

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