

LAS IMÁGENES DE DIGESTIÓN Y EXCRECIÓN EN LOS TEXTOS DE PRIMARIA*

PÉREZ DE EULATE, LOURDES, LLORENTE, ENRIQUE y ANDRIEU, AMAYA
Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de Álava. Juan Ibáñez de Santo Domingo, 1.
01006 Vitoria-Gasteiz.

SUMMARY

In this study we compare seven textbooks of Natural Science in four levels of elementary school. We make an analysis of digestion and excretion illustrations (pictures and labels). There is evidence that pictures have problems which can bias the understanding of those topics. Some implications for using pictures in school science have also been shown.

INTRODUCCIÓN

Uno de los rasgos más destacados en los libros de texto de educación primaria es la gran cantidad de imágenes en color presentes en casi todas sus páginas, pero esta abundancia se contradice con la escasa atención que se les dedica en el aula. En general, se atribuye a las imágenes vagas funciones motivadoras y, cuando se usan para presentar contenidos, se sigue considerando el texto escrito como el principal vehículo de transmisión conceptual, mientras la imagen se valora como un mero acompañante.

Sin embargo, las imágenes son imprescindibles para transmitir información sobre una realidad cuya apariencia visual puede resultar inaccesible o confusa para el profano si la observa directamente. Cuando queremos comprender una realidad desconocida y visualmente «densa», debemos discriminar partes de la información e identificar la que es relevante. Todo ello exige poner en juego determinadas destrezas de observación. Si no se poseen dichas destrezas, las imágenes pueden llegar a

sustituir visualmente, mediante el uso de ciertas estrategias gráficas, la clase de destreza mental necesaria para aprender un determinado contenido y que el sujeto debería poseer y ser capaz de aplicar a una tarea dada (Salomon, 1979). Por su parte, la imagen exige a su vez una correcta interpretación, influida por sus propias características visuales, para la cual también se requieren determinadas destrezas. No debemos olvidar que, cuando los estudiantes se enfrentan a la información suministrada por las ilustraciones del libro de texto, lo hacen desde su propia experiencia.

A nuestro entender, es necesario que el profesorado tome conciencia del papel de las imágenes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ello, con esta investigación se pretende proporcionar al profesorado información sobre algunos de los problemas de las imágenes de digestión y excreción y contribuir a la comprensión del papel de las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de estos conceptos biológicos en primaria.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Algunas investigaciones anteriores

Los antecedentes que hemos podido hallar sobre investigaciones de las imágenes en ciencias experimentales tratan temas como: las destrezas espaciales necesarias para la comprensión de rotaciones sobre los tres ejes cartesianos (Seddon y Moore, 1986), el efecto de diferentes grados de integración de imágenes y texto escrito en la comprensión de textos científicos que explican relaciones causales (Mayer et al., 1995), las relaciones entre imágenes y actividades en el aprendizaje escolar de las ciencias (Barlex y Carré, 1985; Mottet, 1996), los problemas sobre la visualización de imágenes tridimensionales en química (Tuckey y Mailoo, 1993) y la relación entre las imágenes de los libros de texto y las ideas del alumnado sobre los átomos (García Rodríguez, 1990).

Dentro de la relativa escasez de aportaciones en torno al uso de imágenes en la enseñanza-aprendizaje de la biología, podemos citar: la revisión de Reid (1990a y 1990b) y los estudios sobre comprensión de los dibujos en sección (Constable, Campbell y Brown, 1988; Macnab y Johnstone, 1990), los problemas involucrados en la comprensión de imágenes tridimensionales (Russell-Gebbett, 1985), las habilidades de abstracción de información relevante de imágenes sobre un fondo denso (Macnab, et al., 1991), los problemas ligados a las destrezas de observación e interpretación de imágenes en microscopía óptica (Díaz de Bustamante y Jiménez Aleixandre, 1996), la interacción entre ilustraciones y diferentes capacidades de aprendizaje científico en el alumnado (Reid y Beveridge, 1986 y 1990), la utilización de esquemas gráficos en la enseñanza-aprendizaje de la fecundación (Gouanelle y Schneeberger, 1996), la eficacia de las imágenes en la divulgación de las teorías inmunológicas (Jacobi, 1990) y las diversas investigaciones que, de alguna forma, relacionan las imágenes con determinados errores conceptuales (Cho, 1985; Rumelhard, 1986; Roncin, 1987; Blyston, 1987b; Sauvageot-Skibine, 1991; Clément, 1991; Odom, 1993).

Como muestran muchas de estas investigaciones, el estudio de los problemas en el aprendizaje a partir de imágenes debe abordarse desde un complejo modelo multidimensional e interactivo entre las imágenes, el texto escrito, el alumnado, las tareas y el contexto en el que se realicen. De todas las dimensiones presentes en dicho modelo, en nuestro trabajo hemos destacado aquellas que se refieren, por una parte, a las variables del estímulo: algunas cualidades de la imagen y el texto escrito y sus interrelaciones; por otra, a las variables personales, entre las que destacamos las concepciones del alumnado sobre los temas objeto de estudio.

Los conceptos de *digestión* y *excreción*

Delimitamos los conceptos de *digestión* y *excreción* a los conocimientos de la anatomía macroscópica y de la fisiología humana de estos aparatos. Aunque la diges-

tión en sentido estricto es la transformación de los alimentos en sustancias asimilables, también incluimos el concepto de *asimilación* o *absorción*, es decir, el paso de sustancias asimilables a través de la pared intestinal. Por otra parte, a pesar de que la eliminación de desechos metabólicos requiere más vías de excreción que el aparato excretor renal (también denominado *aparato urinario*), entendemos que este aparato es el más importante en la función excretora, por lo que nos referiremos tanto a su estructura como al proceso de formación de orina.

Características de las imágenes

Las imágenes de los libros de texto poseen distintas características y pueden transmitir diferentes tipos de información y realizar diversas funciones. En nuestro caso, nos centraremos en las imágenes que consideramos que cumplen funciones cognitivas (Levie y Lentz, 1982; Reid, 1990a), es decir, aquellas imágenes que pretenden facilitar el aprendizaje de datos y conceptos mejorando la retención y la comprensión de los mismos.

En esta investigación hemos tenido en cuenta las siguientes características:

- El grado de iconicidad (Moles, 1972), es decir, el grado de semejanza visual entre la imagen y el objeto que representa.
- La ubicación espacial de los objetos identificada a partir de las tres dimensiones. Cuando se superponen varios objetos, surgen problemas para discriminarlos (Arnheim, 1979).
- La orientación de las formas en el espacio cobra importancia cuando miramos la imagen de un objeto poco conocido que estamos acostumbrados a ver con una determinada orientación.
- El color puede emplearse para representar el objeto de modo más o menos realista (aspecto vinculado, por tanto, al grado de iconicidad), para discriminar las distintas partes de una imagen o para subrayar visualmente la información relevante con objeto de captar y dirigir la atención del alumnado.
- Los detalles ampliados permiten mostrar simultáneamente el detalle de una parte del objeto considerada importante y el contexto en el que se encuentra dicha parte.
- Las secciones gráficas nos permiten observar de modo simultáneo el interior y el exterior del objeto representado, aportando así información que de otro modo quedaría oculta.
- La secuencia de imágenes sirve para ordenar de forma sucesiva la información visual sobre procesos.
- Los grafismos son útiles para mostrar informaciones que no pueden presentarse directamente mediante imágenes. Es el caso de las flechas usadas para indicar la

dirección de procesos o de las líneas cinéticas que, importadas del cómic, representan el movimiento de los objetos.

Imágenes, rótulos y texto

Aunque en nuestro estudio prestemos mucha menor atención al texto escrito, hemos tenido en cuenta las relaciones entre éste y las imágenes. En las interacciones entre texto e imagen hay que preguntarse por la importancia que adquiere cada factor en la presentación de información. Pueden darse tres situaciones: que el texto sea el vehículo principal de la información, que lo sea la imagen, o bien que se dé una complementariedad más equilibrada entre texto e imagen.

Respecto a la relación entre texto e imagen en la página, la combinación más utilizada en los libros de texto consiste en poner las imágenes en relación directa con el contenido del texto escrito, siendo citadas en él y dependiendo de éste para su comprensión, con lo que la imagen cumple el papel de mera ilustración siendo el texto escrito el que aporta el contenido total de la información. En el otro extremo de la relación verboicónica, podemos descubrir imágenes que contienen mayor cantidad de información, y también distinta, que la transmitida a través del texto escrito. Ambos tipos de articulación verboicónica están determinados por dos problemas relacionados con la información que transmiten: el primero es que, en ocasiones, las imágenes representan algunos elementos ya tratados en el texto escrito y, el segundo, es que pueden proporcionar información adicional no presente en el texto. Uno de los valores fundamentales de la imagen que acompaña al texto escrito estriba en su capacidad para transmitir una información que sería más difícil de entender si fuera explicada de otro modo e incluso que no puede presentarse de ninguna otra forma.

Por otra parte, no podemos olvidar que la interacción entre el texto explicativo y las imágenes no sólo depende de su proximidad en la página sino que también se produce por la presencia de anotaciones verbales (rótulos). Las investigaciones indican que los efectos positivos de la integración texto-imagen en la comprensión de conceptos científicos dependen, más que de la proximidad espacial entre dichos factores, de la incorporación de anotaciones en las ilustraciones (Mayer et al., 1995).

Los rótulos constituyen un nexo fundamental, ya que participan del contenido presentado por el texto –por ser de naturaleza verbal– pero, al mismo tiempo, pertenecen al ámbito de la imagen por encontrarse dentro del espacio de la ilustración. Pueden servir, por ejemplo, para seleccionar información relevante presente en el texto o en la imagen, para poner de manifiesto la relación causa-efecto en la información sobre un proceso o para establecer relaciones entre distintas partes de una imagen.

Para medir la cantidad de información verboicónica nos hemos basado en estudios lexicométricos relativos al vocabulario de la biología (Alcoba et al., 1993), que

parten de considerar el vocabulario como elemento fundamental de cualquier metodología de enseñanza. Así, se han analizado el contenido conceptual de los textos escritos, los rótulos y las imágenes, y se han registrado los verbos (vocabulario biológico que representa los movimientos y las actividades, relacionado con la fisiología) y los sustantivos (componentes estáticos del campo conceptual que representan los sujetos y objetos de las actividades, propios de la anatomía) de carácter científico.

Esta técnica cuantitativa nos permite dar respuesta a preguntas como: ¿qué conceptos científicos son compartidos por el texto, los rótulos y las imágenes?; ¿existe alguna diferencia en el tratamiento de la anatomía (parte estática) y la fisiología (dinámica)?; ¿cuál es la situación en los diferentes niveles de primaria?

Concepciones del alumnado e imágenes de los libros de texto

Ciertos estudios han mostrado que los libros de texto pueden ser transmisores de errores en ciencias experimentales y algunas veces han resaltado el papel de las imágenes en este proceso. En biología podemos citar los siguientes casos: las ilustraciones de células y su influencia en una concepción plana de las mismas por parte del alumnado (Manuel y Grau, 1996); los diagramas que representan la microestructura del músculo esquelético pueden llevar a una incorrecta comprensión de los mecanismos fisiológicos (Blystone, 1987b); las representaciones de la meiosis pueden ser el origen de errores en conceptos básicos de genética (Cho, 1985); las imágenes de genes como «collar de perlas» inducen a una idea de separación e independencia en el trabajo de los genes (Rumelhard, 1986); los esquemas tradicionales del corazón y de la circulación humana provocan ideas falsas sobre la naturaleza de la sangre venosa y arterial (Roncin, 1987; Yus Ramos, 1996).

En lo referente a los conceptos de *digestión* y *excreción*, las investigaciones apuntan a que las imágenes de los libros de texto pueden fortalecer ideas ya existentes que tienen otro origen. Sauvageot-Skibine (1991) subraya que las imágenes de tijeras como representación de la acción de las enzimas refuerzan la concepción mecanicista de la digestión. Clement (1991) concluye que la concepción del alumnado sobre un *tubo continuo digestión-excreción* viene de un aprendizaje por transferencia analógica, que no es cuestionado por las imágenes anatómicas de los libros de texto. Asimismo, se han detectado ausencias significativas como las imágenes del hígado y del páncreas (Banet y Núñez, 1988) y otras que pongan de manifiesto las conexiones de los procesos que intervienen en la nutrición humana (Pérez de Eulate, 1992, 1995; Núñez y Banet, 1996).

En resumen, las imágenes de los libros de texto pueden ser fuente de errores instruccionales o reforzar ideas alternativas en lugar de ayudar a reestructurarlas o cambiarlas. Sin duda, toda estrategia que pretenda superar las dificultades y obstáculos en la construcción del

conocimiento escolar tendría que actuar sobre y con las imágenes.

PROBLEMAS Y METODOLOGÍA

Problemas de la investigación

En el presente trabajo se plantean los siguientes problemas:

- 1) ¿Qué características tienen las imágenes de algunos libros de texto de primaria en el apartado dedicado a la estructuración de los conceptos de *digestión* y *excreción*?
- 2) ¿Qué relación existe entre las imágenes y el texto escrito respecto a los conceptos científicos?
- 3) ¿Qué problemas científicos se detectan en las imágenes usadas para presentar los conceptos de *digestión* y *excreción*?

Muestra

Una vez identificadas las 6 editoriales (4 en castellano y 2 en vasco) de más amplia difusión en centros educativos de Vitoria, se examinaron todos los libros de texto y se comprobó que el estudio de los aparatos digestivo y excretor se introduce por primera vez en 3º de educación primaria y, por última, en 6º, aunque la mayoría de las editoriales lo trata en 4º y 5º. El análisis se ha realizado con 8 libros de texto.

En los nuevos libros de texto de primaria basados en la reforma, el enfoque constructivista se puede reconocer en que la unidad didáctica se presenta como una secuencia compuesta por distintas fases: inicio, estructuración y revisión. Dado que la mayor parte del contenido informativo está en la zona de estructuración, hemos

analizado 44 de las 82 imágenes presentes en las 30 páginas de dicha zona (Tabla I), así como el texto escrito explicativo y los rótulos relacionados con dichas imágenes. En las mismas páginas aparecen también 38 imágenes que no hemos estudiado en el presente trabajo: de ellas, 15 se refieren a conceptos como *dentadura*, *piel*, etc.; las 23 imágenes restantes son de tipo contextual y motivador.

Método

Hemos elaborado los siguientes instrumentos de análisis:

– Para recoger datos sobre las imágenes se elaboró una tabla descriptiva en la que se contemplan los siguientes aspectos: técnica de producción, grado de iconicidad, ubicación espacial, orientación, color, detalles ampliados, secciones, secuencia de imágenes y grafismos.

– Para el análisis de las relaciones entre imagen y texto se han seguido los siguientes pasos:

a) Registrar el vocabulario científico del texto escrito y los rótulos (los sustantivos y verbos) o sus representaciones en las imágenes (objetos y acciones).

b) Clasificar la información en tres tipos: imágenes, rótulos y texto escrito explicativo.

c) Agrupar la información en dos áreas: anatomía y fisiología.

– Para analizar las imágenes como posible fuente de errores hemos diferenciado tres categorías de problemas dependiendo de que en las imágenes aparezcan:

- a) errores anatómicos y fisiológicos;
- b) ausencia de información relevante;
- c) ambigüedades y deficiencias gráficas.

Tabla I
Las imágenes analizadas.

	Edel. 3º	Sant. 4º	SM 4º	Anaya 4º	Elkar 5º	Erein 5º	Anaya 5º	SM 6º	TOTAL
Anatomía de la digestión	1	2	1	2	5	1	6	1	19
Fisiología de la digestión	2	0	0	3	2	0	3	1	11
Total del aparato digestivo	2	2	1	5	7	1	9	2	30
– Anatomía de la excreción	1	0	0	2	2	2	5	1	13
– Fisiología de la excreción	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total del aparato excretor	1	0	0	2	2	2	5	1	14
Total de imágenes	3	2	1	7	9	3	14	3	44

Todos estos protocolos fueron aplicados separadamente por los miembros del equipo investigador y posteriormente se contrastaron los análisis realizados y se sintetizaron los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Características de las imágenes

– Cabe señalar la presencia de un alto grado de iconicidad (Fig. 1); es decir, frente a representaciones más esquemáticas (Fig. 5) se ha optado por un mayor nivel de realismo, centrado sobre todo en el aspecto exterior de los órganos, en lugar de intentar mostrar otros rasgos anatómicos y fisiológicos (conexiones entre órganos, procesos, etc.) más relevantes (Tabla II).

– La mayoría de los problemas de ubicación de órganos se presentan respecto al plano anteroposterior, donde se da una mayor ambigüedad debido a la dificultad de identificar las relaciones de profundidad entre los distintos órganos o entre sus partes. Por ejemplo, no se perciben los cambios de plano que experimenta el colon al

cambiar de dirección y, en muchos casos, parece que el tramo final del colon descendente se sitúa en el mismo plano o delante del intestino delgado (Figs. 1 y 4). A veces también es difícil identificar un aparato cuando se sitúa sobre una silueta que presenta detalles innecesarios o bien algún órgano que se encuentra «delante» de otro y del que no se distingue con suficiente claridad. La mayoría de las imágenes presenta un punto de vista frontal, lo que dificulta la identificación de órganos parcialmente solapados.

– El empleo de colores poco contrastados en la mayoría de los casos dificulta la percepción diferenciada de los órganos, ya que genera una excesiva continuidad entre ellos. Aunque el contraste de colores constituye un recurso gráfico eficaz para diferenciar partes significativas de una imagen, prácticamente no se utiliza. Tampoco se emplea para dirigir la atención hacia las partes más relevantes.

– Dos recursos básicos como los detalles ampliados y las secciones sólo aparecen en una y dos editoriales respectivamente. El empleo simultáneo de ambos recursos en la misma imagen puede incrementar la dificultad de interpretar correctamente los dibujos en sección (Constable et al., 1988). Además, en dos ocasiones nos

Tabla II
Características de las imágenes.

Grado de iconicidad	<ul style="list-style-type: none"> – Todos son dibujos sombreados con líneas de contorno para definir las formas excepto: <ul style="list-style-type: none"> – cuatro fotografías – un dibujo con colores planos – un dibujo esquemático
Ubicación espacial	<ul style="list-style-type: none"> – Contexto de una silueta parcial de cabeza y tronco – Ambigüedades respecto al plano anteroposterior
Orientación espacial	<ul style="list-style-type: none"> – Tres incorrecciones: una inversión de izquierda a derecha del estómago y dos detalles ampliados con distinta orientación que el fragmento de imagen que amplía.
Color	<ul style="list-style-type: none"> – Todas las imágenes son en color – Colores semejantes a los del objeto representado – En un caso se usa para diferenciar órganos
Detalles ampliados	<ul style="list-style-type: none"> – El 19% del total de imágenes – Utilización en una editorial
Secciones	<ul style="list-style-type: none"> – En el 87% de las imágenes de órganos aislados – Usadas por dos editoriales – En algunas ocasiones se combinan con detalles ampliados en la misma imagen
Secuencia de imágenes	<ul style="list-style-type: none"> – En dos ocasiones
Grafismos	<ul style="list-style-type: none"> – Flechas: en el 50% de las imágenes de fisiología de la digestión – Líneas cinéticas: un caso que sugiere los movimientos peristálticos

Figura 1
Conocimiento del Medio 5. País Vasco. Madrid, Anaya, 1994. Pág. 40.

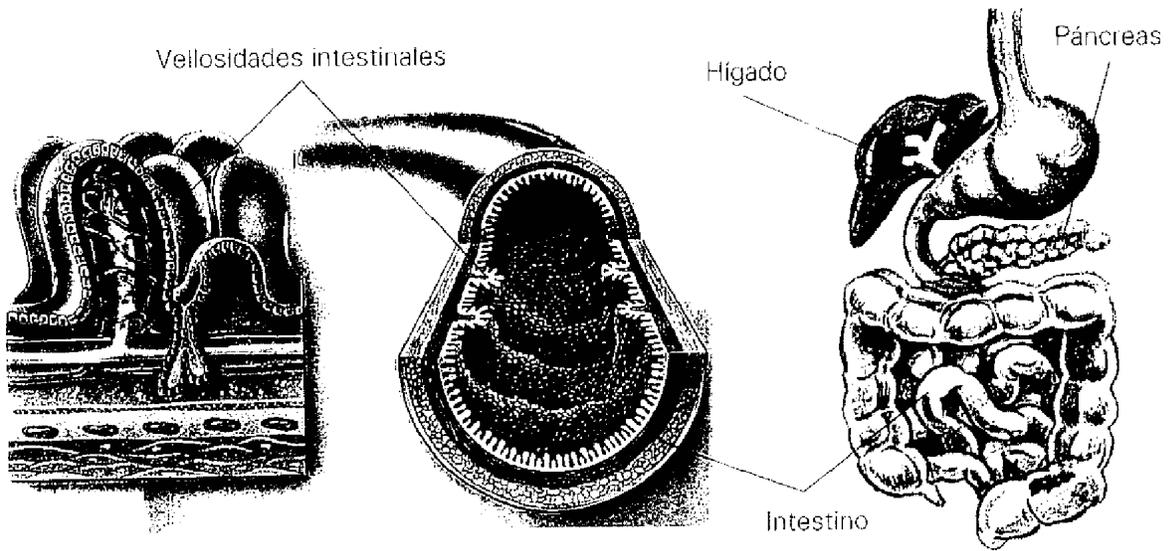


Figura 2
5 Ingurunea. Donostia, Elkar, 1994. Pág. 73.

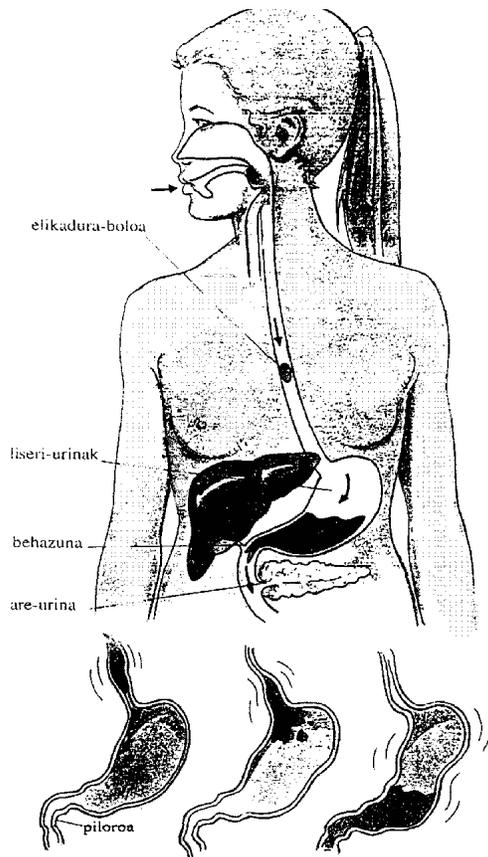


Figura 3
Conocimiento del Medio 3. Madrid, Edelvives, 1994. Pág. 28.

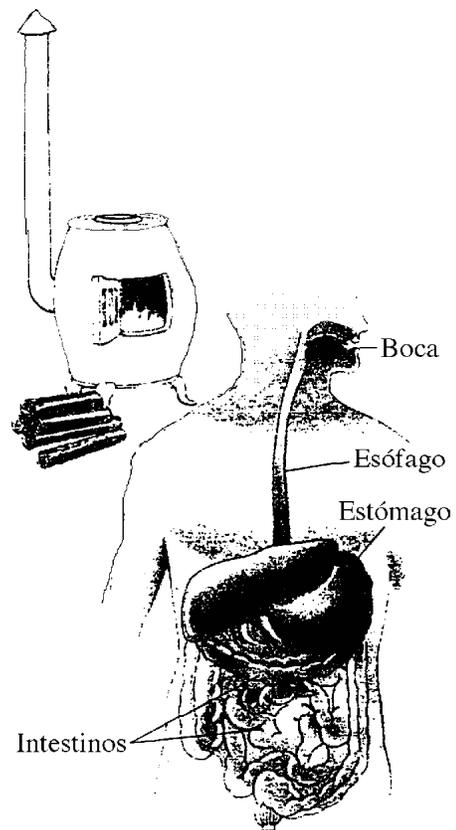


Figura 4
 Conocimiento del Medio 4. País Vasco. Madrid, Anaya, 1993.
 Pág. 61.

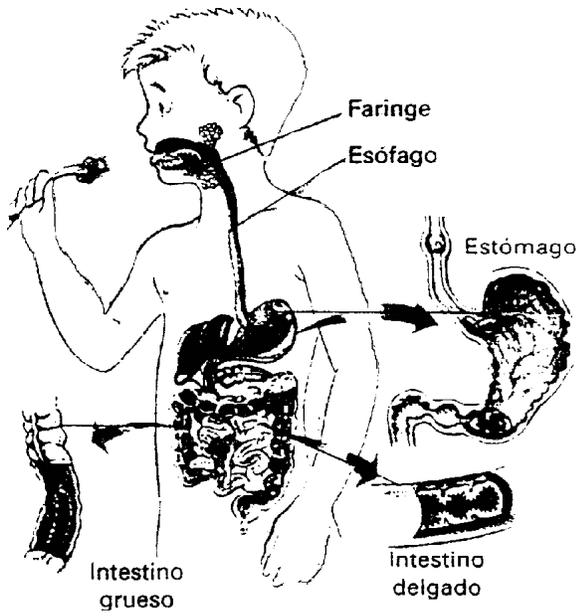


Figura 6
 Conocimiento del Medio 4. País Vasco. Madrid, S.M., 1993.
 Pág. 144.

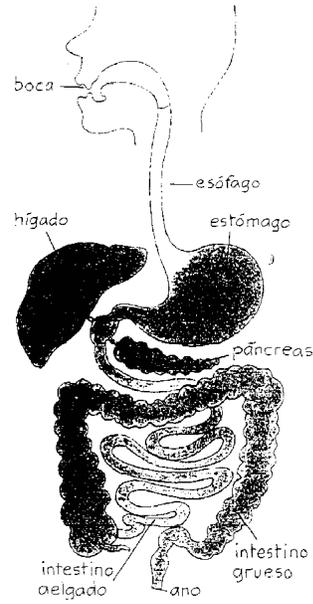


Figura 5
 Conocimiento del Medio 6. País Vasco.
 Madrid, S.M., 1995. Pág. 88.

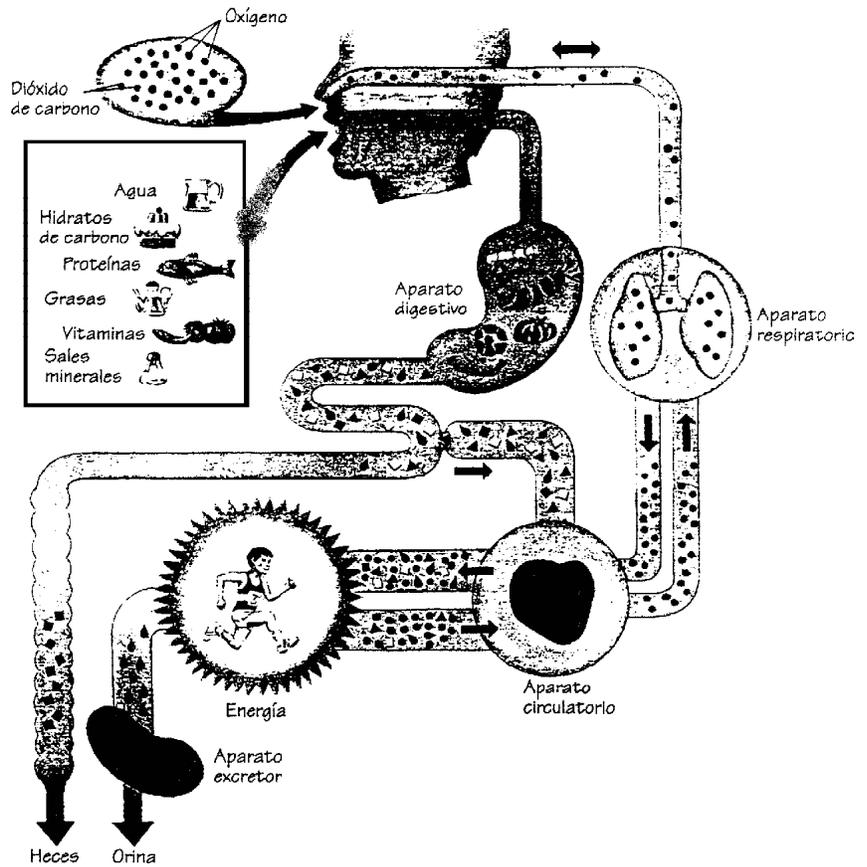
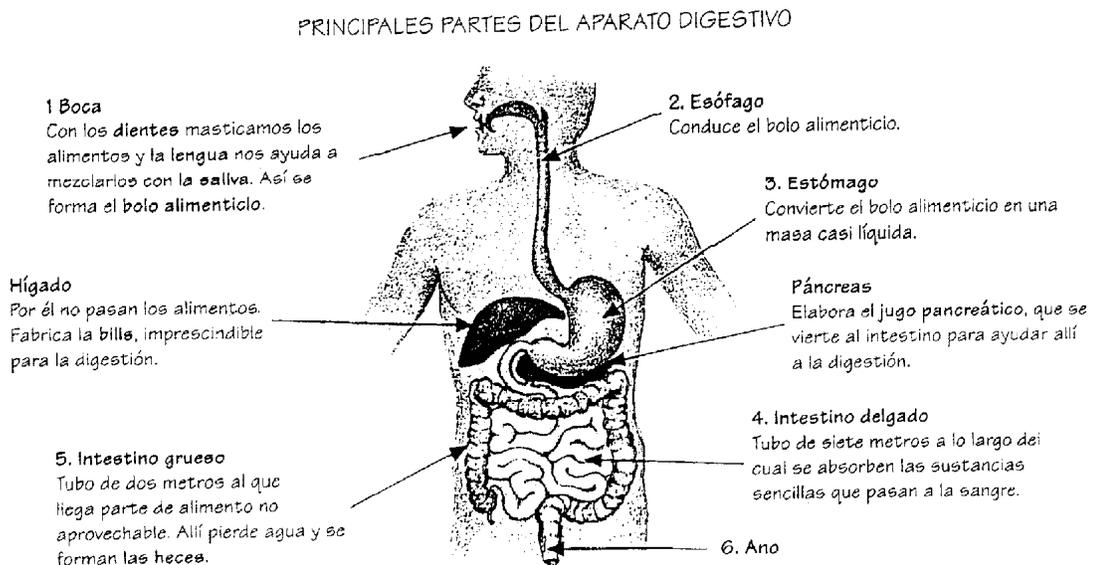


Figura 7
 Conocimiento del Medio 6. País Vasco, Madrid, S.M., 1995. Pág. 87.



encontramos con que el detalle ampliado tiene distinta orientación que el fragmento de imagen seleccionado, con lo que el alumnado debe realizar una rotación mental si quiere comprender qué parte está siendo mostrada a mayor escala (Tabla II y Fig.1).

– A pesar de la utilidad de la secuencia de imágenes para mostrar procesos y, por tanto, para representar información fisiológica, sólo se ha empleado en dos ocasiones.

– Se usan las flechas para indicar la dirección de procesos y, en una ocasión, líneas cinéticas para mostrar los movimientos peristálticos del estómago.

Relaciones entre las imágenes, los rótulos y el texto

– *Elevada presencia de imágenes.*

La importancia de las imágenes en los libros objeto de estudio se pone de manifiesto cuando observamos que están presentes en todas las páginas analizadas. Concretamente, en las 30 páginas seleccionadas, hemos contabilizado 82 imágenes, lo que da una media de 2,7 imágenes por página.

Si además observamos el porcentaje de la página ocupado por las imágenes, podremos afirmar que se trata de libros ilustrados con profusión, en donde las imágenes ocupan una gran parte de la superficie de la página. Podemos destacar que un 40% de las páginas (Gráfico 1) presenta más de la mitad de su superficie ocupada por

imágenes (entre un 51% y un 75%) y el 53,3% contiene imágenes que ocupan entre un 26% y un 50% de la superficie.

– *Escasa presencia de rótulos.*

La presencia de rótulos es muy escasa en anatomía; en fisiología es casi inexistente. Teniendo en cuenta que los rótulos sirven para nombrar las partes relevantes de las imágenes, es significativa su poca frecuencia en anatomía de la digestión –y, en menor medida, en anatomía de la excreción–, donde los rótulos no llegan a identificar la mayor parte de los conceptos mostrados en las imágenes (Gráficos 2 y 3 y tablas III y IV). Todo esto puede indicar una excesiva cantidad de información icónica frente a un uso infrecuente de los rótulos como recurso explicativo y facilitador del aprendizaje memorístico de datos.

– *Mayor cantidad de información anatómica que fisiológica.*

Como muestran los gráficos 2 y 3, hay más información anatómica que fisiológica; la primera es preferentemente icónica y la segunda, casi exclusivamente escrita, especialmente en la excreción. Esto puede dar una idea de la importancia que tienen las imágenes en el aprendizaje de la anatomía y del papel secundario que desempeñan en la explicación de aspectos funcionales; por ejemplo, no se utilizan para visualizar relaciones causa-efecto, como la secreción de jugos y su correspondiente acción digestiva.

Gráfico 1
Porcentaje de páginas y de superficie ocupada por las imágenes.

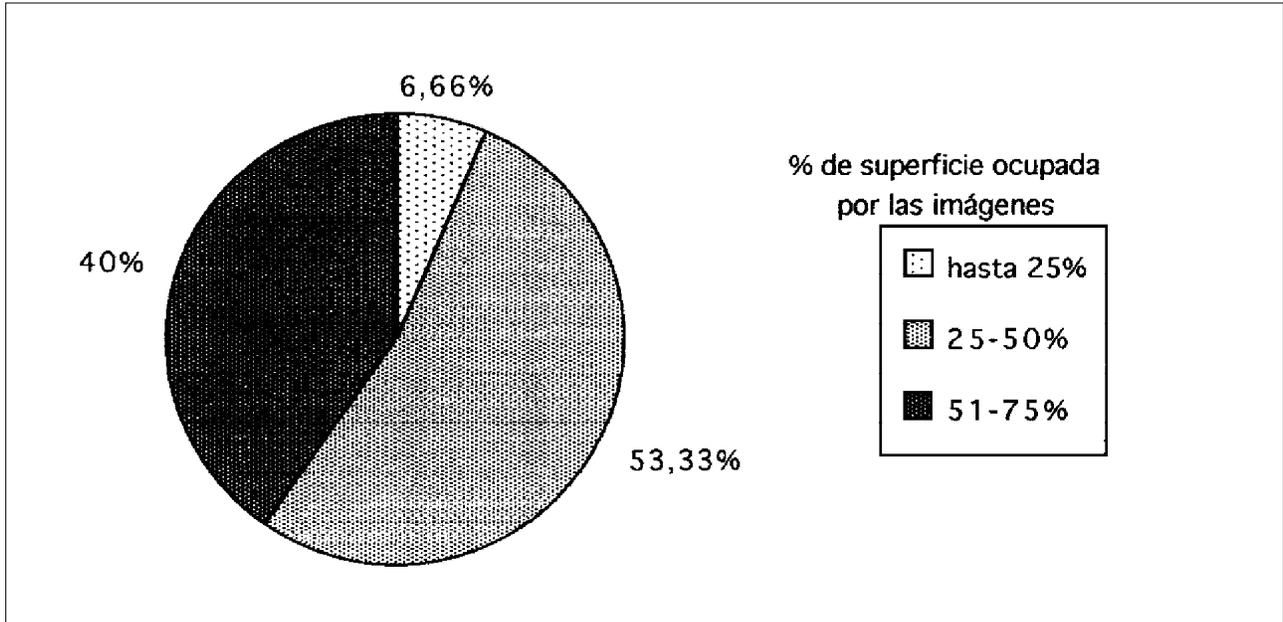


Gráfico 2
Digestión: Información icónica y verbal por niveles.

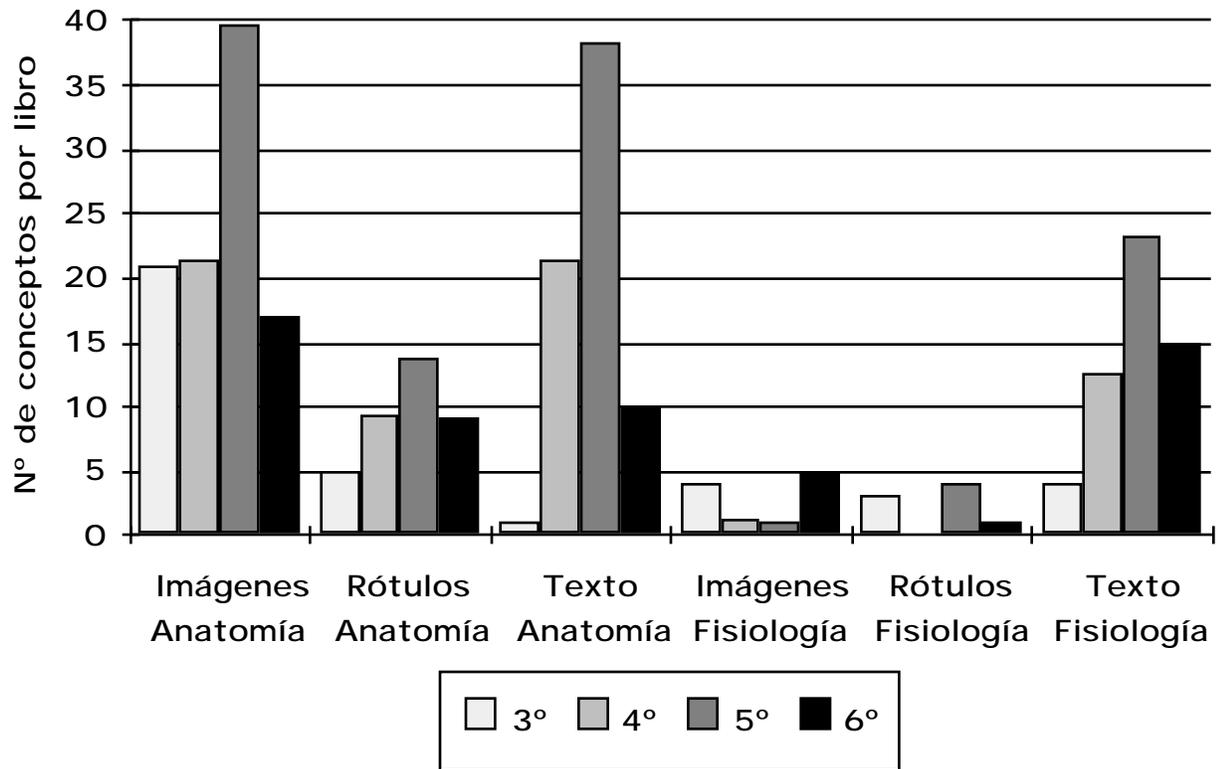


Tabla III
Información sobre la digestión.

Anatomía de la digestión			
	Imágenes	Rótulos	Texto
Boca	18	5	22
Dientes	7	1	10
Lengua	7	2	9
Esófago	20	11	13
Estómago	23	12	33
Hígado	15	7	9
Páncreas	14	7	8
Vesícula	7	2	5
Vasos	3	1	11
Intestinos	19	6	11
Intestino delgado	22	8	20
Intestino grueso	17	8	15
Ano	26	6	9
Vellosidades	3	2	4
Faringe	13	5	6
Glándulas	7	0	5
TOTAL	221	83	190
Fisiología de la digestión			
	Imágenes	Rótulos	Texto
Insalivar	0	1	12
Bolo	6	4	8
Masticar	2	1	13
Jugo gástrico	0	2	10
Bilis y jugo pancreático	0	3	14
Absorción	1	1	20
Heces	3	2	11
Transforma en estómago	0	0	9
Transformar en i. delgado	1	1	11
Absorción agua i. grueso	0	1	6
Transforma a. digestivo	3	0	13
TOTAL	16	16	127

– El nivel científico sobre la fisiología es mayor en el texto escrito que en las imágenes.

El análisis parece indicar la existencia en fisiología de una mayor complejidad conceptual en el texto escrito que en las imágenes. Por ejemplo, en la digestión es bastante significativo que se explique la absorción en el texto escrito pero apenas aparecen los vasos sanguíneos en imágenes y rótulos (Tabla III). Lo mismo sucede con los capilares en la excreción (Tabla IV).

Núñez y Banet (1996) han detectado en el alumnado la existencia de modelos conceptuales sobre la digestión y la excreción que tienen diferentes grados de complejidad; por su parte, Reid (1990) apunta que el alumnado con dificultades de aprendizaje en ciencias consulta las imágenes más veces que el texto escrito. Si, como hemos visto, las imágenes de fisiología proporcionan informa-

Tabla IV
Información sobre excreción.

Anatomía de la excreción			
	Imágenes	Rótulos	Texto
Venas	9	5	3
Arterias	9	5	4
Capilares	2	1	4
Riñones	14	10	28
Uréteres	13	7	8
Vejiga	9	6	16
Uretra	9	6	11
TOTAL	65	40	74
Fisiología de la excreción			
	Imágenes	Rótulos	Texto
Sangre	0	0	19
Filtrar	1	0	17
Reabsorber	0	0	1
Almacenar	0	0	7
Expulsar	0	0	9
Orina	0	1	23
TOTAL	1	1	76

ción escasa o inadecuada, esto podría provocar un menor aprendizaje en el alumnado con dificultades.

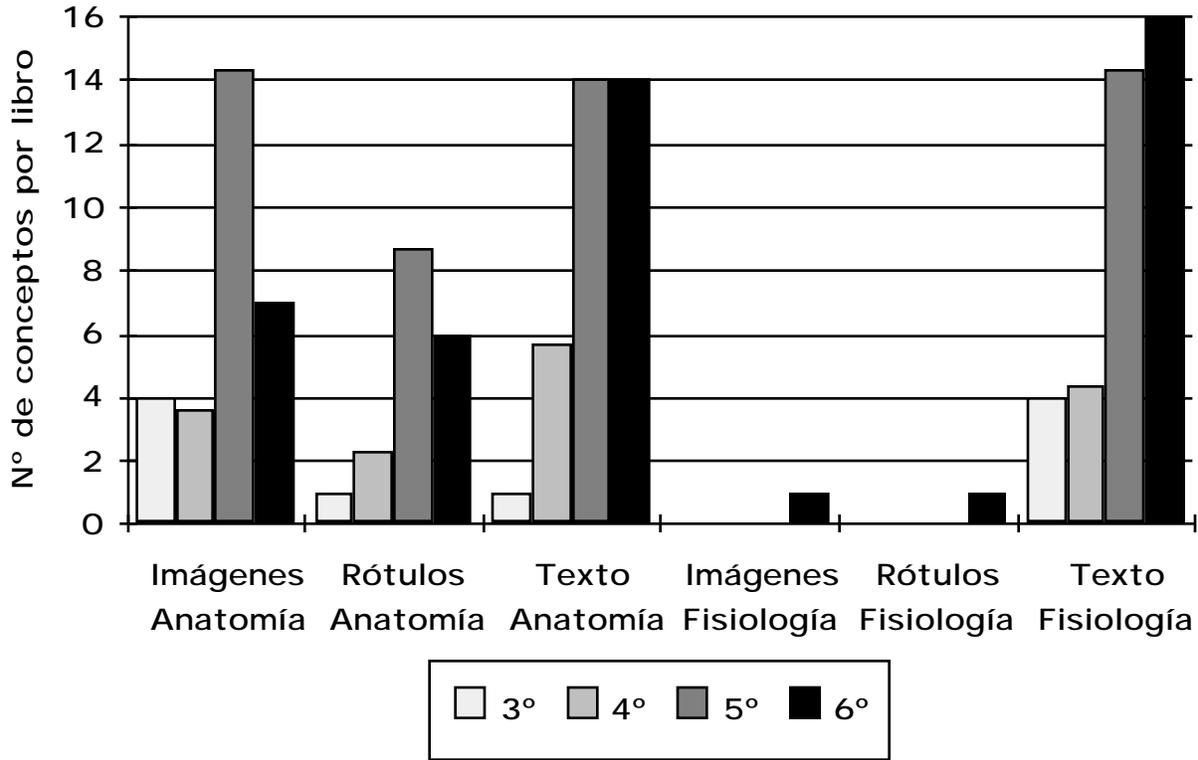
– *Imágenes, rótulos y texto coinciden en destacar la importancia de un órgano en cada proceso analizado.*

El concepto que aparece con más frecuencia en imágenes, rótulos y texto es el de *estómago* (Tabla III), lo que muestra su relevancia en los niveles educativos estudiados, pero también una tendencia a centralizar las funciones digestivas en este órgano. Esto presenta cierta semejanza con una idea alternativa del alumnado detectada por varios autores (Banet y Núñez, 1988; Pérez de Eulate, 1992).

– *Aumento progresivo de la información escrita pero no de la icónica.*

Respecto a los niveles educativos, se puede observar un progresivo aumento de la cantidad de información escrita, destacando el incremento de 4º a 5º. Esta progresión no aparece de modo tan claro en el caso de las imágenes, cuya complejidad no presenta graduación entre 3º y 6º (Gráficos 2 y 3). Esto puede deberse a la existencia de una tradición en el uso de imágenes anatómicas estereotipadas que no tiene en cuenta el nivel educativo en el que se aplican; por ejemplo, Blystone (1987) apunta que, en la enseñanza de la célula, los manuales escolares son copias de los empleados en niveles superiores.

Gráfico 3
Excreción: Información icónica y verbal por niveles.



Problemas científicos en las imágenes

El análisis de las imágenes de los libros de texto de primaria pone en evidencia diferentes problemas científicos en la presentación de contenidos de digestión y excreción.

Hemos diferenciado tres clases de problemas:

- 1) errores anatómicos y fisiológicos;
- 2) ausencia de informaciones relevantes;
- 3) ambigüedades y deficiencias gráficas.

Errores anatómicos y fisiológicos

Se han detectado errores científicos en las imágenes, algunos ya indicados por otros autores (Banet y Núñez, 1988; Yus Ramos, 1996; Sauvageot-Skibine, 1991; Clement, 1991). De ellos cabe destacar los siguientes:

- El bolo alimenticio y el quimo son sustituidos en ocasiones por alimento troceado, reforzándose la representación mecánica de la digestión (Fig. 5), dato que concuerda con lo apuntado por Sauvageot-Skibine (1991).
- La forma del estómago no varía aunque sea representado con o sin comida. El intento por representar los

movimientos peristálticos (Fig. 2) lleva a confusión, ya que éstos señalan solamente el paso del alimento, cuando en realidad sirven también para mezclar éste con los jugos gástricos.

- La unión del hígado y del páncreas con el duodeno se representa mediante dos conexiones separadas. Esto puede dar origen a una idea errónea del lugar en donde se vierten la bilis y el jugo pancreático (Figs. 1 y 2).

- La absorción se trata como si fuese el paso de un tubo a otro, del tubo digestivo al circulatorio (Fig. 5). Esta representación puede reforzar la concepción del alumnado denominada *tubo-tubo* (Clement, 1991 y Sauvageot-Skibine, 1993).

- La utilización de una analogía visual entre el filtrado de un líquido que pasa por un tamiz y el trabajo del riñón puede crear confusión respecto a la formación de la orina.

Ausencia de informaciones relevantes

En algunas imágenes faltan informaciones relevantes. Ciertas carencias no están relacionadas con las representaciones del alumnado (ausencia de hígado y páncreas), pero otras se asemejan a las encontradas en los estudios sobre ideas alternativas (Sauvageot-Skibine, 1991 y

1993; Pérez de Eulate, 1992 y 1995; Núñez y Banet, 1996; Yus Ramos, 1996). Entre las ausencias más significativas, podemos citar las siguientes:

- Ausencia de líquidos en el aparato digestivo: en algunas imágenes, el aparato digestivo se representa sólo con alimentos sólidos (Fig. 4).
- Ausencia de alimentos a lo largo de todo el conducto digestivo: la presencia de alimentos exclusivamente en el estómago muestra, implícitamente, la ausencia de digestión en otros lugares (Fig. 2, 4 y 5).
- Ausencia de vasos sanguíneos. Si nunca se muestra visualmente la relación entre los aparatos digestivo y circulatorio es difícil construir el concepto de *nutrición* (Figs. 2, 3 y 4).
- Ausencia de relación entre el aparato digestivo y el excretor a través del circulatorio (Fig. 6).
- Ausencia de hígado y páncreas, ya indicada por otros autores (Banet y Núñez, 1988). A pesar de que en nuestro estudio se da en muy pocos casos (Tabla III y figs. 5 y 6), nos parece injustificada, al haberse detectado en 5° y 6°, cursos en los que se introducen conceptos fisiológicos.

Ambigüedades y deficiencias gráficas

- En ciertas imágenes, científicamente correctas, se detectan problemas graves de ambigüedad gráfica, debido a los cuales las explicaciones de los conceptos quedan confusas. Por ejemplo:
 - Dificultades para mantener una continuidad visual de todo el aparato digestivo debidas a la superposición de formas, los contornos cerrados o los cambios en la orientación espacial (Figs. 1 y 3). Estas deficiencias gráficas provocan ambigüedades en las que caben interpretaciones distintas a las científicas, como las denominadas *tubo continuo* y *doble vía*.
 - Dificultad para discriminar visualmente unos órganos de otros debido a la superposición de formas y al uso de colores poco contrastados. Esto no aclara las conexiones entre órganos o aparatos, tan necesarias para cambiar la idea de la *doble vía*.
 - Los cambios arbitrarios en la orientación de los detalles ampliados respecto a la imagen principal (Fig. 1) dificultan una correcta interpretación de las imágenes por parte del alumnado.

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

Algunas implicaciones didácticas

Contemplar las imágenes como recurso de aprendizaje exige prestar atención a sus problemas y adecuarlas para que sean utilizadas en las actividades de enseñanza-

aprendizaje en el aula. A partir de los problemas detectados en este estudio, vamos a apuntar algunas consideraciones que ayuden al profesorado en la selección y adecuación de las imágenes.

- Conviene desechar la idea de que las imágenes más realistas son mejores para el aprendizaje. En muchas ocasiones, la mera reproducción de las apariencias visuales del original (Figs. 3 y 4) no es suficiente para que una imagen sea adecuada a su propósito educativo, ya que va a incluir de modo inevitable información irrelevante y ambigua. El aprendizaje significa comprender las propiedades relevantes de una situación, como la ubicación espacial de los órganos y las conexiones entre ellos; para este fin, las imágenes menos realistas son, a menudo, las mejores. Por ejemplo, la figura 6 muestra una buena selección de información del aparato digestivo que resuelve el conflicto gráfico entre diferenciación y continuidad visual detectado en las figuras 3 y 4.
- Cuando el punto de vista frontal no proporciona la información requerida, por ejemplo, la posición del recto por detrás de la vejiga, se hace necesario el uso de otras imágenes, incluidos los modelos anatómicos que proporcionen otros puntos de vista.
- En imágenes que contienen ciertos recursos gráficos como las secciones, debemos ser conscientes de que el alumnado se encuentra con dificultades de comprensión como las detectadas por Constable y otros (1988), que exigirán, en muchos casos, tareas específicas para superarlas.
- Respecto a los detalles ampliados, hay que observar si la parte que está siendo ampliada se identifica y se rotula claramente, lo que sucede en la figura 4 pero no en la figura 1, donde se cambia la orientación del fragmento ampliado en dos ocasiones.
- La dificultad para presentar procesos fisiológicos mediante imágenes fijas hace necesario el empleo de secuencias de imágenes, líneas cinéticas, flechas, que pueden ser añadidos por el profesorado a las imágenes de uso habitual. En la figura 2, a pesar de sus defectos, pueden observarse estos recursos.
- Cuando los libros de texto que usemos muestren muy poca interacción entre imágenes y texto escrito, podemos incrementarlas por medio de preguntas o de indicaciones verbales específicamente dirigidas a las imágenes. Además, podemos realizar actividades que permitan una doble lectura del libro: la del texto escrito y la de las ilustraciones. Así, se aprovecharía la potencialidad de éstas para transmitir contenidos y se detectarían las carencias que presentan y que la explicación verbal no puede corregir.
- El profesorado ha de valorar la importancia de los rótulos en la transmisión y memorización de datos. Los rótulos deben subrayar los conceptos más relevantes, focalizar la lectura tanto de la imagen como del texto y completar la información suministrada por la imagen. Una posible actividad consiste en transformar un texto

con su imagen correspondiente en otro con mayor grado de integración entre imagen y explicación verbal, como la figura 7, por ejemplo.

– Las tareas prácticas de realización de dibujos no deben en ningún caso consistir en la mera copia de las ilustraciones por el alumnado, ya que, por una parte, la traducción gráfica es muy difícil a ciertas edades y, por otra, se pueden consolidar los errores existentes en las propias ilustraciones. En muchos casos, es una tarea inútil, cuando no contraproducente. En lugar de la copia, el dibujo debe ser producto de una reflexión previa en el aula de la que se extraigan criterios que orienten su realización. La importancia de estas tareas puede incrementarse si se exigen también en las evaluaciones (Jorba y Sanmartí, 1997).

LIBROS ANALIZADOS

- Conocimiento del Medio 3 Primaria*. Edelvives, 1993.
Conocimiento del Medio 4 Primaria. SM, 1993.
Conocimiento del Medio. Tu Cuerpo 4 Primaria. Santillana, 1993.
Conocimiento del Medio 4 Primaria. Anaya, 1993.
Conocimiento del Medio 5 Primaria. Anaya, 1994.
Ingurunea 5. Erein, 1993.
Ingurunea 5. Elkar, 1994.
Conocimiento del Medio 6. SM, 1995.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNHEIM, R. (1979). *Arte y percepción visual*. Madrid: Alianza.
- ALCOBA, A., BASTIDA, M.F., RAMOS, F., SÁNCHEZ, M.J. y SOTO, J. (1993). Estudio lexicométrico para la enseñanza de la biología y escala lexicométrica para la enseñanza de la Biología, II: adjetivos y verbos, en Palacios, C., Ansoleaga, D. y Ajo, A., *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias: investigaciones financiadas por el CIDE, en el decenio 1983-93*. Madrid: MEC.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1988). Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), pp. 30-37.
- BARLEX, D. y CARRÉ, C. (1985). *Visual Communication in Science. Learning through sharing images*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BLYSTON, R. (1987). College introductory Biology Textbooks. *The American Biology Teacher*, 40 (7), pp. 418-425.
- CLÉMENT, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, 13, pp. 133-157.
- CONSTABLE, H., CAMPBELL, B. y BROWN, R. (1988). Sectional drawings from science textbooks: An experimental investigation into pupils' understanding. *British Journal of Educational Psychology*, 58, pp. 89-102.

Perspectivas de investigación

Esta investigación destaca la importancia de las imágenes de los libros de texto en la enseñanza de la biología, contribuye a clarificar la relación que existe entre las variables estudiadas (imágenes, rótulos y texto escrito) y aporta datos que impulsan a investigar, de modo específico, las relaciones de las imágenes de los libros de texto con las concepciones del alumnado.

Quedan múltiples cuestiones surgidas durante la investigación que exigen nuevos estudios. En este sentido, es necesario profundizar en las funciones cognitivas desempeñadas por las imágenes, completar el estudio de las relaciones texto-imagen con otro tipo de métodos menos cuantitativos, ampliarlo a otras imágenes (por ejemplo, las usadas en las zonas de iniciación de ideas y de evaluación o repaso), contextos, medios, etc. Por último, cabe subrayar el interés por indagar y experimentar el uso de imágenes en actividades de enseñanza-aprendizaje de ciencias de la naturaleza.

- CHO, H.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), pp. 707-719.
- DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), pp. 183-194.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1990). Análisis de los diseños gráficos sobre fenómenos microscópicos químicos en los libros de texto y comprensión de los mismos por los alumnos. *Actas III Encuentro Nacional sobre el Libro de Texto Escolar y el Documento Didáctico en la Educación Primaria y Secundaria*, Universidad de Valladolid, pp. 145-150.
- GOUANELLE, C. y SCHNEEBERGER, P. (1996). Utilisation de schémas dans l'apprentissage de la Biologie à l'école: la reproduction humaine. *Aster*, 22, pp. 57-86.
- JACOBI, D. (1990). Quelques tendances ou effets de figurabilité dans la divulgation des théories immunologiques. *Aster*, 10, pp. 129-155.
- LEVIE, W.H. y LENTZ, R. (1982). Effects of text illustrations: Review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), pp. 195-232.
- JORBA, L. y SANMARTÍ, N. (1997). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Madrid: MEC.
- MACNAB, W. y JOHNSTONE, A.H. (1990) Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), pp. 37-41.
- MACNAB, W., HANSELL, M.H. y JOHNSTONE, A.H. (1991). Cognitive style and analytical ability and their relationship to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 25(2), pp. 135-139.
- MANUEL, J. de y GRAU, R. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Alambique*, 7, pp. 53-63.
- MAYER, R., STEINHOFF, K., OWER, G. y MARS, R. (1995). A generative theory of textbook design: using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *ETR & D*, 43, pp. 31-43.
- MOLES, A. A. (1972). Teoria informazionale dello schema. *Versus*, 3, pp. 29-39.
- MOTTET, G. (1996). Les situations-images. Une approche fonctionnelle de l'imagerie dans les apprentissages scientifiques à l'école élémentaire. *Aster*, 22, pp. 15-56.
- NÚÑEZ, F. y BANET, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 261-278.
- ODOM, A. (1993). Action Potentials & Biology Textbooks: Accurate, Misconceptions or Avoidance? *The American Biology Teacher*, 55(8), pp. 468-472.
- PÉREZ DE EULATE, L. (1992). *Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza-aprendizaje de conocimientos en biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual*. Tesis doctoral. Lejona: Universidad del País Vasco.
- PÉREZ DE EULATE, L. (1995). La utilización de los preconceptos de los estudiantes en la enseñanza-aprendizaje de la digestión humana: digestión, circulación y excreción, en Castelló, J. et al. (eds.), *Recerca i Ensenyament de les Ciències Naturals*. Barcelona: Signo.
- REID, D. (1990a). The role of pictures in learning biology: Part 1. Perception and observation. *Journal of Biological Education*, 24(3), pp. 161-172.
- REID, D. (1990b). The role of pictures in learning biology: Part 2. Pictures-text processing. *Journal of Biological Education*, 24(4), pp. 251-258.
- REID, D. y BEVERIDGE, M. (1986). Effects of text illustration on children's learning of a school science topic. *British Journal of Educational Psychology*, 56, pp. 294-303.
- REID, D. y BEVERIDGE, M. (1990). Reading illustrated science texts: a micro-computer based investigation of children's strategies. *British Journal of Educational Psychology*, 60, pp. 76-87.
- RONCIN, M. (1987). Les idées fausses induites par le schéma usuel de la circulation du sang. *Actes JES 9*, pp. 231-234.
- RUMELHARD, G. (1986). *La génétique et ses représentations*. Berna: P. Lang.
- RUSSELL-GEBBETT, J. (1985). Skill and strategies-pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19(4), pp. 293-298.
- SALOMON, G. (1979). *Interaction of media, cognition and learning*. San Francisco: Jossey-Bass.
- SEDDON, G.M. y MOORE, R.G. (1986). The structure of abilities in visualising the rotation of three-dimensional structures presented as models and diagrams. *R. J. Educ. Psychol.*, 56, pp. 138-149.
- SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1991). La digestion au collège: transformation physique ou chimique? *Aster*, 13, pp. 93-110.
- SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1993). De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur. *Aster*, 17, pp. 189-204.
- TUCKEY, H. y MAILLOO S. (1993). Studies involving three-dimensional visualisation skills in chemistry: a review. *Studies in Science Education*, 21, pp. 99-121.
- YUS RAMOS, R. (1996). Concepciones de los alumnos/as sobre la estructura y función de su propio cuerpo: Implicaciones para la educación para la salud, en Cañal, P. (ed.), *Biología y educación ambiental*. Sevilla: Díada.

[Artículo recibido en diciembre de 1997 y aceptado en marzo de 1999.]