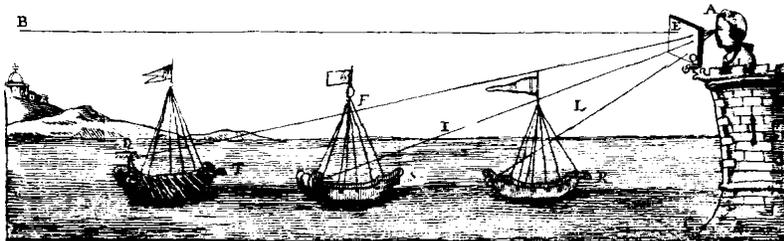


INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA



APLICACIÓN DEL ANÁLISIS SECUENCIAL AL ESTUDIO DEL TEXTO ESCRITO E ILUSTRACIONES DE LOS LIBROS DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA ESO

JIMÉNEZ VALLADARES, JUAN DE DIOS¹ y PERALES PALACIOS, F. JAVIER²

¹ IES Cerro de los Infantes. Pinos Puente. Granada

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada
E-mail: fperales@platon.urg.es

SUMMARY

There is enough evidence for the significant weight that textbooks have nowadays in the science classroom, as a knowledge source of and as a means for teaching. In this paper a tool –sequential analysis– to search the teaching sequence of textbooks and the role of illustrations in such a sequence is described and applied. For that purpose a sample of Secondary level Physics and Chemistry textbooks was selected. The results lead to make clear the didactic profile of revised textbooks and their grouping in two classes, one connected with a more traditional conception on teaching-learning of Science and another connected with a more modern conception in relation with the Spanish Educational Reform.

EL LIBRO DE TEXTO DE CIENCIAS EN EL PANORAMA DOCENTE ACTUAL

La utilización de los libros de texto es a todas luces una de las principales vías de transmisión de la ciencia

escolar en nuestras aulas. A pesar de los intentos hechos desde las administraciones educativas, desde el ámbito

de la investigación en didáctica de las ciencias experimentales o desde los propios colectivos de profesores, por incorporar la multiplicidad de recursos hoy día disponibles, tanto escolares (prácticas de campo, de laboratorio, informática educativa, etc.) como extraescolares (medios de comunicación, centros de ciencia, etc.), para ese fin, la realidad viene a demostrar que el libro de texto es el medio más ampliamente usado y aceptado –a veces incluso único– por los miembros de la comunidad educativa (profesores, alumnos y padres). Este hecho incuestionable posee además indudables repercusiones económicas y sociales, ya sea por constituir el sostén de muchas empresas editoriales como por provocar la protesta anual de las asociaciones de padres de alumnos por su elevado coste.

La historia de los libros de texto corre pareja a la de la invención de la imprenta y la posibilidad consiguiente de disponer de materiales impresos de un modo mecanizado. No obstante, el contenido y la intencionalidad de los mismos han sufrido importantes modificaciones con el tiempo. Como señalara Bachelard (1948, pp. 28-29), en el siglo XVIII los libros hablaban de la naturaleza, de la vida cotidiana, con un lenguaje accesible al lector. Sin embargo, los libros de este siglo se han vuelto autosuficientes, ellos hacen las preguntas y las responden, se prestan a presentar la ciencia como algo organizado y elevado por encima de los conocimientos e intereses del lector. La implantación de la LOGSE en España ha inducido la renovación de los libros de texto bajo una presunta óptica constructivista, tendiendo a considerar los conocimientos espontáneos de los lectores y presentando el contenido científico conectado con el medio.

La adopción de un determinado libro de texto por parte de los centros educativos y, en concreto, para las materias científicas, representa una decisión con repercusiones muy significativas en el aprendizaje de los alumnos, máxime si los profesores responsables no hacen un uso crítico de tal material curricular.

El análisis riguroso de los libros de texto se hace, pues, una tarea imprescindible para la toma de decisiones que conduzca a su selección. A dicho reto debiera responder la investigación educativa. A pesar de ello, no ha sido un tópico que haya merecido la atención precisa en relación con su peso específico en la enseñanza cotidiana, aunque recientemente comienza a despertar de su letargo (Alambique, 1997). Este hecho quizás responda a la identificación del libro de texto como un instrumento al servicio de la metodología de transmisión-recepción. A esto se refiere Tonucci (1985, p. 9) cuando afirma:

«Si la escuela considera que su finalidad principal es la transmisión de los conocimientos, mediante un maestro que representa el saber oficial, a todos los alumnos (que no saben) para que todos alcancen un nivel común, previamente organizado, de nociones, entonces el libro de texto resulta un instrumento necesario y coherente. Constituye un patrimonio común de conocimientos garantizados (ya que escritos); es un instrumento individual que permite el trabajo a solas y la comparación con los demás; propone un método de aprendizaje a través

del estudio y la repetición, y sanciona un procedimiento y un programa para cada disciplina.»

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La complejidad de una investigación de esta naturaleza por la multiplicidad de variables que pueden ser consideradas –tanto formales como de contenido– exige una acotación clara del objeto de estudio.

Con esta intención venimos trabajando en el campo de las ilustraciones incorporadas en los libros de texto (Jiménez y López, 1996; Jiménez et al., 1997; Jiménez y Perales, 1997; Jiménez, 1998). Las razones de haber apostado por dicho estudio son de índole subjetiva y objetiva. En el primer caso sospechamos que constituyen uno de los factores que más influyen en la decisión de adoptar un libro de texto frente a otros posibles, algo que conocen bien las editoriales a través de sus estrategias de marketing (la presencia de imágenes profusamente coloreadas y llamativas atrae la atención del lector primerizo). En el segundo caso, constataciones empíricas nos llevan a poder afirmar que las ilustraciones que aparecen en los libros de texto de educación primaria y secundaria vienen a ocupar en torno al 50% de su superficie.

En un primer momento de la investigación nos preocupamos por la elaboración de un sistema de categorías empíricas que permitiera clasificar las ilustraciones presentes en una amplia muestra de libros de texto (Perales y Jiménez, en prensa).

A pesar de la utilidad de disponer de un sistema categorial de esta naturaleza para poder caracterizar un libro de texto, se hace necesario elaborar otros instrumentos que permitan profundizar en las relaciones entre el texto escrito y el icónico y, en concreto, en el papel de las ilustraciones en la secuencia didáctica a que responde el libro analizado.

Este último aspecto es el propósito del trabajo que aquí se presenta, es decir, desarrollar un instrumento de análisis de las secuencias didácticas de libros de texto de ciencias que posibilite, por un lado, determinar el papel que los autores atribuyen a las ilustraciones y, por el otro, disponer de un sistema de indicadores relativo a la metodología de enseñanza subyacente a cada libro. En ambos casos, los resultados de la aplicación de tal instrumento pueden contribuir significativamente a la selección de este material curricular por parte del profesorado de acuerdo con sus planteamientos didácticos.

EL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LOS LIBROS DE TEXTO. ESTUDIO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

El análisis del contenido constituye un instrumento pedagógico de indudable interés en el campo de la didác-

tica de las ciencias experimentales. Bajo este título caben diferentes enfoques y propósitos. Podemos mencionar el análisis de su estructura sintáctica (por ejemplo, conceptos presentes, secuencia de los contenidos, etc., Perales, 1987), semántica (comprensión de textos, argumentaciones utilizadas, etc., Otero, 1990; Eltinge y Roberts, 1993; Izquierdo y Rivera, 1997), simbólica (ilustraciones presentes), curricular (errores conceptuales, tipos de actividades incluidas, etc., Perales, 1995), evolutiva (variaciones temporales, Moody, 1996), o grado de dificultad de los contenidos (desarrollo cognitivo necesario, Shayer y Adey, 1984).

La caracterización de un libro de texto exige disponer de instrumentos adecuados a los objetivos de la investigación. Cuando éstos son muy generales o se persigue una descripción muy amplia, es frecuente utilizar rejillas de análisis complejas (Parcerisa 1996; Del Carmen y Jiménez, 1997) que introducen juicios inevitablemente subjetivos, dificultad que puede soslayarse mediante el análisis del acuerdo entre dos investigadores independientes (caso del trabajo ya citado de Eltinge y Roberts, 1993). En nuestro caso hemos utilizado el análisis secuencial, que integra dos de los enfoques anteriores: el sintáctico (secuencias de contenidos) y el curricular (metodología didáctica subyacente). El procedimiento utilizado consiste en fragmentar el texto en unidades y clasificar estas unidades según la función que desempeñan de acuerdo con las categorías establecidas en la taxonomía de agrupamiento de las ilustraciones (Jiménez y Perales, 1997; Perales y Jiménez, en prensa).

El análisis secuencial procede de un campo muy alejado de la didáctica de las ciencias: la observación de la interacción entre sujetos (Bakeman y Gottman, 1989). Estos estudios de la conducta se basan en la existencia de patrones o modelos implícitos que determinan la relación entre los diversos sujetos que interactúan. Sería el caso de las relaciones entre padres e hijos en una familia o grupos de niños en guarderías, etc. En esta rama de la psicología social se denomina *evento* a cualquier suceso o acción relativo a la interacción objeto de estudio; por ejemplo, en el estudio del juego entre niños pequeños se establecen como eventos que el niño juega solo, con otro niño, cerca de otro niño, etc. Para realizar las observaciones se construye un conjunto de categorías autoexcluyentes y exhaustivas que describen la situación observada, aplicándose una metodología matemática que describimos a continuación.

Procedimiento utilizado para la codificación de los textos

Denominamos *evento* a la aparición en el texto de un párrafo que desempeña una de las funciones que se recogen en la tabla I. A diferencia del análisis de la interacción, los diversos *eventos* en el libro de texto suceden bajo un plan establecido por los autores de modo que la determinación de la estructura secuencial permite desvelar los principios que inspiran dicho plan.

Tabla I
Categorías utilizadas en la caracterización de la función desempeñada por el fragmento de texto.

Nombre	Descripción
<i>Evocación</i>	Se hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el alumno. Ejemplo: «sobre el hielo es muy difícil caminar».
<i>Definición</i>	Se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico. Ejemplo: «cuando la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es cero, éste se mantiene en equilibrio, lo que no quiere decir que esté en reposo».
<i>Aplicación</i>	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición. Ejemplo: «cuando arrastramos una silla estamos ejerciendo una fuerza».
<i>Descripción</i>	Se refiere a hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario. También se incluyen en esta categoría conceptos necesarios para el discurso principal pero que no pertenecen al núcleo conceptual. Ejemplo: «cuando un conductor aprecia un obstáculo sobre la carretera no puede detener su vehículo de forma instantánea [...] distinguimos entre el tiempo de reacción y el tiempo de frenado».
<i>Interpretación</i>	Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales. Ejemplo: «en la mayor parte del camino, la velocidad se mantiene constante, por lo que la fuerza resultante es cero».
<i>Problematización</i>	Se plantean interrogantes no retóricos que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente justifican una interpretación o un nuevo enfoque. La importancia de este tipo de actividad ha sido destacada por Ogborn (1996) en lo que llama <i>creación de diferencias</i> entre el pensamiento de los alumnos y las ideas que se quieren introducir.

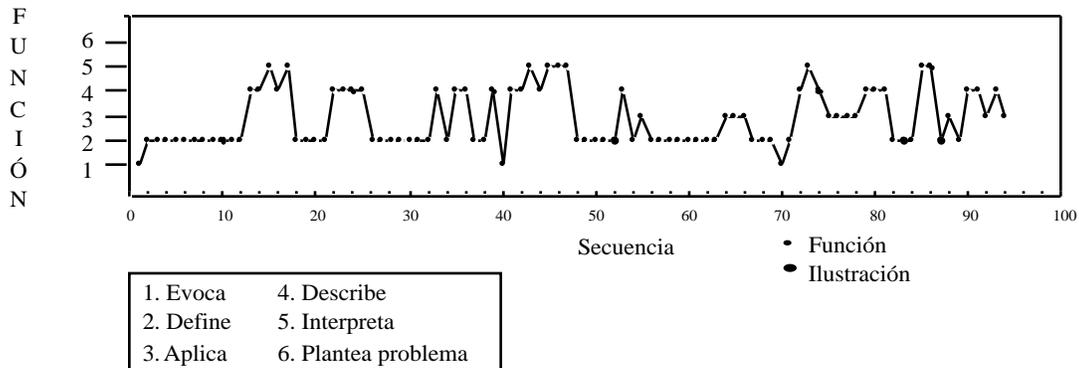
Puesto que nos interesa profundizar en cuáles son los principios que rigen la localización y función de las imágenes en el libro, se registran aquellos eventos que están ilustrados y los que no. La forma en la que se distribuyen las ilustraciones respecto a la secuencia de eventos del texto permite comparar entre sí las diferentes estrategias empleadas en la confección del libro.

Una vez fragmentado el texto en *eventos* y categorizada la función que cada uno desempeña, se obtiene la secuencia didáctica, que es independiente de los contenidos concretos.

Esta secuencia se puede visualizar gráficamente representando en el eje horizontal el número de orden de cada *evento* y situando una marca en la posición 1, 2, 3, 4, 5

Figura 1
Ejemplo de secuencia didáctica.

Texto 4



ó 6 del eje vertical según se trate de las funciones: evocación, definición, aplicación, descripción, interpretación o problematización (Perales y Jiménez, en prensa). Las secuencias que estén ilustradas se marcarán adecuadamente. La figura 1 presenta un ejemplo.

Aunque la simple observación de dichas gráficas ya permite realizar comparaciones entre los diversos textos, el análisis secuencial suministra herramientas que facilitan esta tarea.

Probabilidad simple o porcentaje

Interesa determinar la frecuencia de aparición de las diferentes funciones en cada texto. Un texto que emplee muchas *definiciones* y *aplicaciones* tendrá, obviamente, un enfoque diferente a otro texto que utilice con mayor frecuencia la *interpretación* o la *evocación*. El parámetro utilizado para comparar los diversos textos entre sí es la probabilidad simple o porcentaje con que se produce un evento asociado a una función, que se obtiene dividiendo la frecuencia de cada *evento* entre el total de unidades de secuencia:

$$P(a) = \frac{f(a)}{N}$$

Probabilidad de transición

A cada *evento* le sucede otro. Así, tras una *definición* puede seguir una *aplicación* o una *evocación* o cualquiera de las otras funciones. Pudiera ocurrir que dos libros de texto tengan los mismos valores de probabilidad simple de cada evento pero posean una estructura completamente diferente. Para describir cómo se suceden los

distintos eventos se utiliza la probabilidad de transición que describe cuántas veces un evento sucede a otro. Así podría ocurrir que, en un libro, a la función *definición* siguiera, en un 50% de los casos, la *aplicación*, en un 25% la *descripción* y en el otro 25 por ciento, la *interpretación*.

La probabilidad de transición se calcula mediante:

$$P_{(ab)} = \frac{f(ab)}{f(b)}$$

donde $f(ab)$ es el número de veces que la función b siguió a a , y $f(b)$ es la frecuencia con que ocurrió la función b .

Ocurre con frecuencia que se suceden varios eventos de la misma función. Por ejemplo, en un pasaje de un libro se suceden tres *definiciones* seguidas. Para el análisis de la secuencia se codificarían esas tres *definiciones* como un solo evento. Sin embargo, sí se consideran como eventos independientes para el cálculo de las probabilidades simples, ya que, en este caso, interesa tener una medida de la intensidad con que los autores utilizan cada una de las funciones.

Determinación de la significación

Igual que se determina la probabilidad simple o porcentaje de un evento, también se puede calcular la probabilidad con que ocurre una pareja o secuencia determinada, por ejemplo *evocación-definición*. Esta probabilidad depende del modelo que se adopte. Se denomina *modelo de orden cero* aquél que supone que todos los eventos

son equiprobables. En nuestro caso, que hemos utilizado seis categorías de eventos, la probabilidad esperada para cualquier pareja sería 1/30 (0,033) –a cada una de las seis funciones puede suceder otra de las cinco restantes–, por lo que disponemos de treinta transiciones posibles (6,5).

Suponer, no obstante, que todos los eventos son igualmente probables no es aceptable. No tiene sentido aceptar que en un libro de texto pueden ocurrir igualmente las definiciones, evocaciones, etc.

El modelo que asumimos se denomina *de primer orden* y supone que las diversas categorías ocurren cada vez que de hecho lo hacen, pero se supone que el orden en el que tienen lugar sí es aleatorio. La probabilidad de una secuencia particular se calcula multiplicando la probabilidad de cada secuencia según:

$$P_{(ab)} = P_{(a)} \cdot P_{(b)} \text{ siendo } P_{(a)} = \frac{f_{(a)}}{N} \text{ y } P_{(b)} = \frac{f_{(b)}}{N - f_{(a)}}$$

Ya que un evento no puede sucederse a sí mismo, la probabilidad de una secuencia dada sería:

$$P_{(ab)} = \frac{f_{(a)}}{N} \times \frac{f_{(b)}}{N - f_{(a)}}$$

donde $P(ab)$ es la probabilidad esperada para la secuencia $a - b$, $f(a)$ y $f(b)$ son las frecuencias registradas de los eventos a y b , y N es el número total de eventos codificados.

Para establecer si las frecuencias observadas se ajustan a este modelo de primer orden se emplea una prueba binomial de puntuaciones Z .

La expresión utilizada en nuestro estudio para el cálculo de Z (Bakeman y Gottman, 1989, p. 196) es:

$$Z = \frac{f(ab) - f(a) \cdot p(b)}{\sqrt{f(a) \cdot p(b) \cdot [1 - p(b)] \cdot [1 - p(a)]}}$$

La puntuación Z nos permite determinar qué secuencias suceden con una frecuencia superior a la esperada bajo la hipótesis del modelo de orden uno. Con objeto de poder comparar entre sí los diferentes libros de texto, consideraremos únicamente aquellas transiciones cuya puntuación Z supere el valor 1,96 ($p < 0,05$) (Bakeman y Gottman, 1989).

El análisis de la secuencia didáctica se realizó una vez concluido el análisis individual de las ilustraciones y después de fragmentar los textos en unidades más pequeñas. Para la validación de la taxonomía (Perales y Jiménez, en prensa) se calculó el estadístico Kappa (Fleis y Cohen, 1969), utilizado por Eltinge y Roberts (1993) en un estudio sobre libros de texto de ciencias.

Para la realización del análisis de secuencias, que exige hacer el recuento de cómo se suceden las diferentes funciones, se utilizó una hoja de cálculo comercial –Excel– mediante un procedimiento diseñado expresamente por el primer autor. Los cálculos de las probabilidades de transición y las puntuaciones Z también se realizaron con dicha hoja de cálculo.

SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE LIBROS DE TEXTO

Se utilizaron siete libros de 4º curso de ESO con un importante nivel de implantación en Andalucía, uno de 2º curso de BUP y dos libros de texto de los años 1963 y 1969 seleccionados tras estudiar una muestra de treinta y seis libros de bachillerato editados en un período comprendido entre los años cincuenta y setenta. La inclusión de los dos libros de texto de los años sesenta posee como finalidad observar si los instrumentos de análisis utilizados son sensibles a los evidentes cambios producidos, tanto en la ilustración de los libros como en la secuencia didáctica empleada. Los libros de texto editados entre los años cincuenta y setenta estaban sometidos a unas pautas muy estrictas respecto a su contenido y formato. En general hemos encontrado en ellos un discurso bastante homogéneo, en el que los conceptos se van presentando mediante definiciones y algunas referencias al contexto en el que se definen los conceptos mediante ejemplos prácticos. Lo que esperamos es que el análisis de la secuencia didáctica refleje esta estructura.

La muestra definitiva la componen los siguientes libros de texto recogidos en la tabla II.

Tabla II
Muestra de libros estudiados.

Editorial	Curso	Autores	Año	Código
SM	4º ESO	Cañas, A. y col.	1995	1
Elzevir	4º ESO	Hierrezuelo, J. y col.	1993	2
Algaida	4º ESO	De Manuel, E. y col.	1994	3
Lib.Gen. Zaragoza	6º Bach.	Burbano de Ercilla, S.	1969	4
Anaya-Grupo	4º ESO	Candel, A. y col.	1995	5
Anaya Madrid	2º BUP	Candel, A. y col.	1987	6
McGraw Hill	4º ESO	García, J.A. y col.	1995	7
Ecir	4º Bach.	Nagore Gómez, E.	1963	8
Akal	4º ESO	Cuesta, S. y col.	1994	9
Santillana	4º ESO	Mascaró, J. y col.	1995	10

En cada libro se analizaron los temas de estática y dinámica.

Tabla III

Distribución de frecuencias para las funciones: 1 evocación, 2 definición, 3 aplicación, 4 descripción, 5 interpretación, 6 problematización.

RESULTADOS OBTENIDOS

El primer resultado que destacamos es que hemos encontrado diferencias notables entre los diversos textos respecto a las secuencias didácticas y al uso de las ilustraciones. En primer lugar nos referiremos a las ilustraciones en la secuencia didáctica.

Las ilustraciones en la secuencia didáctica

La tabla III recoge los resultados de un total de 1.821 unidades de secuencia de texto, 506 de ellas acompañadas de ilustraciones. Se observa un claro predominio de la función *definición* seguida de la *aplicación* en el conjunto de las unidades de secuencia. Si se consideran por separado aquellas secuencias que incluyen una ilustración, aparece una distribución más homogénea en favor de la *aplicación*, la *definición* y la *problematización*. Ocurre al contrario si sólo se tienen en cuenta los textos no ilustrados donde la *definición* de conceptos casi alcanza el 41%.

Sin embargo, encontramos que las ilustraciones no siempre se distribuyen homogéneamente respecto al texto, factor que impide la generalización de las conclusiones.

La tabla IV recoge el análisis mediante chi-cuadrado de los porcentajes de texto ilustrado y no ilustrado de cada uno de los libros. No se ofrecen datos de los textos 4 y 8 debido a que el escaso número de ilustraciones no permite hacer el análisis estadístico.

Si consideramos un libro de texto como un documento que relata hechos, plantea preguntas, interpreta fenómenos, define conceptos, etc. y aceptamos que la ilustración viene a resaltar los aspectos más importantes de cada uno de esos momentos sin preferir unos u otros, podríamos esperar que las frecuencias relativas de las diferentes funciones que aparecen en el texto fueran

Tabla IV

Análisis mediante chi-cuadrado de la homogeneidad de la ilustración.

Libro	CHI-2	p
1	51,34	<0,0001
2	21,79	0,0006
3	5,69	0,3379
4	—	—
5	3	0,6939
6	17,03	0,0044
7	20,63	0,0010
8	—	—
9	13,29	0,0208
10	6,42	0,2675

Se marcan los textos que mostraron una distribución heterogénea de sus ilustraciones.

similares a las que presentan los pasajes ilustrados. A esta manera de usar la ilustración la denominamos una distribución homogénea. Si, por el contrario, aceptamos que la ilustración tiene una función muy específica, digamos, por ejemplo, que para evocar situaciones familiares o para interpretar fenómenos cotidianos, debemos esperar una distribución heterogénea.

Se observa con claridad que los libros 3, 5 y 10 presentan una distribución homogénea y, por el contrario, los libros 1, 2, 6 y 7 tienen una distribución heterogénea con unas diferencias significativas ($p < 0,01$).

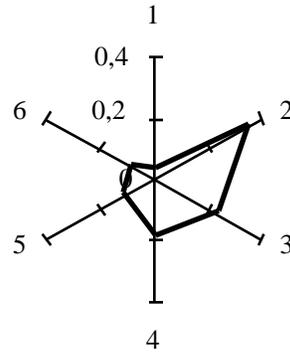
Como ejemplo citamos el libro núm. 1 que dedica un 35% de las secuencias a introducir conceptos mediante definiciones, mientras que sólo el 8 por ciento de las imágenes ilustran esta función.

Tabla V
Distribución de frecuencias para las funciones. Secuencias no ilustradas (*no*) e ilustradas (*sí*).

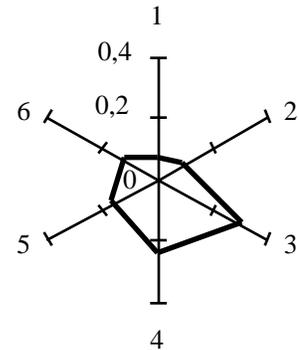
Valores absolutos

Texto 1	No	Sí	Total
1	0	5	5
2	50	7	57
3	13	25	38
4	12	20	32
5	4	14	18
6	4	10	14
Total	83	81	164

Probabilidad de cada evento respecto al total de secuencias

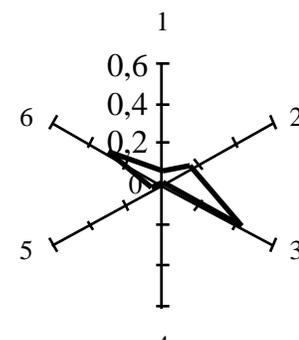
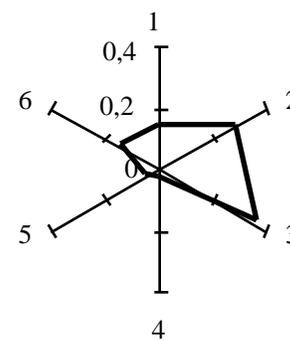


Probabilidad de cada evento respecto al total de secuencias ilustradas



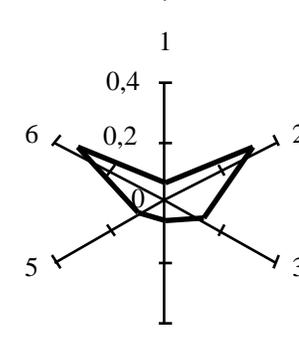
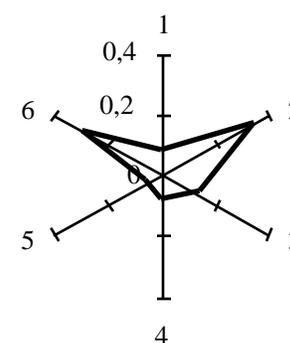
Texto 2

	No	Sí	Total
1	29	2	31
2	54	7	61
3	60	21	81
4	6	0	6
5	8	3	11
6	18	15	33
Total	175	48	223



Texto 3

	No	Sí	Total
1	14	4	18
2	49	29	78
3	18	12	30
4	14	7	21
5	6	9	15
6	39	29	68
Total	140	90	230



Texto 4

	No	Sí	Total
1	3	0	3
2	44	4	48
3	11	0	11
4	20	3	23
5	8	1	9
6	0	0	0
Total	86	8	94

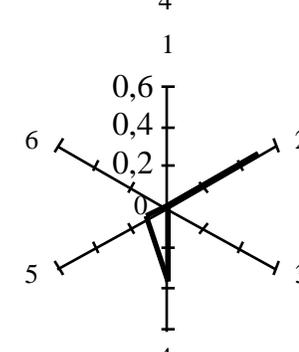
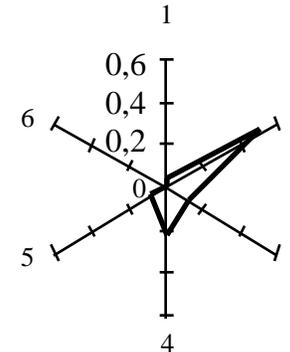


Tabla V
(continuación)
Distribución de frecuencias para las funciones. Secuencias no ilustradas (*no*) e ilustradas (*sí*).

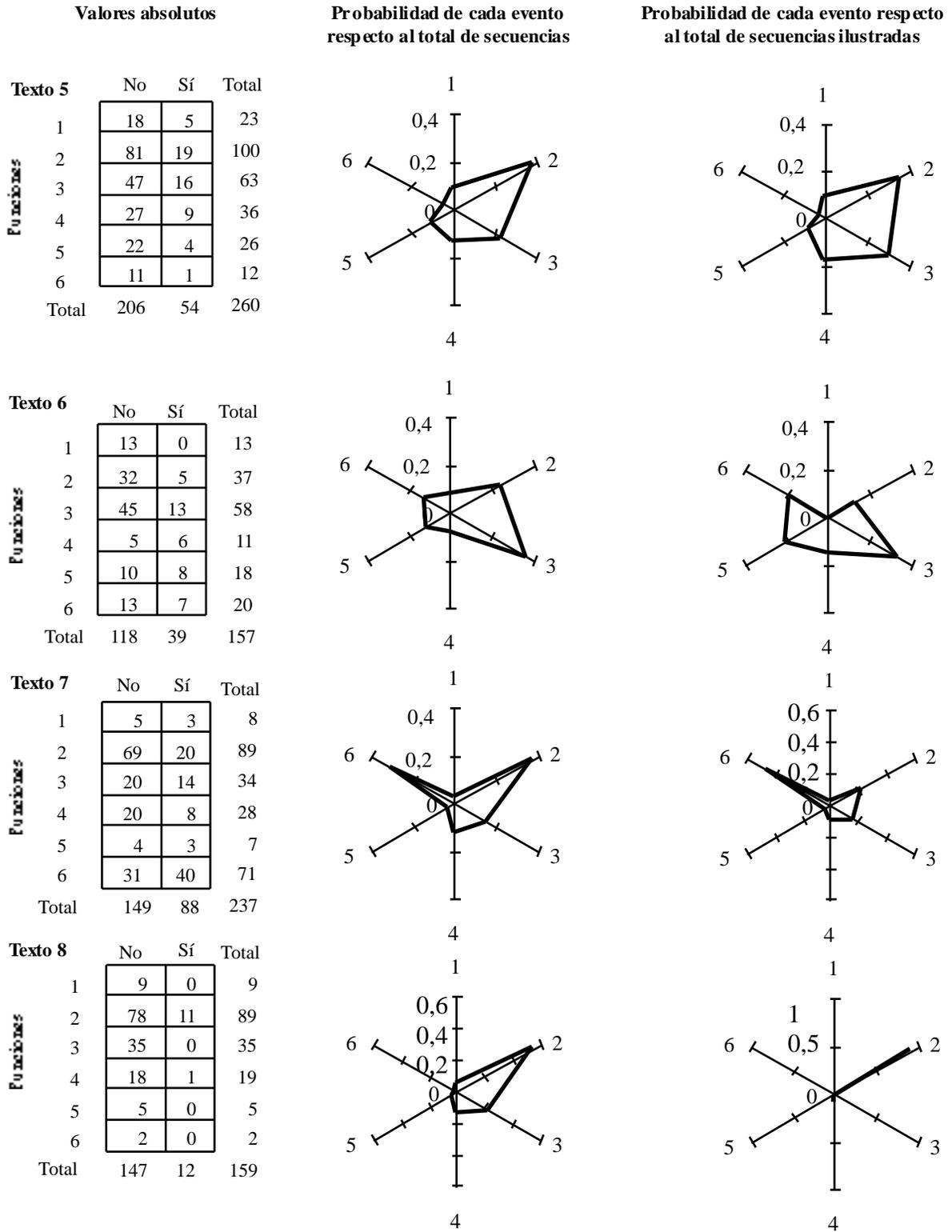
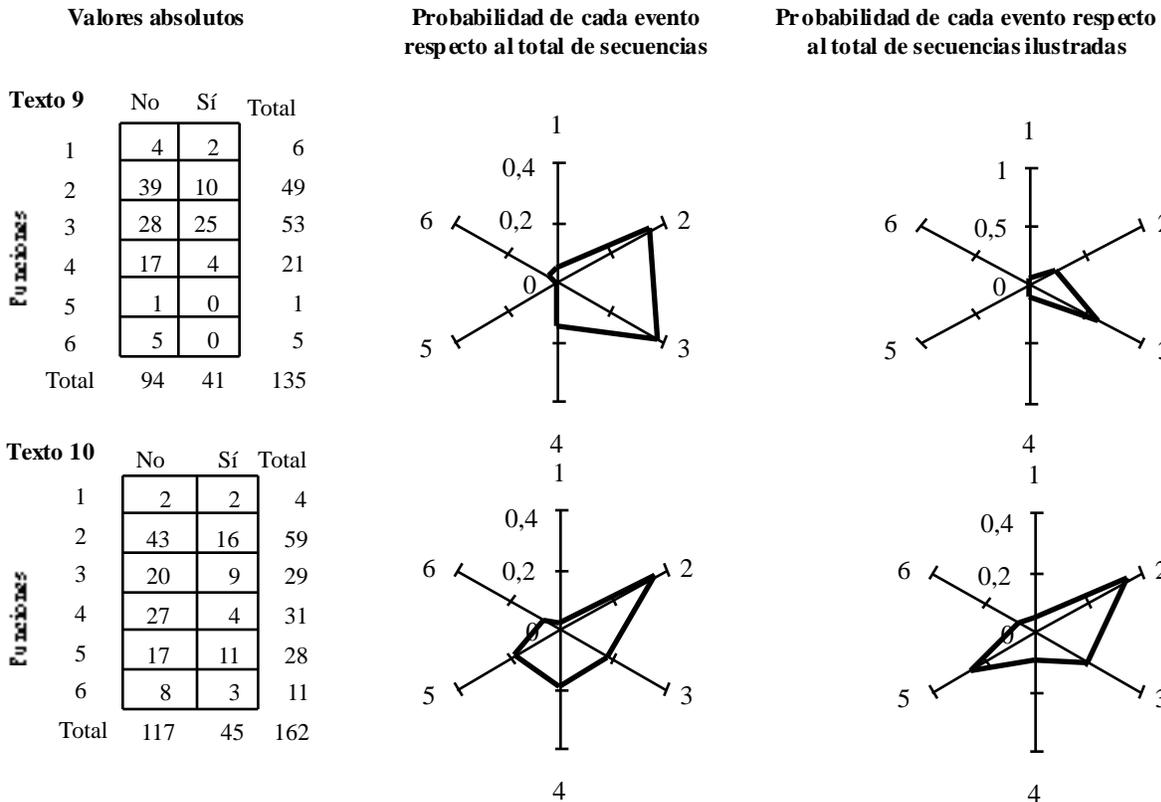


Tabla V
(continuación)
Distribución de frecuencias para las funciones. Secuencias no ilustradas (*no*) e ilustradas (*sí*).



A continuación se muestran los resultados de cada libro en términos absolutos y en porcentaje, distinguiendo entre el total de secuencias y aquellas que están ilustradas. Los datos referidos al porcentaje se ofrecen gráficamente para facilitar la comparación entre libros.

La tabla V permite apreciar intuitivamente el mismo resultado obtenido con el ajuste de los porcentajes con chi-cuadrado, ya que los libros señalados muestran un perfil similar en las gráficas, lo que viene a significar unos porcentajes parecidos en las funciones desempeñadas por el conjunto de las secuencias y por aquellas que están ilustradas.

Como se indicó más arriba, hemos encontrado diferencias considerables entre los libros estudiados. Respecto a los libros de distribución homogénea debe señalarse que no existe un patrón común en su secuencia didáctica. El libro núm. 3 destaca por la atención prestada a la presentación de situaciones problemáticas, mientras que el libro núm. 10 lo hace por la interpretación de situaciones mediante ilustraciones. Sin embargo, los libros 4 y 8, de los años sesenta, son homogéneos porque poseen una estructura muy simple, basada en la definición de con-

ceptos, y tienen muy pocas ilustraciones. En el libro núm. 5 las funciones más frecuentes son la definición y aplicación de conceptos.

En los textos de distribución heterogénea sí encontramos, al menos en los núm. 1, 2 y 6, una cierta similitud consistente en una predilección por la ilustración de situaciones en las que se aplican los conceptos mediante ejemplos o ejercicios.

Estas diferencias obtenidas respecto a qué tipo de pasajes son ilustrados en los libros nos han sorprendido bastante y reflejan la situación provocada por el actual proceso de reforma de la educación secundaria, en el que los equipos editoriales tratan de conseguir su cuota en el mercado, cambiante e incierto, resaltando sus diferencias.

Podemos observar cómo los libros 4 y 8—de la década de los años sesenta— presentan una estructura muy sencilla y similar, ya que la mayor parte del peso de la secuencia recae sobre la definición de conceptos, mientras que los libros 1, 2, 3, 6, 7, 9 y 10 muestran estructuras más complejas y variadas.

Ejemplo de secuencia obtenida del libro núm. 5

Ilustración 1. Fotografía de un paracaidista cayendo.

Definición	«La estática es la parte de la mecánica que estudia el equilibrio. Cuando decimos que un cuerpo está en equilibrio, tendemos a pensar que está en reposo, lo que no es siempre cierto.»
Definición	«Decimos que un cuerpo está en equilibrio cuando se anula la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el mismo, así como el momento resultante que éstas generan sobre dicho cuerpo.»

Ilustración 2. Fotografía de un perro tirando de un niño montado en un monopatín.

Definición	«Cuando el perro tira del niño subido al monopatín, decimos que el perro hace fuerza sobre el niño, lo que le permite avanzar.»
Problematicación	«Ahora bien, ¿a qué llamamos <i>fuerza</i> ? ¿Estás seguro de que siempre que utilizas ese término lo haces correctamente?»
Definición	«Cuando arrastras un objeto por el suelo de una habitación, cuando levantas una silla, cuando te apoyas en la pared o cuando modelas un trozo de plastilina, estás ejerciendo fuerza, pero el efecto es distinto en cada caso. De momento basta con saber que la fuerza existe; es una magnitud física que podemos medir, al igual que otras que ya conocemos de cursos anteriores, como la masa o la longitud.»
Definición	«Analicemos las posibles acciones de una fuerza: La fuerza puede mover un objeto, si está parado.»

Ilustración 3. Fotografía de un escalador colgando de una pared.

Evocación	«En efecto; todos sabemos que, si el alpinista se suelta, caerá por su propio peso.»
Definición	«Los cuerpos, como veremos más adelante, tienden a caer en dirección al centro de la Tierra, debido al peso, que es una fuerza que actúa sobre ellos.»
Definición	«La fuerza puede deformar un objeto.»

Ilustración 4. Fotografía de una grúa moviendo un bloque de chatarra.

Evocación	«Muchas veces utilizamos la fuerza para deformar un objeto, por ejemplo, un coche aplastado por la prensa hidráulica. Piensa también en una barra de pan al cortarla, en una hoja de papel al arrugarla o en tantos otros ejemplos en los que puedes encontrar el efecto deformador de la fuerza.»
Definición	«Los objetos pueden estar en equilibrio.»

Ilustración 5. Fotografía de una araña tejiendo su tela.

Aplicación	«Las fuerzas que actúan sobre la tela de araña deben compensarse de algún modo, puesto que se mantiene en equilibrio.»
Definición	«Los objetos pueden perder el equilibrio, poniéndose en movimiento.»

Ilustración 6. Fotografía de un niño haciendo equilibrio sobre un brazo.

Aplicación	«El peso del chico le hará perder el equilibrio y lo pondrá en movimiento, en dirección al fondo de la pista.»
------------	--

Las transiciones observadas en este fragmento son:

Definición (3) problematización definición (2) evocación definición (2) evocación definición aplicación definición aplicación.

Diferencias en la secuencia didáctica

El análisis secuencial revela unas mayores diferencias entre los diversos libros estudiados. Con objeto de clari-

ficar los términos utilizados se muestra una selección del comienzo del libro núm. 5. El texto se ha fragmentado y

TEX	Ordn	-Nombres-					L.36				

TEX	Ordn	-Nombres-					L.36				

TEX	Ordn	-Nombres-					L.36				

TEX	Ordn	-Nombres-					L.36				

TEX	Ordn	-Nombres-					L.36				

TEX						LX					
Omn		Modos						LX			
	F1										

codificado según los criterios expuestos anteriormente. Cada fragmento constituye una unidad y desempeña una función específica. Es frecuente que dos o más fragmentos consecutivos desempeñen la misma función, lo que para el análisis secuencial significa que no hay transición. Se considera una transición cuando a un fragmento sigue otro con una función diferente.

Usando la terminología del análisis secuencial, hemos denominado a cada fragmento del texto que desempeña una función dada. Nuestro fragmento tendría, por tanto, catorce eventos. El número entre paréntesis indica las veces que se repite consecutivamente un evento. Puesto que, como ya se ha especificado al definir la probabilidad de transición, en el cálculo de ésta solo se consideran las transiciones en las que cambia la función, en nuestro ejemplo, el número de transiciones es nueve.

Se denomina *secuencia de eventos* a una sucesión de dos o más eventos consecutivos. En nuestro estudio hemos considerado únicamente las secuencias de dos eventos por dos motivos. El primero es de orden práctico. Caracterizar secuencias de tres eventos nos llevaría a una variedad tal de posibles secuencias que sería imposible extraer información de dicho análisis. En segundo lugar, lo que nos interesa es caracterizar especialmente la secuencia que da lugar a la función más frecuente, la definición de los conceptos a lo largo del tema.

De acuerdo con las suposiciones expuestas en la selección de la muestra de libros, se ve con claridad que los textos de los años sesenta tienen una estructura mucho más sencilla que los actuales. La razón es simple, ya que se trata de textos expositivos organizados en torno a los conceptos teóricos que se van definiendo de una manera progresiva.

Los gráficos también muestran, en general, un aumento de la complejidad al avanzar en los libros y que coincide con el estudio de la dinámica. No obstante, estos gráficos son difíciles de evaluar de cara al principal objeto de este estudio, que es comparar entre sí los distintos libros y caracterizar su enfoque didáctico para poder insertar en él el estudio de las ilustraciones.

Con este objetivo se calcularon las probabilidades de transición y las puntuaciones Z de acuerdo con las definiciones expuestas anteriormente (tabla VI). A con-

tinuación se exponen los resultados correspondientes al cálculo de las probabilidades de transición de secuencias de dos eventos. Como ya se ha indicado, sólo se recogen las secuencias de transición significativa, que son aquellas cuya puntuación Z superó el valor 1,96. Los cuadros están contruidos de manera que las funciones F1... F6 situadas en los inicios de fila representan el evento antecedente y las funciones F1... F6 situadas en las cabeceras de las columnas se corresponden con los eventos subsecuentes.

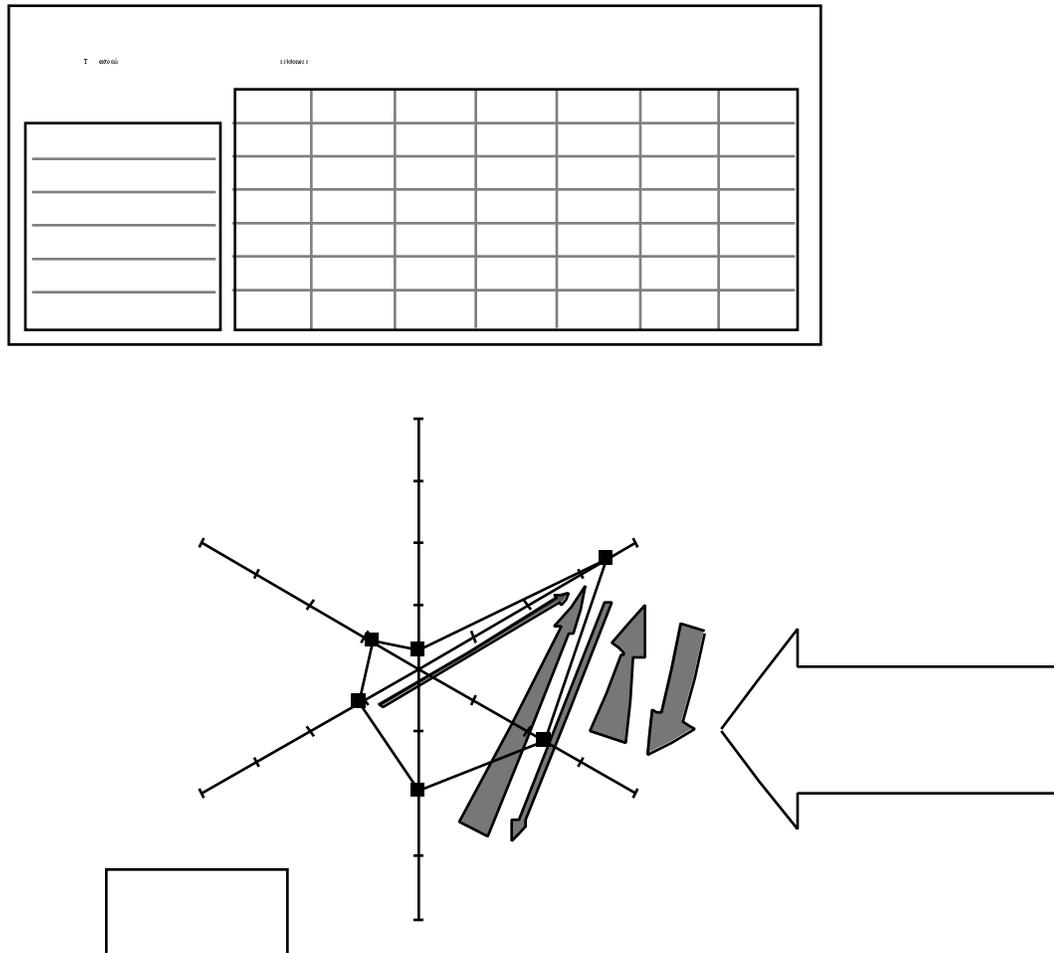
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

El resultado más llamativo es la gran diversidad encontrada en los modos de organizar los libros. Resalta la sencillez de la estructura de los libros de los años sesenta, núm. 4 y 8, como ya se indicó anteriormente. La secuencia más frecuente en estos documentos es la *descripción-definición* (F4 F2). En el libro núm. 8 también alcanza el nivel de significación la transición *aplicación-definición* (F3 F2). Esta transición, como se verá más adelante, es muy característica de los textos expositivos, ya que generalmente la *aplicación* consiste en ejemplos o ejercicios que cierran un apartado, de modo que la *aplicación-definición* (F3 F2) indica que comienza un nuevo apartado mediante la definición directa de un nuevo concepto.

Otro aspecto destacable es la ausencia casi absoluta de la transición *descripción-interpretación*. Parece lógico esperar que se describan situaciones mecánicas para ser interpretadas a través de los conceptos teóricos dando lugar a un proceso de modelización característico del aprendizaje de la mecánica (Lemeignan y Weil-Barais, 1994; Viennot, 1996). La transición *problematización-interpretación* (F6 F5) también está ausente a pesar de que podría jugar un papel similar a la *descripción-interpretación*, sólo que describiendo la situación planteada bajo el formato típico de los problemas abiertos, de modo que se incentivara la participación de los alumnos.

Solamente el libro núm. 10 presenta la transición *descripción-interpretación* (Z = 3,23) –el 29% de las

Figura 2
Transiciones características de un texto expositivo.



descripciones dan lugar a una interpretación. Coincide además que este texto, aunque en general distribuye homogéneamente sus ilustraciones tal y como se expuso en el apartado anterior, ilustra once de sus veintiocho interpretaciones, como se puede observar en la tabla V, lo que denota el interés de los autores por utilizar las imágenes para explicar la realidad mediante los conceptos teóricos y representarla con los signos que simbolizan los conceptos, es decir, una actividad de modelización.

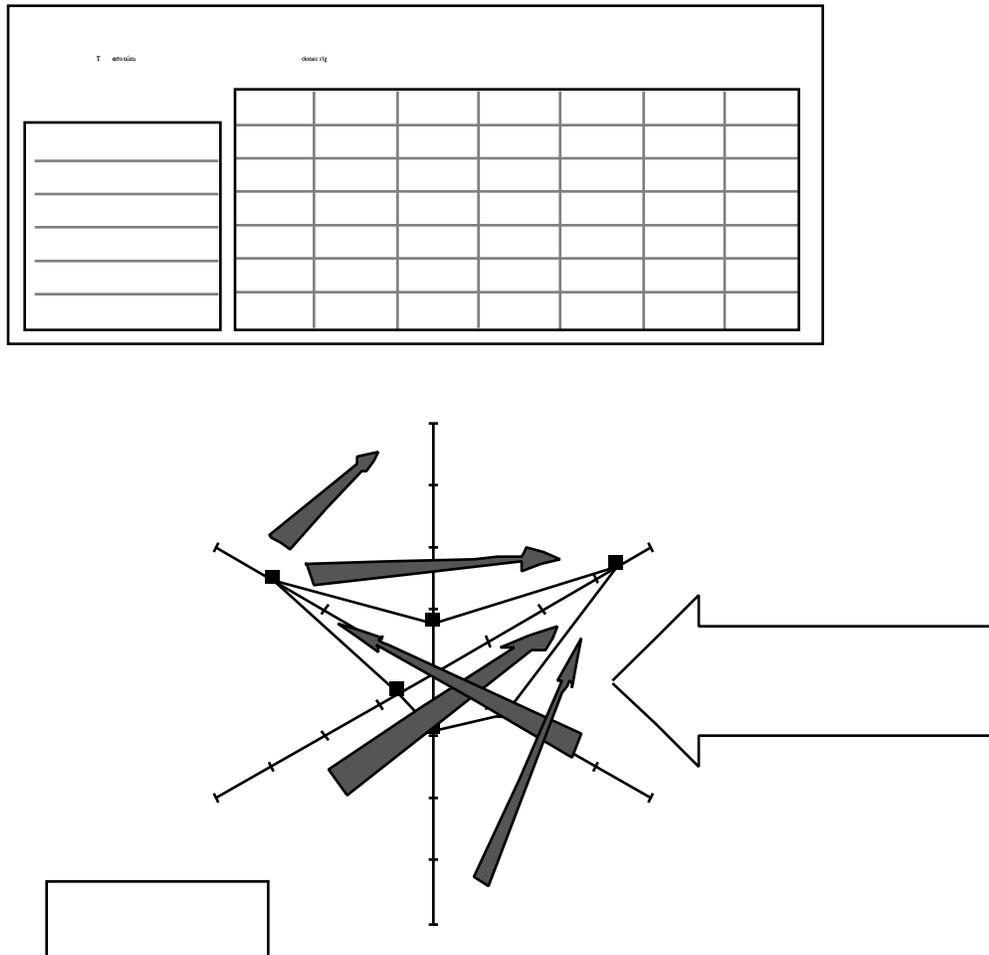
Considerando las transiciones más significativas, hemos encontrado un patrón característico que siguen los libros núm. 1, 5 y 9. En los tres casos las transiciones *aplicación-definición*, *definición-aplicación*, *descripción-definición* y *definición-descripción* aparecen resaltadas (en el libro núm. 5 también destaca la transición *interpretación-definición*, que señala el comienzo de una nueva temática mediante la definición directa de

nuevos conceptos). A dicho patrón lo hemos denominado *expositivo*, ya que la argumentación se sustenta sobre la definición de conceptos y su aplicación a situaciones ejemplares muy sencillas. La figura 2 recoge los resultados del libro núm. 1, representando las probabilidades de transición significativas y un diagrama en el que se superponen estas transiciones y los porcentajes de cada función. En él se observa cómo el discurso se construye mediante la definición directa de conceptos seguida de ejemplos sencillos o la descripción de situaciones nuevas como punto de partida para la definición.

En el libro núm. 10 se observan tres de las transiciones características del texto expositivo, aunque el uso de la *interpretación*, con apoyo gráfico, ya comentado anteriormente, lo diferencia del resto.

Si comparamos los libros núm. 5 y 6, realizados por los mismos autores con ocho años de diferencia y separados

Figura 3
Transiciones alternativas a los libros expositivos.



por la reforma de la educación secundaria, observamos una simplificación de la estructura. El núm. 6 (2º de BUP) dedica más atención al planteamiento de situaciones problemáticas y descripciones antes de la *definición* de conceptos. Por el contrario, en el núm. 5 (4º de ESO), el eje de la secuencia lo constituye la *definición* de conceptos, ya que todas las funciones muestran transiciones significativas hacia ella. Respecto a las ilustraciones, y como se puede ver en las tablas IV y V, el libro núm. 6 posee una distribución heterogénea en favor de la ilustración de las funciones *descripción* e *interpretación*, mientras que el núm. 5 distribuye homogéneamente sus imágenes.

¿Por qué este cambio en la estructura del libro? Pensamos que esta evolución hacia un mensaje más simple se encuentra en la percepción de los autores, y de la editorial, de que la educación secundaria obligatoria se dirige a un alumnado de menor capacidad y motivación. Esta

afirmación se apoya también en que este libro utiliza una gran cantidad de fotografías espectaculares destinadas a cautivar a unos lectores supuestamente poco predispuestos.

En oposición a los libros *expositivos* hemos encontrado otras estructuras en las que la definición de conceptos no se realiza de un modo directo o apodíctico.

Estructuras alternativas al libro expositivo

El libro núm. 2 construye su estructura sobre la *aplicación*, que viene precedida tanto por la definición de los conceptos como por el planteamiento de problemas. La evocación de situaciones familiares juega también un papel importante. Interesa resaltar que este libro se declara explícitamente como cuaderno guía, de modo que la actividad de los alumnos se organiza mediante la

inserción de espacios en blanco donde pueden situar sus respuestas a las cuestiones planteadas.

El texto núm. 3 hace, del planteamiento de situaciones problemáticas y de la interpretación, el eje de su organización. Como se puede observar en la figura 3, la definición nunca es el punto de arranque, sino la conclusión.

La *interpretación* desempeña un papel muy importante y la presentación de situaciones problemáticas se alterna con la *evocación* de situaciones familiares para introducir la definición de los conceptos. Como se expuso anteriormente, la distribución de las imágenes es homogénea y contribuye a la presentación de las situaciones problemáticas.

Finalmente, si observamos las probabilidades de transición significativas del libro núm. 7, encontramos también la transición *problematización definición*, pero no se trata de situaciones verdaderamente problemáticas sino de una secuencia que hemos denominado *pseudo-inductiva*, en la que las imágenes se combinan con el texto con la intención de convencer sin propiciar las condiciones para un aprendizaje verdaderamente significativo.

CONCLUSIONES

La primera conclusión a la que llegamos es la constatación de la creciente complejidad de los libros de texto, que no se limitan a presentar de una forma ordenada la información disciplinar oportuna, sino que aspiran a organizar el trabajo en el aula planteando preguntas a los alumnos y describiendo actividades o problemas que requieren la supervisión del profesorado. La transición experimentada en estos años podría resumirse en la transformación del libro «continente para el alumnado» en el libro «guión para el profesorado».

En segundo lugar, hemos encontrado que no existe un patrón único para dicho guión aunque sí observamos dos tendencias muy generales. Por una parte, estarían los libros de corte más tradicional y, por la otra, los libros influenciados por tendencias asociadas al proceso de reforma de la educación secundaria, como puedan ser el «constructivismo» y el movimiento de las concepciones alternativas de los alumnos.

Esta segmentación editorial reflejaría una hipotética segmentación del profesorado. Como anécdota clarificadora, podemos mencionar que una editorial ha distribuido recientemente en los centros de educación secundaria un proyecto en el que implícitamente se reconoce esta segmentación presentando en la misma carpeta publicitaria dos materiales diferentes para cada nivel: uno dirigido al segmento «tradicional» –denominado proyecto *Newton*– y otro, al segmento «innovador», con

el nombre *Interacción*. Recogemos aquí dos párrafos de la carpeta que son lo suficientemente explícitos:

El proyecto *Newton* «presenta abundantes contenidos tratados de un modo exhaustivo y pormenorizado. Introduce los conceptos de forma directa y precisa».

El proyecto *Interacción* «presenta los contenidos con un enfoque constructivista: parte de las concepciones previas de los alumnos y de situaciones concretas y experimentales para propiciar que desde ahí el alumno construya los conocimientos progresivamente».

Ciertamente no se pueden definir mejor los dos patrones mayoritarios que hemos encontrado con el análisis de las secuencias didácticas. Otra cosa es que los productos respondan a los propósitos anunciados en la etiqueta y en la debida proporción.

La anécdota viene a plantear la necesidad, al igual que se hace en la industria química, de poner a punto instrumentos de análisis que permitan a los docentes valorar objetivamente los materiales curriculares que se encuentran a su disposición. En este sentido sugerimos que el análisis secuencial puede suponer una contribución relevante.

Respecto a la función desempeñada por las ilustraciones en los textos estudiados, resaltamos la preferencia de los autores por describir mediante imágenes situaciones que sirvan de ejemplo de los conceptos definidos, plantear problemas y definir conceptos. Ahora bien, las diferencias entre unos y otros textos son muy significativas, por lo que resulta imposible realizar generalizaciones.

Por otra parte, hemos encontrado que no es posible poner en correspondencia los patrones didácticos subyacentes en los libros de texto con pautas coherentes con dichos patrones en la utilización de la ilustración. Coincide esta constatación con algunos testimonios personales de diversos autores de libros que se quejan de una división del trabajo existente en las editoriales que les dificulta el control sobre el conjunto de su obra.

Los patrones didácticos encontrados en la muestra de libros analizados indican que en la actualidad se están produciendo cambios significativos en la estructura de los libros de texto que requieren la puesta a punto de nuevos medios de análisis. Respecto a este proceso de renovación de los libros de texto, parece oportuno que se mejore la coordinación entre los autores de los contenidos y los ilustradores.

Finalmente, respecto al procedimiento de análisis empleado, pensamos que representa una novedad en el campo del análisis de materiales curriculares, ya que los principios en los que se sustenta son sencillos y proporciona parámetros objetivos que permiten describir y comparar entre sí aspectos relevantes de la creciente producción de libros de texto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMBIQUE (1997). *Monográfico: Libros de texto*, 11. Barcelona: Editorial Graó.
- BACHELARD, G. (1948). *La formación del espíritu científico*. Buenos Aires: Argos.
- BAKEMAN, R. y GOTTMAN, J.M. (1989). *Observación de la interacción: introducción al análisis secuencial*. Madrid: Editorial Morata.
- DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ, M.P. (1996). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, pp. 7-14.
- 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(1), pp. 65-83.
- FLEIS, J.L. y COHEN, J. (1969). Large sample standard errors of Kappa and weighted Kappa. *Psychological Bulletin*, 72(5), pp. 323-327.
- IZQUIERDO, M. y RIVERA, L. (1997). La estructura y la comprensión de los textos de ciencias. *Alambique*, 11, pp. 24-33.
- JIMÉNEZ, J.D. (1998). «Los medios de representación gráfica en la enseñanza de la física y la química». Granada. Tesis doctoral inédita.
- JIMÉNEZ, J.D. y LÓPEZ, A. (1996). Los medios de representación gráfica en la modelización en ciencias físicas. El caso del vector fuerza. *Alambique*, 8, pp. 107-114.
- JIMÉNEZ, J.D. y PERALES, F.J. (1997). Propuesta taxonómica para un análisis de las ilustraciones en los textos de física y química, en Jiménez, R. y Wamba, A.M. (eds.). *Avances en la didáctica de las ciencias experimentales*. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad.
- JIMÉNEZ, J.D., HOCES, R. y PERALES, F.J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos en los libros de texto. *Alambique*, 11, pp. 75-86.
- LEMEIGNAN, G. y WEIL-BARAIS, A. (1993). *Construire des concepts en Physique*. París: Hachette Education.
- MOODY, D.E. (1996). Evolution and the textbook structure of Biology. *Science Education*, 80(4), pp. 395-418.
- OGBORN, J. (1996). *Science Education and semiotics: Collaborative work on explanation, imagery and rhetoric*. Conferencia de la Summerschool de ESERA. Barcelona.
- 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(1), pp. 17-22.
- PARCERISA, A. (1996). *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Graó. Biblioteca de Aula.
- PERALES, F.J. (1987). Análisis de contenidos en óptica geométrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), pp. 211-219.
- PERALES, F.J. (1995). Los trabajos prácticos de óptica geométrica en libros de texto de EGB. *Alambique*, 6, pp. 119-123.
- PERALES, F.J. y JIMÉNEZ, J.D. *El uso de las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*. (En prensa)
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea.
- TONUCCI, F. (1985). El rechazo del libro de texto. *Cuadernos de Pedagogía*, 122, pp. 7-10.
- VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en Physique. La part du sens commun*. Bruselas: De Boeck Université.

[Artículo recibido en diciembre de 1999 y aceptado en junio de 2000.]