) 594 32 86
Correo electrónico: oeimad@oei.es
<http://www.oei.es/revista.htm>



PRECIOS *(incluidos gastos de envío)*

Suscripción anual	40 dólares
Nº. sueltos	15 dólares



FICHA DE SUSCRIPCIÓN

- Deseo suscribirme a la REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN por el periodo de un año (tres entregas) y renovaciones automáticas hasta nuevo aviso.
- Deseo recibir el número.

FORMA DE PAGO

- Cheque bancario a nombre de la Organización de Estados Iberoamericanos.
- Giro postal (adjuntar comprobante).
- Tarjeta Visa.

Titular _____

N.º Caduca

Apellidos _____

Nombre _____

Dirección Postal _____

Ciudad _____

Dpto./Prov./Est. _____

País _____

Centro Nacional de Educación Química
Facultad de Química,
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería Química,
Universidad Autónoma de Yucatán

IV Jornadas Internacionales

para la Enseñanza Preuniversitaria y
Universitaria
de la

Química





15-18 de noviembre de 2005

Mérida, Yucatán

MÉXICO





Con el objetivo de intercambiar opiniones, propuestas y experiencias relacionadas con los fundamentos y la práctica de la enseñanza y el aprendizaje de la Química, se convoca a los docentes, investigadores e interesados en la educación química, a participar en las

IV Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química,

que tendrán verificativo del 15 al 18 de noviembre de 2005 en la Ciudad de Mérida, Yucatán en el sureste mexicano.

Este evento apoyará la iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas, que ante la gravedad y urgencia de los problemas que enfrentamos, ha instituido de 2005 a 2014 la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. Invitamos a los interesados a visitar la siguiente dirección electrónica: <http://www.oel.es/decada/> y a sumarse desde ahora a este importante esfuerzo.

Comité organizador

Adela Castillejos Salazar
Facultad de Química, UNAM
Presidenta

Andoni Garritz Ruiz
Luis Miguel Trejo Candelas
Facultad de Química, UNAM
Vicepresidentes

Fernando Cortés Guzmán
Carlos Estrada Pinto
Silvia Valdez Aragón
Facultad de Química, UNAM
Clemente Reza García
INAOE, IMA
Secretarios

Cristina Rueda Alvarado
Facultad de Química, UNAM
Tesorera

Informes e inscripciones

www.cneq.unam.mx/jornadas

Teléfonos:
+52 (55) 56223517
+52 (55) 56223708
+52 (55) 56223069

