

REPRESENTACIONES VISUALES DEL CUERPO HUMANO

*Análisis de los nuevos libros de primaria
de ciencias naturales en la reforma educativa mexicana*

YOLANDA POSTIGO / ASUNCIÓN LÓPEZ-MANJÓN

Resumen:

En este trabajo analizamos las concepciones sobre la naturaleza de las representaciones visuales sobre el cuerpo humano que dirigen su selección, diseño y tratamiento didáctico en los nuevos libros de primaria de ciencias naturales (3° a 6° grados) de la Reforma Integral de la Educación Básica en México. Se describen dos tipos de concepciones: una intuitiva, que asume una simplicidad y facilidad en el uso de las imágenes junto con una naturaleza realista de las mismas, y una más compleja, de naturaleza constructivista, en la que se consideran las imágenes como un sistema externo de representación con las dificultades que demanda su uso. Los resultados muestran que la concepción que subyace a las imágenes sobre el cuerpo humano de 3° a 6° grados corresponde a una de tipo intuitivo con pocos cambios respecto de su tratamiento en los libros de texto anteriores a la Reforma.

Abstract:

This study analyzes the natural conceptions of the visual representations of the human body that guide selection, design, and didactic treatment in the new elementary science textbooks (3rd grade to 6th grade) of Mexico's Integral Reform of Basic Education. Two types of conceptions are described: an intuitive conception, which assumes simplicity and facility in the use of images, along with a realistic representation; and a more complex conception of a constructivist nature that considers images to be an external system of representation with the difficulties their use demands. The results show that the underlying conception of the images of the human body from the 3rd to the 6th grades corresponds to an intuitive type with few changes, with respect to textbooks prior to the Reform.

Palabras clave: educación básica, libros de texto, enseñanza de la biología, imagen, México.

Keywords: basic education, textbooks, biology teaching, image, Mexico.

Yolanda Postigo y Asunción López-Manjón son Profesoras-investigadoras a tiempo completo en el Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología Universidad Autónoma de Madrid, España. Calle Iván Pavlov 6, 28049 Madrid (España). Correos electrónicos: yolanda.postigo@uam.es / asuncion.lopez.manjon@uam.es

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación EDU2010-21995-C02-01. Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del gobierno español y dirigido por Juan Ignacio Pozo.

Introducción

Las imágenes o sistemas de representación icónica o figurativa ocupan un lugar cada vez más importante en la ciencia, en la escuela y en la sociedad actual (Andersen, Scheuer, Pérez Echeverría y Teubal, 2009). Ejemplos de estos sistemas son los diagramas, ilustraciones, microfotografías, mapas, gráficas, modelos, tablas... Todos ellos se caracterizan por poseer una naturaleza visual pero también espacial ya que son marcas realizadas en el espacio¹ (Martí, 2003). A pesar de la gran heterogeneidad de los tipos de imágenes (Pérez Echeverría, Postigo, López-Manjón y Marín, 2009), algo que comparten todas es que permiten representar de forma integrada y sencilla grandes cantidades de información y conocimiento relacionados entre sí de forma compleja (Barquero, Schnotz y Reuter, 2000) o información que es difícil de describir mediante palabras (Roth, Pozzer-Ardengh y Han, 2005).

Específicamente en el contexto de la enseñanza de la ciencia, la importancia que se otorga a este tipo de representaciones se refleja en el gran número que aparece en los libros de texto en todos los niveles educativos y especialmente en la primaria. Sin embargo, existen diferentes interpretaciones y concepciones acerca de la naturaleza de estas representaciones visuales y sobre cuál es su función en el aprendizaje y la enseñanza. Estas concepciones tienen una gran importancia ya que, por una parte, determinan las decisiones didácticas de los profesores sobre la utilización de las representaciones visuales en las aulas y, por otra, son las que guían la selección, el diseño y el tratamiento de las representaciones visuales que se incluyen en los libros de texto escolares para que los alumnos aprendan a partir de ellas. Pero, ¿qué tipo de concepciones podemos encontrar?

Una manera de concebir las imágenes como herramientas de aprendizaje se refleja en la famosa frase “una imagen vale más que mil palabras” en donde se asume que son mejores que el texto para aprender. La afirmación anterior formaría parte de la concepción que denominaremos intuitiva y/o tradicional y conllevaría una serie de ideas o creencias como las siguientes (Fanaro, Otero y Greca, 2005: 3):

- 1) Las imágenes son más útiles y eficaces para transmitir mensajes y para aprender que el texto verbal (Fanaro, Otero y Greca, 2005), ya que se asume que existen beneficios intrínsecos de la imagen frente a la palabra para cualquier situación y con cualquier tipo de imagen. Desde este punto de vista, no se tiene en cuenta la complejidad y especificidad

de las representaciones visuales en la enseñanza de la ciencia y se las considera similares a las imágenes cotidianas o a las usadas en la publicidad (Cheng, Lowe y Scaife, 2001).

- 2) Por otra parte, se asumiría una relación directa entre las imágenes internas –en quien observa– y las externas –representaciones observadas de las utilizadas en los libros–, es decir, las internas que se forman en la mente serían como una “copia” o una “foto en la cabeza” de las imágenes externas. Aprender a partir de una imagen sería hacer copias de la imagen exterior, y enseñar, por tanto, consistiría en exponer claramente la imagen del objeto para que se realice esa copia, por lo que habría un procesamiento simple y directo de la representación visual externa.
- 3) Por último, desde esta concepción las imágenes representarían el conocimiento “verdadero” ya que se tiende a creer que lo que está representado en forma de imagen es la realidad. Por ejemplo, la representación, ampliamente difundida, del átomo como el sistema solar ha llegado a constituir para muchas personas el conocimiento “verdadero” sobre el mismo en vez de considerarlo como uno de los posibles modelos de representar el átomo.

Estas ideas asumirían un principio epistemológico realista extremo según el cual las imágenes no son una representación de la realidad, es decir, un punto de vista de esa realidad sino la realidad misma. Consecuentemente, las imágenes realistas, en las que se da una gran cantidad de detalles del referente u objeto representado como por ejemplo las fotografías, serían aquellas que más favorecerían la comprensión. La naturaleza icónica, y por tanto la relación de semejanza o analogía en mayor o menor medida entre la representación y lo representado, explicaría la atribución de una naturaleza realista a la representación visual frente a otros sistemas de representación como la escritura o la notación numérica, cuya relación con lo representado es arbitraria. Por defecto, las personas tendrían una concepción realista de las representaciones visuales debido a la primacía de los aspectos perceptivos en el procesamiento cognitivo. Por ejemplo, en vez de concebir la representación de una célula como una construcción conceptual se considera como un ente real, de ahí que cuando las personas piensan en el concepto de célula la conciben como una estructura plana, de manera idéntica a la imagen que ofrecen los libros de texto escolares.

Así, creer que lo que vemos es la realidad y que nuestros sentidos no pueden engañarnos, sería una de las restricciones a partir de las cuales construiríamos nuestras concepciones intuitivas del mundo tal y como se ha comprobado en otros dominios de conocimiento (Gómez Crespo y Pozo, 2004, Vosniadou, 1994).

Por otra parte y derivado del principio anterior, al establecer una relación directa entre imágenes externas e internas no se postula ningún tipo específico de procesamiento cognitivo para interpretar o comprender las imágenes externas. Esto implica asumir que las externas son engañosamente fáciles y simples ya que se “explican” por sí mismas y no necesitan que se interpreten ni que se decodifiquen o traduzcan a otro tipo de representación. Por lo tanto, serían muy fáciles de usar y supondrían una menor demanda cognitiva que el texto. Desde este punto de vista el material visual sería representacionalmente “transparente”:

La idea de que la alfabetización visual es necesaria para leer los materiales visuales no está tan ampliamente aceptada como la idea evidente de que la alfabetización en lectura es necesaria para leer un texto. Esto puede ser debido a que los materiales visuales en general no se consideran que tengan ninguna dificultad para el observador. En contraste con el texto, su significado se asume como “transparente” (Lowe, 1993:24).

Consecuentemente desde esta concepción, para poder interpretar y entender las representaciones visuales no son necesarios procesos de traducción ni extracción de significado de la imagen, ya que su significado se obtiene de forma automática, pues se asume que no se requieren ni procesos de aprendizaje ni una enseñanza específica.

Entre las escasas investigaciones realizadas sobre las concepciones intuitivas de las imágenes como herramienta de aprendizaje, se encontró que 65.27% de profesores argentinos de ciencias en niveles medio y superior (Fanaro, Otero y Greca, 2005) mantienen las concepciones anteriormente citadas. En esta misma línea los docentes de secundaria del estudio de Colin, Chauvet, y Viennot (2002) parecen apoyarse en ellas cuando se sorprenden ante las dificultades e interpretaciones erróneas de sus alumnos con gráficas de óptica elemental.

Otra manera de concebir las representaciones visuales, y que vamos a defender en este artículo, es entenderlas como un sistema externo

de representación (Martí, 2003; Martí y Pozo, 2000; Pérez Echeverría y Scheuer, 2009; Pérez Echeverría, Martí y Pozo, 2010; Salsa y Peralta, 2010). Entre estos sistemas, además del icónico o figurativo, se incluirían la escritura, la notación matemática, la geométrica y la notación química. Según Martí y Pozo (2000) la distinción entre los sistemas externos e internos de representación implica pasar de considerar los primeros únicamente como contenidos de las representaciones mentales a concebirlos como un objeto de estudio por sí mismo, con una naturaleza propia que puede influir en la cognición y el aprendizaje de la persona que los utiliza.

Desde este punto de vista no existiría una relación directa –copia– entre las representaciones externas y las internas –en los sujetos que miran dichas representaciones– en los procesos de enseñanza y aprendizaje, como se plantea desde la concepción intuitiva. La relación sería más compleja e interactiva, puesto que las representaciones internas no son una copia ni una simple apropiación de las representaciones externas. Para aprender ciencia los estudiantes deben saber interpretar y usar los sistemas externos de representación generados por la comunidad científica. Específicamente en el dominio de la biología las representaciones visuales tienen y han desempeñado un papel muy importante (Maienschein, 1991; Kindfield, 1993/1994,) tanto en el razonamiento científico como en la construcción de nuevas teorías. Ejemplos de ello van desde Darwin –con la representación de la evolución de las especies en forma de árbol–, hasta la construcción de modelos para representar la molécula de ADN, pasando por las diferentes representaciones de la célula a lo largo de la historia (Maienschein, 1991).

Además, este es un proceso de re-construcción de la representación externa que puede generar nuevos usos y sistemas de representación interna (Martí y Pozo, 2000). Esta reconstrucción o interacción entre las representaciones internas y externas plantea muchas dificultades como se ha puesto de manifiesto en las escasas² investigaciones sobre la comprensión de las imágenes tanto en el dominio de las ciencias (Colin, Chauvet, y Viennot, 2002; Pinto y Ametller, 2002; Stylianidou y Ogborn, 2002) como en otros dominios o representaciones visuales específicas, como por ejemplo los mapas geográficos (Postigo y Pozo, 2004) o las gráficas numéricas (Leinhardt, Zaslavsky, y Stein, 1990; Postigo y Pozo, 2000; Postigo, Pérez Echeverría, Marín, 2010) por parte de estudiantes de secundaria, universidad e incluso graduados universitarios (Bowen y Roth, 2002).

Derivado de lo anterior, desde esta perspectiva se asume un principio epistemológico constructivista según el cual no se concibe que pueda haber una sola manera de representar un fenómeno sino que una representación visual específica es sólo una de las posibles formas de hacerlo. Aunque a diferencia de las concepciones relativistas, no todas las formas de representación son igualmente válidas. Se asumiría, por tanto, que la representación visual es una construcción; no en el sentido de una copia de la realidad, sino uno de los posibles puntos de vista o perspectivas desde los que se puede representar esa realidad. En otras palabras, una imagen es un modo particular de representar la realidad y puede ser interpretada de modos diferentes: según las características internas propias del sistema representacional visoespacial, de acuerdo con la intención del autor; según los objetivos para los que se utilice y bien el conocimiento que tenga la persona que la observa tanto desde la perspectiva del contenido de la representación como del sistema representacional. Por lo tanto, este aprendizaje es muy complejo y su enseñanza debe estar orientada a la adquisición y uso autónomo de estos sistemas.

Específicamente, una de las dificultades que encuentran los estudiantes cuando se enfrentan a representaciones visuales en el dominio de las ciencias naturales, es que la interpretación que hacen tiende a estar limitada a las características superficiales de la representación y no guiada por los conceptos que pretenden representar (Bowen y Roth, 2002; Cook, Carter y Wiebe, 2008; Lowe, 1993). Además, se han encontrado también dificultades para producir estas representaciones como herramientas para pensar o solucionar problemas (Kindfield, 1993/1994). Esto puede ser debido principalmente a que las actividades de enseñanza relacionadas con las imágenes de los libros de texto son de tipo reproductivo, es decir, la actividad principal requerida a los estudiantes consiste en copiar las imágenes del libro. También Martí y Pozo (2000) argumentan que la producción y el uso de los sistemas externos de representación para pensar o solucionar problemas son más exigentes, en términos de la cantidad y naturaleza de los procesos cognitivos implicados, que su interpretación y, por lo tanto, necesitarían de la creación de espacios instruccionales específicos dirigidos a ese fin.

En concreto, las representaciones visuales en biología y en especial las de estructuras anatómicas tienen algunas características específicas: *a)* son

representaciones que a menudo tienen que reflejar las tres dimensiones; *b*) muestran estructuras que contienen inevitablemente otras estructuras internas y *c*) requieren de representaciones con cortes de estructuras específicos (por ejemplo, sagital, ventral...). De acuerdo con Constable, Campbell y Brown (1988), los estudiantes tienen dificultades para interpretar las representaciones visuales en biología porque desconocen las convenciones empleadas, fundamentalmente las que hacen referencia a estructuras internas representadas con diferentes tipos de cortes. También Blystone (1989) señala que las representaciones visuales celulares y moleculares son de las más complejas y, por lo tanto, se necesita cierta ayuda para interpretarlas.

En el caso de las fotografías, en las que es difícil sustraerse a ese “realismo como reflejo de la realidad”, podemos notar que su significado, desde el punto de vista constructivista, viene determinado por la relación dialéctica entre la manera de ver del fotógrafo y la percepción del observador (Pozzer-Ardenghi y Roth, 2003). De tal modo que en la medida en que una fotografía puede dar lugar a múltiples interpretaciones, su principal problema sería la falta de restricciones que guíen su interpretación (Pozzer-Ardenghi y Roth, 2003). Las escasas investigaciones que han tratado este tema (Pozzer-Ardenghi y Roth, 2003; 2004) plantean que las dificultades que presentan las fotografías son debidas a que el observador puede considerarlas confusas y ambiguas a la hora de interpretarlas, debido a que desde su punto de vista hay diferentes maneras de aproximarse a ellas y, por lo tanto, se necesita ayuda para saber cómo aproximarse.

Desde un punto de vista histórico, Maienschein (1991), en su estudio sobre la evolución de las representaciones visuales de la célula en las diferentes ediciones de un libro de texto de citología clásico, llegó a la conclusión de que el paso de utilizar fotografías como representaciones al uso de diagramas reflejaba un cambio conceptual (de presentar datos a “representar” la teoría). Hasta los alumnos parecen preferir renunciar a fotografías atractivas en los libros de texto, en favor de diagramas que consideran más útiles (Kearsey y Turner, 1999). Sin embargo, para la representación de un objeto o fenómeno la adecuación de un tipo u otro de representación no es absoluta, sino que depende del objetivo de la tarea de aprendizaje a la que se enfrentan los estudiantes. Por ejemplo, Van Gendt y Verhagen (2001) presentaron a sus alumnos una serie de

fotografías y de diagramas en un curso de disección anatómica. Los resultados mostraron que las fotografías eran más adecuadas para reconocer las estructuras anatómicas, pero los diagramas ayudaban a comprender mejor las relaciones entre las diferentes estructuras.

Las representaciones visuales en los libros de texto

Dentro de la literatura sobre análisis de libros de texto se han llevado a cabo escasas investigaciones centradas en las imágenes (Otero, Greca y Silveira, 2003, Otero, Moreira y Greca, 2002; Perales y Jiménez, 2002; Stylianidou y Ogborn, 2002; Soyibo, 1994; Pozzer-Ardenghi y Roth, 2003; Jiménez y Perales, 2001). Las conclusiones que ofrecen estas investigaciones pueden resumirse con el párrafo siguiente:

En particular, los libros dirigidos a los primeros años de enseñanza secundaria utilizan muchas imágenes y no parecen considerar que son objeto de interpretación, procediendo como si las representaciones pictóricas fueran auto-evidentes y beneficiosas de por sí (Otero, Greca y Silveira, 2003:2).

Además, resulta sorprendente que hayamos encontrado tan pocos estudios sobre el análisis de imágenes en los libros de texto de educación primaria (Pérez de Eulate y Llorente, 1998; Pérez de Eulate, Llorente, y Andrieu, 1997, 1999; Mares, Rivas, Pacheco, Rocha, Dávila, Peñalosa y Rueda, 2006; López-Manjón y Postigo, 2008) cuando es donde más abundan. En un trabajo anterior (López-Manjón y Postigo, 2008) realizamos un análisis similar al que presentamos en este trabajo, con los anteriores libros de texto mexicanos (SEP, 2005) de ciencias naturales y específicamente de las unidades didácticas sobre los sistemas del cuerpo humano de tercero a sexto grados, que fueron vigentes desde 1997 hasta 2009, previos a la Reforma Integral de la Educación Básica en México.

En el presente estudio, tenemos poca ayuda para interpretar las imágenes sobre el cuerpo humano en los libros de texto: ausencia de rótulos y títulos, escasa referencia explícita a las imágenes en el texto principal, uso fundamentalmente decorativo de ellas y, en las pocas actividades que se demanda trabajar con ilustraciones (por ejemplo, establecer comparaciones), no se proporciona ninguna guía para su realización. Por lo tanto, se puede concluir que la concepción subyacente al tratamiento de las imágenes de los libros de texto analizados en cuanto a los sistemas

del cuerpo humano, está más acorde con una concepción intuitiva y/o tradicional.

Con los lineamientos que rigen la Reforma Integral de la Educación Básica en México³ se diseñaron los nuevos libros de texto, objeto actual de análisis en este artículo, incorporados a la educación primaria de manera generalizada en el curso 2011-2012.

Nuestro objetivo es analizar si la utilización de las imágenes incluidas en las unidades didácticas sobre el cuerpo humano en los libros de texto de ciencias naturales en México de dicha reforma refleja que están más cerca de la concepción constructivista sobre el papel de las imágenes como sistemas externos de representación en el aprendizaje de la ciencia o de los resultados de nuestro estudio anterior, que mostraron una concepción intuitiva de las imágenes. Específicamente las preguntas que queremos responder son seis y a continuación las detallamos.

1) ¿Qué importancia tienen las representaciones visuales en los nuevos libros de texto? ¿Hay diferencias entre los cuatro grados analizados? Una aproximación a este aspecto es analizar la cantidad y espacio dedicado a las imágenes incluidas en los textos de los diversos grados.

2) ¿Qué tipos de representaciones visuales utilizan?, ¿cuáles son las más frecuentes?, ¿existe algún criterio de secuenciación?, ¿predominan las imágenes realistas?

Como hemos mencionado, en nuestra cultura se ha producido un incremento en el uso de las representaciones visuales, pero no sólo han aumentado en número sino que también en su heterogeneidad. Existe una gran diversidad de formatos gráficos, con sintaxis y convenciones propias (por ejemplo, los mapas geográficos, los diagramas, las ilustraciones, las fotografías, los mapas conceptuales, las tablas o las gráficas numéricas). Ante esta gran heterogeneidad se han planteado diversos intentos de categorizar o clasificarlas según diversos criterios: perceptivos (Molitor, Ballstaedt y Mandl, 1989); grado de iconicidad o analogía con el objeto representado (Martí, 2003); funcionales (Kosslyn, 1989; Levin, 1981; Lowe, 1993; Winn, 1989); y relación establecida con el objeto representado (Postigo y Pozo, 1999). Basándonos en estas aportaciones y teniendo en cuenta la especificidad de algunas representaciones en el dominio de la biología, en nuestro análisis de las representaciones de los libros de texto de ciencias naturales diferenciaremos entre los siguientes cinco tipos de representaciones:

- 1) *Construcciones visuales*: son representaciones que se construyen a partir de diversas técnicas de obtención de imágenes, por ejemplo resonancia magnética, tomografías computarizadas, escáneres, etcétera, y tratan de modelizar un fenómeno (por ejemplo, el cuerpo humano) mediante tratamiento informático obteniendo una representación visual con una apariencia muy realista conseguida a través de la presentación simultánea de los diversos planos superpuestos de ese fenómeno.
- 2) *Fotografías*: son representaciones que se presume reproducen los elementos o aspectos externos o internos (en el caso de las microfotografías y las ecografías) del objeto o fenómeno representado. Son representaciones cuyo objetivo habitual es ilustrar un objeto o fenómeno.
- 3) *Diagramas*: representan contenidos conceptuales que hacen explícitas sus interrelaciones y presentan la información de forma esquemática. Los contenidos conceptuales pueden ser de forma verbal o visual; en el caso de los primeros son presentados de forma verbal con la ayuda y apoyo de elementos gráficos como flechas, llaves, cuadros, etcétera (Weidenmann, 1994). Ejemplos de este tipo de diagrama son los cuadros sinópticos o esquemas, un mapa conceptual (que expresa relaciones jerárquicas) o un diagrama de flujo (que representa una sucesión o cadena de hechos o sucesos). Por ejemplo, un mapa conceptual sobre los seres vivos o un diagrama de flujo en el que se describe la secuencia del recorrido de la sangre en el cuerpo humano. En el caso de los segundos, los diagramas visuales son representaciones bidimensionales que presentan la información de una manera precisa utilizando una variedad de transformaciones (simplificar, ampliar) desde el objeto o fenómeno representado, seleccionando aspectos determinados de dicho objeto o fenómeno en función de su tamaño (escala), relevancia o finalidad del diagrama.

De acuerdo con Lowe (1993) podemos diferenciar dos tipos de diagramas: de estructura y de proceso. Los *diagramas de estructura* describen las características físicas de las partes del objeto representado y cómo están dispuestas en el espacio. Por tanto son representaciones gráficas de una información que hace referencia a un contenido espacial o donde la localización de diferentes partes del objeto o fenómeno representado es una característica importante del mismo. Este tipo de diagramas suele incluir rótulos o etiquetas verbales que indican las diversas partes del objeto representado. Por ejemplo, un diagrama del

sistema digestivo humano con rótulos que señalan las diversas estructuras del mismo. Los *diagramas de proceso* describen el transcurso o evolución del fenómeno así como los cambios de las partes del mismo a través del tiempo. En este caso suele ir acompañado de grafismos (flechas, secciones o cambios de color) que apoyan la representación. Por ejemplo, un diagrama del proceso de digestión del alimento a través del sistema digestivo.

- 4) *Dibujos*: son representaciones bidimensionales de carácter icónico y que muestran una correspondencia analógica respecto del objeto o fenómeno representado. Al igual que los diagramas son selectivos, es decir, recogen algunos aspectos del objeto pero, a diferencia de éstos, su objetivo suele ser ilustrativo o decorativo y por lo general no están acompañados de rótulos. Por ejemplo, un dibujo de frutas y verduras para ilustrar una dieta saludable.
- 5) *Gráficas*: son representaciones que presentan la relación numérica o cuantitativa que existe entre dos o más variables a través de distintos elementos (líneas, barras, sectores, etc.). Ejemplos de gráficas son las tablas de datos, de ejes de coordenadas (gráficas XY), histogramas (gráficas de barras) y sectores circulares.

Al tomar en cuenta los anteriores tipos de representaciones visuales, podemos considerar que conforman un continuo y realizar una ordenación de ellas teniendo en cuenta su grado de realismo o de semejanza entre la representación y el fenómeno representado. Las construcciones visuales y las fotografías serían las representaciones más realistas seguidas de las microfotografías, las ecografías y los dibujos. Frente a ellas, el resto de representaciones visuales –aunque pudieran presentar a veces elementos realistas (por ejemplo, los diagramas de estructura)– se situarían en mayor o menor grado en el polo más abstracto del continuo.

3) ¿Podemos encontrar ayudas para guiar la interpretación de las representaciones visuales o, por el contrario, se presentan como si fueran autoevidentes? Algunas de estas ayudas para la interpretación de las imágenes pueden ser de tipo gráfico (por ejemplo, el uso de recursos como la ampliación de algún detalle del fenómeno, su presentación en diversas perspectivas, el uso adecuado y contrastado de colores, flechas, etcétera) o de tipo verbal (por ejemplo, etiquetas o rótulos que señalan diferentes partes del fenómeno o la presencia de títulos que describen y acompañan a la imagen).

4) ¿Qué relación se establece entre el texto y la representación visual? Es decir, en qué medida el texto hace referencia o no a la presencia de la representación y las características de esa alusión o referencia.

5) ¿Se realizan actividades que impliquen el trabajo con representaciones visuales?, ¿en qué consisten? Es decir, analizar la presencia de actividades a lo largo de las distintas unidades en las que se utilizan imágenes, revisando el papel principal o secundario que desempeñan en dichas actividades.

6) ¿Hay un cambio en las concepciones que subyacen al tratamiento de las representaciones visuales en los nuevos libros de texto frente a los anteriores? Comparamos los análisis de este estudio con los resultados del trabajo en el que analizamos los libros de texto anteriores a la Reforma.

Con estas interrogantes en mente, un tratamiento de las representaciones visuales en los libros de texto según una concepción intuitiva o tradicional, presentaría un mayor número de representaciones visuales de tipo realista con muy poca presencia de ayudas para su interpretación, así como escasas alusiones a dichas representaciones en el texto y pocas actividades con imágenes en las que su papel fundamental fuera diferente al de uso estrictamente decorativo. Frente a esto, un tratamiento basado en una concepción de carácter constructivista no sólo presentaría las imágenes como modelos de los fenómenos a representar, sino que facilitaría su interpretación a través de diversos recursos tanto gráficos como verbales. Así, las representaciones visuales dejan de tener un papel secundario o de acompañamiento al texto y forman parte de las actividades como un aprendizaje en sí mismo.

Método

Materiales

Se analizaron los cuatro libros de texto gratuitos de tercero, cuarto, quinto y sexto grados de primaria de ciencias naturales pertenecientes al proyecto de Reforma Integral de la Educación Básica (SEP, 2010a, b, c, d). El análisis se centró en las unidades referidas a los sistemas corporales, por ello seleccionamos a partir del nivel de tercero de primaria, porque es a partir de este grado cuando se estudian contenidos específicos de biología relacionados con el cuerpo humano. Cada uno de los cuatro grados dedica dos unidades completas a este tema con la excepción de 5º, que destina una sola unidad. Posteriormente se realizó una comparación cualitativa con otro análisis sobre imágenes (López Manjón y Postigo, 2008) con los libros de texto de ciencias naturales anteriores a la Reforma (SEP, 2005a,

b, c, d) pertenecientes a los mismos grados de primaria sobre las unidades del cuerpo humano.

Criterios de análisis

Para el análisis de las representaciones visuales presentes en los libros de texto utilizamos los criterios o categorías que describimos brevemente a continuación; a partir de la identificación, clasificación y cuantificación de las mismas.

1) *Número de imágenes por página*

Se calculó la media de imágenes por página para cada uno de los cuatro grados analizados. Para ello se contabilizó el número total de imágenes que aparecían en cada una de las páginas de todas las unidades para cada uno de los cuatro grados, dividiéndolo por el número de páginas analizadas en cada grado.

2) *Tamaño de la imagen*

Se calculó el porcentaje de espacio que ocupa cada imagen en la página (por ejemplo, una a página completa tiene una ocupación de 100% y si es de media página, pues será 50%). Se contabilizó el porcentaje promedio de ocupación para las imágenes de los cuatro grados, dividiendo el porcentaje total entre el número de páginas analizadas en cada grado.

3) *Tipo de representación visual*

Con base en los cinco tipos de representaciones visuales descritos en la introducción, clasificamos cada una de las imágenes en función de sus características según la siguiente taxonomía que ilustramos con ejemplos de los libros analizados:

- a) Construcción visual (figura 1)
- b) Diagrama de estructura (figura 2).
- c) Diagrama de proceso (figura 3).
- d) Dibujo decorativo⁴ (figura 4).
- e) Fotografía decorativa (figura 5).
- f) Microfotografía: imagen obtenida a través de microscopio óptico y/o electrónico de barrido (figura 6).
- g) Ecografía: imagen obtenida a través de ultrasonidos.

h) Gráficas.

i) Tabla o diagrama verbal: presentan las interrelaciones entre distintos contenidos conceptuales de forma explícita y esquemática con la ayuda y apoyo de elementos gráficos (flechas, llaves, cuadros...)

j) Mapa: representación gráfica métrica de una porción de territorio generalmente sobre una superficie bidimensional

Posteriormente, contabilizamos el porcentaje de cada uno de los tipos imágenes presentes en los libros para cada uno de los cuatro grados.



Figura 1. Ejemplo de "construcción visual" (SEP, 2010b:27).

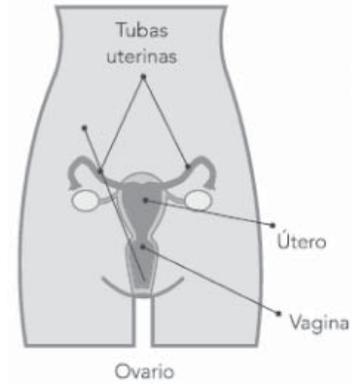


Figura 2. Ejemplo de diagrama de estructura, (SEP, 2010b:17).

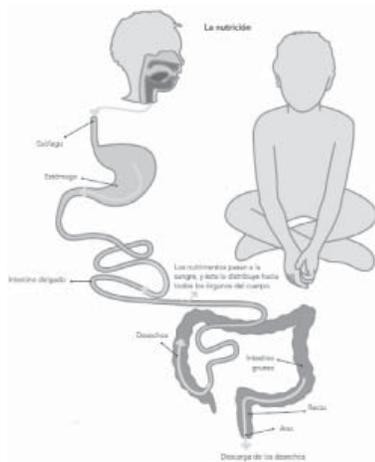


Figura 3. Ejemplo de diagrama de proceso (SEP, 2010a:31)

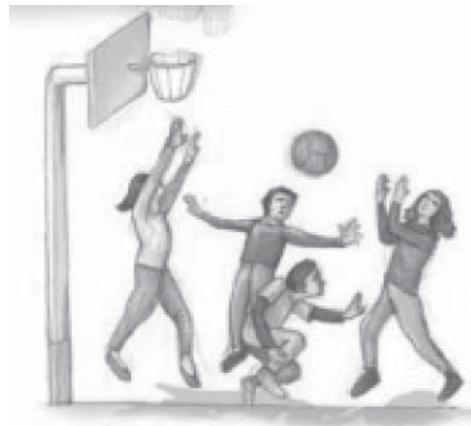


Figura 4. Ejemplo de dibujo decorativo (SEP, 2010d:22)



Figura 5. Ejemplo de fotografía decorativa (SEP, 2010d:13).

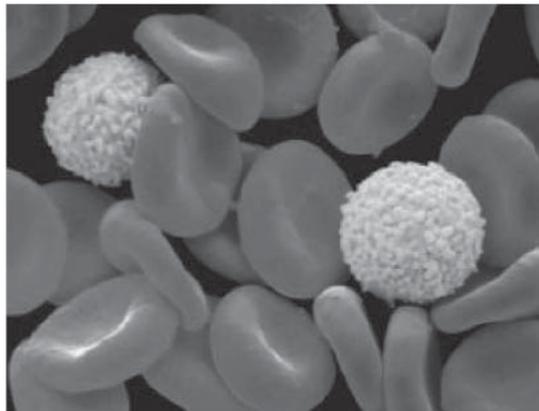


Figura 6. Ejemplo de microfotografía (SEP, 2010d:25).

4) Recursos gráficos

Son elementos o componentes que forman parte de la imagen que ayudan o facilitan su interpretación. Diferenciamos tres tipos:

- a) Detalles ampliados de algún elemento de la representación.
- b) Secciones o cortes (transversales, verticales) que permiten acceder y mostrar elementos considerados relevantes y que no son visibles desde otras perspectivas (ver figura 2).
- c) La mayor o menor contextualización del fenómeno representado con el empleo de elementos abstractos o más concretos haciendo referencia a las situaciones o condiciones en las que se da o encuentra ese fenómeno u objeto.

5) *Grafismos y colores*

Analizamos la utilización de *grafismos* que son elementos como flechas y líneas para indicar la dirección de un proceso o destacar algún aspecto del fenómeno u objeto representado (por ejemplo, uso de flechas que indican los diferentes recorridos de la circulación sanguínea) (ver figura 3). En cuanto a los *colores*, examinamos si hacen un uso adecuado de ellos para diferenciar los elementos o los distintos planos de la representación (ver figura 2).

6) *Rótulos*

Analizamos la presencia o no de etiquetas verbales que indican diferentes elementos de la representación (ver figuras 2 y 3).

7) *Título*

Contabilizamos la presencia o no de título que acompañe a la imagen. También analizamos sus características: si es más o menos simple y concretamente si hace referencia a que la imagen es un modelo o representación de un objeto o, si por el contrario, es un título “realista” o descriptivo.

8) *Relación entre la imagen y el texto*

Analizamos si el texto hace referencia o no a la presencia de la imagen. En caso afirmativo si se limita a una breve indicación (tipo “observa figura” o “véase fotografía”) o, por el contrario, trata de describir o explicar el fenómeno representado al guiar la interpretación y comprensión de la imagen. En esta categoría consideramos sólo el texto principal de la unidad didáctica, sin tener en cuenta la sección específica de Actividades que consideraremos a continuación.

9) *Actividades con imágenes*

Dentro de cada unidad didáctica se proponen diversas actividades dirigidas a los alumnos, por lo que consideramos que ameritan un estudio diferenciado. Analizamos si dichas tareas incluyen el uso de imágenes y cómo las incluyen. Distinguimos actividades en las que el uso o referencia a la imagen es algo secundario, de aquellas en que ésta es el objetivo principal. En este segundo caso también analizamos el tipo de tarea que solicitan: de interpretación y de elaboración o producción de imágenes; así como otras que sólo piden completar parte de la información (por ejemplo, llenar una tabla).

En el análisis comparativo de los cuatro libros de texto de ciencias naturales con los anteriores a la Reforma, sólo comparamos cualitativamente aquellas categorías que son comunes a ambos estudios. Concretamente las referentes a tipo de imagen, recursos gráficos, grafismos y colores, uso de rótulos y título así como la relación del texto con la imagen (categorías 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Procedimiento

De acuerdo con los criterios de análisis que acabamos de describir, cada una de las autoras analizó de manera independiente todas las unidades de los cuatro libros. Posteriormente se compararon los resultados, alcanzándose un total acuerdo en todas las categorías excepto en las del tipo de imagen con un porcentaje de acuerdo de 95%) y resolviendo los casos discrepantes –debido a una atención diferenciada a diversas características definidas de la imagen– de manera consensuada. Para el análisis comparativo con los libros de texto anteriores a la Reforma, se revisaron los criterios de análisis comunes entre ambos estudios y de sus principales resultados siguiendo el mismo procedimiento.

Resultados

Análisis de los cuatro grados

1) *Número de imágenes por página*

Este dato nos informa de hasta qué punto son importantes las imágenes en los libros de texto de la Reforma Integral en cada uno de los grados analizados. Como puede observarse en la gráfica 1, sexto supera a tercero y cuarto con una imagen más por página (los cuales tienen un número promedio similar de imágenes) y ambos grados se sitúan por encima de quinto, que presenta la mitad de imágenes que sexto, el cual es el grado que menos imágenes incluye para representar los fenómenos biológicos.

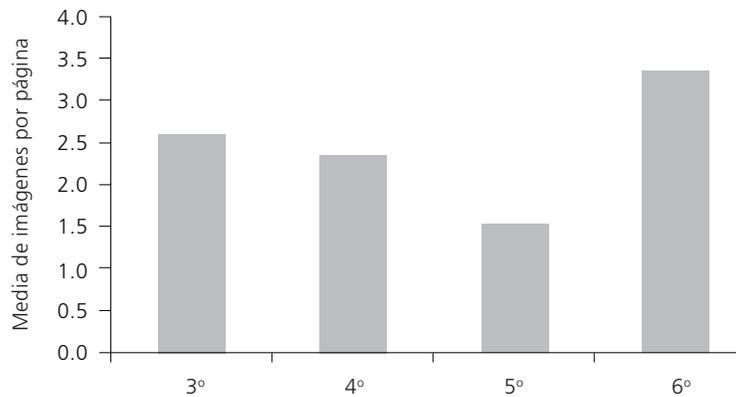
2) *Tamaño de la imagen*

Otro indicador de la importancia que se dan a las imágenes en los libros de texto, es el tamaño en el que son diseñadas, es decir, el porcentaje de espacio que ocupa cada imagen en la página (gráfica 2). Así, se puede observar que 5º muestra las de mayor tamaño, seguido de 3º frente a 4º y 6º que tienen imágenes de tamaño similar y algo más pequeñas (aunque en estos dos últimos casos ocupan la mitad de la hoja). Por tanto en primer lugar, obser-

vamos que las imágenes empleadas parecen ser de gran tamaño (oscilando entre la mitad y casi tres cuartas partes de la página) aunque esto –como comentaremos posteriormente– suele depender del tipo de imagen y, en segundo lugar, matizamos el dato de quinto en la medida en que es el grado que menos imágenes por página presenta porque éstas son de gran tamaño.

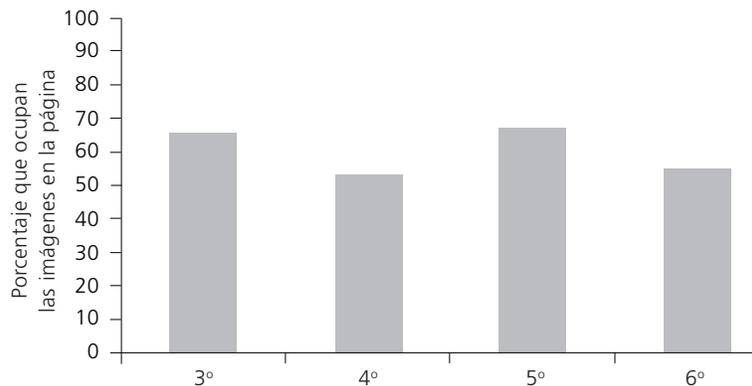
GRÁFICA 1

Número de imágenes por página en cada grado



GRÁFICA 2

*Tamaño de las imágenes
(medido en porcentaje de ocupación espacial en la página) en cada grado*



3) Tipo de imagen, recursos gráficos, grafismos y color

Aquí se comparan los resultados de cada uno de los cuatro grados escolares respecto de estas tres categorías.

En tercer grado se utilizan fundamentalmente diagramas de estructura (cuadro 1) seguidos de dibujos decorativos. En menor proporción hay “construcciones visuales” de grandes dimensiones (a veces sirven de presentación del tema y ocupan toda una página) y escasa presencia de fotografías. Hay un único diagrama de proceso (sobre el aparato digestivo). En general no hay utilización de recursos gráficos (detalles ampliados o cortes). Las estructuras internas suelen aparecer en un mismo plano con un uso adecuado de colores contrastados para diferenciarlas. Hay que destacar la explicitación del código de colores rojo y azul del sistema circulatorio en una leyenda, así como el uso de grafismos (flechas) en el diagrama de proceso.

CUADRO 1

Porcentaje total de cada tipo de imagen en los libros de texto de primaria

Tipo de imagen	3° grado	4° grado	5° grado	6° grado
“Construcción visual”	19.35	21.43	16.67	04.6
Diagrama de estructura	40.32	19.05	25.0	21.84
Diagrama de proceso	04.84			04.6
Dibujo decorativo	30.64	54.76		13.79
Fotografía decorativa	04.84	04.76	33.33	22.99
Microfotografía			25.0	19.54
Ecografía 3D				06.9
Gráficas (sectores/tablas numéricas)				02.3
Tabla verbal				02.3
Mapa				01.15

En cuarto grado, en comparación con tercero, llama la atención la drástica disminución de los diagramas de estructura, siendo los dibujos decorativos los predominantes que acompañan a las actividades así como las “construcciones visuales”. Sólo hay dos fotografías de unas esculturas y ningún

diagrama de proceso. Al igual que en tercero no hay uso de recursos gráficos (detalles ampliados o cortes) con la única excepción de dos diagramas de estructura en los que se presentan distintas perspectivas. En este caso se utilizan distintos colores para diferenciar las estructuras internas que aparecen en un mismo plano. Sin embargo, hay que destacar que en las “construcciones visuales” se usan “transparencias” superpuestas que, en ocasiones, no permiten distinguir las estructuras junto con un uso inadecuado de colores en los mismos tonos y sin contraste.

En quinto grado, teniendo en cuenta el contenido de la unidad (aparato sexual y glandular), el tipo de imágenes predominantes –en porcentajes similares– son las fotografías decorativas, las microfotografías y los diagramas de estructura. Tampoco se utilizan recursos gráficos (detalles ampliados o cortes) salvo una contextualización de las siluetas para presentar el cuerpo femenino y masculino. Como en cuarto grado, hay que destacar nuevamente que en el caso de las “construcciones visuales” (del aparato sexual femenino y masculino), no hay contrastes definidos de colores, dificultando la interpretación de las estructuras representadas en la imagen. Sin embargo, las microfotografías, la mayoría de las cuales son obtenidas mediante microscopio electrónico, al ser coloreadas digitalmente se diferencia claramente cada estructura (óvulo y espermatozoide).

Finalmente, sexto grado presenta porcentajes de imágenes predominantes similares a las empleadas en quinto (fotografías decorativas, microfotografías y diagramas de estructura). Sin embargo, lo interesante a destacar en este grado es la aparición de tipos de imágenes diferentes a las de los grados anteriores. Aunque en pequeñas proporciones, se presenta más variedad de tipos de imágenes, tanto específicas del contenido biológico (por ejemplo, ecografías 3D) como otras más generales (mapas, gráficas de sectores, tablas numéricas y verbales). Nuevamente, con la excepción de dos diagramas de estructura que presentan distintas perspectivas y otro caso de detalles ampliados, en general no hay uso de recursos gráficos. En los diagramas de estructura y “construcciones visuales” es difícil discriminar las diferentes estructuras porque no hay un buen uso de los colores ni suficiente nitidez. En las “construcciones visuales” el intento de ser lo más realista posible hace que no haya una clara diferenciación por colores de las distintas partes (por ejemplo, en un caso se representan diferentes sistemas, pero el que se ve más claro es el circulatorio al ser de color rojo, el resto de colores son en tonalidades grises y no permite discriminar si es un sistema o más de

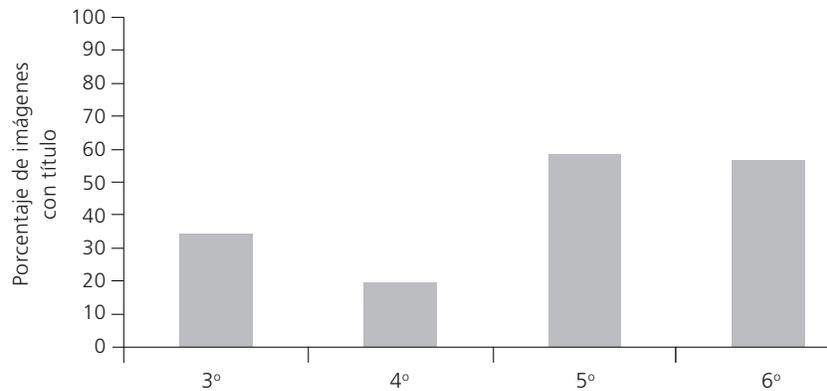
uno). Sin embargo, nuevamente en las microfotografías, el uso del color es muy adecuado porque permite identificar las estructuras claramente.

4) *Rótulos y título*

La presencia de título es un recurso muy importante porque, en ocasiones, cuando en el texto no se menciona, puede ser la única referencia a la imagen. Como se puede observar en la gráfica 3 su presencia es muy escasa: sólo en quinto y sexto grados se llega a titular aproximadamente la mitad de las imágenes presentadas mientras que tercero y cuarto quedan muy por debajo de ese porcentaje.

GRAFICA 3

Porcentaje de imágenes con título en cada grado



En cuanto a los rótulos no hay grandes diferencias por grado salvo el distinto tratamiento en función del tipo de imagen. Sólo los diagramas de estructura se presentan con rótulos, aunque en pocas ocasiones (a veces ninguno) y en su mayoría con títulos simples o sin título. Las “construcciones visuales” aparecen siempre sin rótulos y sin título –sólo hay una excepción en tercero con el sistema circulatorio que aparece con rótulos y título aunque hay que señalar que, en este caso, la imagen ocupa toda la página (SEP, 2010a:33). Los dibujos y fotos casi siempre aparecen sin título ni rótulos. En cuanto a las características de los títulos, además de ser muy escasos, todos son “realistas” o descriptivos (no aluden a que las

imágenes son modelos o representaciones) y en su gran mayoría son simples indicando únicamente el nombre del objeto o estructura (“aparato respiratorio”, “músculo”).

5) Relación entre imagen y texto

En este aspecto no hay diferencias entre los cuatro grados. En todos el texto principal no hace ningún tipo de referencia a la imagen (sólo algún caso muy puntual del tipo “Observa esta imagen”). Aunque el texto suele estar relacionado temáticamente con la imagen que lo acompaña, también hay casos en los que no se adecua del todo. Por ejemplo, la imagen aparece en la página siguiente o sólo está en parte relacionada con el texto. Esto ocurre con tres imágenes en tercero y con cinco en cuarto grado (SEP, 2010a:16, 25 y 35; SEP, 2010b: 20, 22, 23, 26 y 28).

6) Actividades con imágenes

Aquí analizamos el apartado de actividades que se proponen en cada unidad didáctica. En este aspecto hay grandes diferencias entre los cuatro grados: de todas las actividades planteadas no hay ninguna relacionada con las imágenes en quinto, hay 33.3% de actividades que incluyen imágenes en tercero y cuarto, y hasta 77.7% en sexto. Sin embargo, hay que señalar que en las actividades, aunque incluyan de alguna forma una imagen, no quiere decir que la trabajen de una manera explícita. Es decir, son muy escasas aquellas en las que el uso de la imagen sea su objetivo; es más recurrente la utilización como ilustraciones de situaciones que se pueden quitar y/o sustituir por su forma verbal.

Un ejemplo de actividad donde se trabaja la imagen explícitamente la encontramos en tercer grado (sólo una de las tres actividades es de este tipo) en la que se pide que se explique un fenómeno a partir de un diagrama de proceso. Frente al grado anterior, en cuarto hay un pequeño incremento de las actividades explícitas con imágenes (por ejemplo, observar y comparar dos fotos, comparar dos diagramas de estructura). En quinto no hay ninguna actividad con imágenes, mientras que en sexto aproximadamente la mitad de las actividades que se incluyen son de carácter explícito. Sin embargo, hay que señalar que la mayor parte de las actividades son de carácter reproductivo (tareas de producción como copiar o completar tablas) y no de interpretación de la imagen (sólo hay una excepción en cuarto con dos actividades de comparación de imágenes). También cabe

destacar que en la mayoría de las actividades no se emplean los tipos de imágenes utilizados en el resto de la unidad didáctica (por ejemplo, podemos encontrar diagramas de estructura sólo en el texto y tablas verbales sólo en las actividades).

Análisis comparativo cualitativo con los textos anteriores a la Reforma

1) Con respecto del tipo de imagen:

- a) En los libros de la Reforma hay una mayor diversidad de imágenes en los primeros grados (3º y 4º) que en los libros anteriores. Por ejemplo, en los anteriores de los mismos grados sólo se empleaban diagramas de estructura. En los actuales, aunque en porcentajes distintos en ambos grados, predominan tres tipos de imágenes (diagramas de estructura, dibujos y “construcciones visuales”).
- b) En los libros de la Reforma se introducen nuevos tipos de imágenes no presentes en los anteriores: las construcciones visuales.
- c) En los libros actuales frente a los anteriores, destaca la mínima o nula presencia de diagramas de proceso cuando antes eran predominantes en sexto.
- d) En ambos tipos de libros de texto destaca la ausencia de gráficas que pudieran ilustrar aspectos cuantitativos de la biología (puntualmente sólo hay una gráfica en sexto en ambos tipos de libros).
- e) En los dos tipos de libros de texto no se identifica un criterio de secuenciación del tipo de imágenes. Por ejemplo, en los libros de la Reforma es llamativa la mayor diversidad en sexto frente al resto de los grados. En el caso de los anteriores esta misma variedad de imágenes se encuentra en quinto.

2) En los libros de la Reforma no se aprecia el uso de *recursos gráficos* como cortes o detalles ampliados para ayudar a la interpretación de las imágenes mientras que en los anteriores hay una mejor utilización de recursos gráficos. Por ejemplo, los diagramas de estructura presentan detalles ampliados y contextualizaciones (comparación de aspectos externos e internos) y diversas perspectivas de una misma estructura.

3) Respecto del uso de los *colores*, los libros de la Reforma los usan de forma más adecuada pero única y exclusivamente en tercero. Posteriormente vuelven a ser inadecuados en cuarto, quinto y sexto grados

(especialmente en las construcciones visuales) excepto en el caso de las microfotografías.

4) Finalmente, en cuanto al uso de *rótulos, títulos y relación entre el texto y la imagen* no hay diferencias entre ambos, presentando un tratamiento similar: escasos rótulos, ausencia de títulos y no referencia de la imagen en el texto de forma explícita.

Discusión y conclusiones

Parece evidente la gran importancia que se les da a las imágenes sobre el cuerpo humano en los libros de texto analizados en este trabajo, si tenemos en cuenta el número de imágenes y el espacio por página dedicado a ellas. Nótese que, aunque el número de imágenes varía entre 1.5 hasta casi 4, el espacio dedicado a las mismas ocupa entre la mitad y casi tres cuartas partes de la página. Es decir, el texto principal ocuparía únicamente entre un tercio y la mitad de una página. Lo que indicaría el papel tan destacable que se le concede a las representaciones visuales en los libros de textos analizados.

Pasemos a considerar cuál es ese papel tan importante que se le otorga a las imágenes considerando las diferentes concepciones sobre su naturaleza propuestas en este trabajo. Ese papel puede ser, por una parte, una concepción intuitiva donde se asume una simplicidad y facilidad en el uso de las imágenes junto a su carácter realista y, por otra, la concepción constructivista en la que se las consideran como un sistema externo de representación y que muestra dificultades para su aprendizaje.

Empecemos contestando a las preguntas: *a)* ¿de qué tipo de representaciones visuales son las más frecuentes?, *b)* ¿existe algún criterio de secuenciación en los diferentes grados y *c)* ¿hay un predominio de representaciones realistas? Según nuestro análisis, no se detecta ningún criterio de secuenciación del tipo de imagen empleado a lo largo de los cuatro grados (ver cuadro 1), y pudiera parecer que el tipo de imagen está determinado por el fenómeno representado o la temática tratada en las diferentes unidades didácticas. En tercero y cuarto predominan, fundamentalmente, tres tipos (diagramas de estructura, dibujos y construcciones visuales) aunque en porcentajes diferentes. Los diagramas de estructura prevalecen en tercero mientras que en cuarto destacan los dibujos. Ambos grados presentan menos construcciones visuales aunque en un porcentaje similar. Frente a estos dos grados, en quinto y sexto imperan fundamentalmente otros tres tipos

de imágenes (fotografías, diagramas de estructura y microfotografías) en una proporción similar. No obstante en quinto hay una mayor presencia de fotografías decorativas que en sexto, ya que en la unidad didáctica se trata el tema de la reproducción representando familias con bebés y niños. Mientras que en sexto grado, aunque en pequeño porcentaje, tiene una gran variedad de imágenes, algunas no presentes en el resto de los grados debido al contenido –ecografías 3D para el tema del embarazo– pero también otras representaciones gráficas más generales: mapas, gráficas de sectores y tablas numéricas.

También hay que destacar, a lo largo de los cuatro grados, la casi inexistencia de diagramas de proceso con un escasísima presencia sólo en los grados tercero y cuarto, aun cuando este tipo de diagrama representa específicamente los aspectos fisiológicos y de relación de los sistemas del cuerpo humano que estamos analizando. Por lo tanto, no parece existir ningún criterio de secuenciación en el tipo de imágenes utilizadas a lo largo de los grados.

En cuanto a la naturaleza realista o no de las representaciones analizadas, si consideramos que las construcciones visuales y las fotografías son las representaciones a las que más realismo o semejanza entre la representación y el objeto representado se puede atribuir –seguidas de las microfotografías, las ecografías y los dibujos– podemos decir que constituyen un elevado porcentaje que oscila entre la mitad y 80% de estas imágenes (ver cuadro 1) a lo largo de los cuatro grados. Es decir, un gran porcentaje de las imágenes usadas en los libros de texto analizados se corresponde con una representación de naturaleza realista, por lo que podemos concluir que se le da una gran importancia al carácter realista de las representaciones para su presentación como objetos de aprendizaje. Este hecho apoya la idea de que la concepción subyacente que tienen los diseñadores sobre la naturaleza de las imágenes de libros de texto es intuitiva.

Sin embargo, hemos de ser cautos con los resultados aquí obtenidos en cuanto al tipo y diversidad de la representación visual, pues no hemos analizado cualquiera sino un tipo muy específico relacionado con los sistemas del cuerpo humano; este contenido restringe el tipo de representación usada. Por ejemplo, en términos generales podemos decir que para la representación de aspectos anatómicos los diagramas de estructura serían los más adecuados y los de procesos para representar los aspectos fisiológicos. Por otra parte, en los temas relacionados con la ecología, podemos aventurar que se encontrarán mayor número de fotografías o

gráficas numéricas, mientras que en los relacionados con genética mayor número de representaciones específicas de diagramas de ADN. Sin embargo, aun teniendo en cuenta lo anterior, nos parece interesante que haya una diversidad de tipos de imagen para representar un mismo fenómeno, de tal manera que se puedan realizar procesos de traducción y codificación de la información de unas representaciones a otras; lo que redundará en un aprendizaje de mayor calidad. Hay otro conjunto de resultados que nos permite inferir acerca de las concepciones que se mantienen sobre la naturaleza de las representaciones visuales.

En primer lugar, nos referimos a las pocas ayudas que ofrecen los libros de texto analizados para que el estudiante interprete las imágenes. Esta carencia se apoya en la escasa presencia de recursos gráficos tales como detalles ampliados de algún elemento de la representación, secciones o cortes específicos para acceder y mostrar elementos no visibles desde otras perspectivas y formas de contextualización del fenómeno. También se destaca la ausencia de grafismos –especialmente en los diagramas de proceso– y el uso inadecuado de colores –principalmente en las construcciones visuales– lo que ayudaría a diferenciar las distintas estructuras anatómicas implicadas y su ubicación en diversos planos.

Las ayudas de tipo verbal, como la existencia de rótulos y de títulos para la interpretación de las imágenes, tampoco parecen tener un papel destacado. Por lo tanto, dadas las pocas ayudas que presentan las imágenes para su interpretación, podemos concluir que lo que subyace es una concepción intuitiva, mediante la cual las representaciones visuales analizadas son representacionalmente “transparentes”, ya que parece que el significado de la imagen se obtiene de forma directa y automática y no se requieren procesos inducidos de aprendizaje mediante la enseñanza.

En segundo lugar, debido a las escasas alusiones a las imágenes que se hacen en el texto principal de las unidades didácticas analizadas, consideramos que a tales representaciones se les asigna un uso fundamentalmente decorativo. No se consideran objetos de aprendizaje en sí mismas –al nivel que el texto– aunque se dedique más espacio a las imágenes. ¿Cómo podemos explicar la paradoja de que a la representación que se trata de forma decorativa o como un mero adorno se le otorgue la mayor parte del espacio en las unidades didácticas analizadas que a representaciones más elaboradas desde el punto de vista cognitivo? Desde nuestro punto de vista, lo explicamos asumiendo la concepción que mantienen los di-

señadores de libros de texto: las imágenes son mejores, más atractivas, más motivadoras y beneficiosas en sí mismas que el texto, además de que se procesan de forma automática y sin apenas esfuerzo; es una idea plenamente compatible con la concepción intuitiva sobre la naturaleza de las imágenes.

En tercer lugar, en las pocas actividades que se demanda trabajar con imágenes no se proporciona ninguna guía para su análisis e interpretación; siendo en su mayoría actividades de carácter reproductivo, es decir, tareas que demandan copiar o completar la imagen. Este tipo de actividad sigue estando más cerca de la concepción intuitiva de las representaciones gráficas donde la copia y la apropiación de la representación externa se realizan mediante un procesamiento simple y directo. No se asume, por parte de los diseñadores de libros de texto, la necesidad de que para aprender a partir de la imagen es necesaria una traducción de la representación externa en una representación interna y el coste cognitivo que ello supone.

En comparación con nuestro estudio anterior (López-Manjón y Postigo, 2008) podemos destacar que las unidades didácticas analizadas en este trabajo introducen un nuevo tipo de imagen: las construcciones visuales. Este tipo de representación presenta una gran novedad y modernidad por su gran atractivo e impacto visual, de la mano del reciente desarrollo de las nuevas técnicas de tratamiento de la imagen. Sin embargo, aunque pensamos que al incluir este tipo de imagen el objetivo de los diseñadores de los libros de texto es que se acceda de manera tridimensional al interior del cuerpo humano y que su carácter “realista” las haga más susceptibles de aprendizaje, constituye –desde nuestro punto de vista– un tipo de representación muy complejo para que a partir de ellas puedan aprender los alumnos sobre el cuerpo humano. Esto es debido principalmente a cómo se presentan: la ausencia de recursos gráficos, rótulos y títulos y un uso inadecuado del color (ver figura 1). Por lo tanto en este caso, la introducción de un nuevo tipo de representación más realista no tiene por qué suponer un efecto beneficioso o positivo en el aprendizaje de los alumnos, ya que la concepción intuitiva y tradicional de la naturaleza de la imagen permanece intacta.

En contraposición, los libros anteriores a la Reforma utilizaban un poco más de ayuda a la interpretación de las imágenes mediante el uso de recursos gráficos (por ejemplo, detalles ampliados en los diagramas de estructura), así como mayor presencia de diagramas de proceso esenciales para describir algunos fenómenos biológicos.

Por otra parte hay que destacar que en ambos grupos de libros de texto hay ausencia de gráficas para representar los aspectos cuantitativos de la biología, quizá debido a que los temas se centran en los aspectos estructurales y fisiológicos del cuerpo humano. Asimismo, no hay diferencias en cuanto al escaso empleo de rótulos y títulos y referencias explícitas que relacionen la imagen con el texto principal. Esta falta de explicitación se ve apoyada por los resultados encontrados en Mares, *et al.* (2006) que analizan las lecciones sobre biología en los libros de texto de ciencias naturales de primaria de tercero a sexto grados publicados en 2001. En este estudio, 81.4% de las imágenes incluidas en los textos analizados no se mencionaban, es decir, el texto principal estaba diseñado de tal manera que era independiente de los recursos gráficos; sólo eran mencionadas en un 8.1% para demandar una referencia de observar y sólo un 6.7% estaban implicadas en una actividad distinta de observar.

Por todo lo anteriormente expuesto, podemos decir que las concepciones que han dirigido la selección, diseño y tratamiento de estas imágenes se corresponden con una intuitiva y que no han cambiado con la introducción de los nuevos libros de texto de ciencias naturales de la Reforma Integral sobre el contenido del cuerpo humano. Según esta concepción las imágenes se presentan como si fueran evidentes por sí mismas, fáciles de comprender, con un único y claro significado y que cuanto mayor realismo presenten mayor será el aprendizaje realizado por parte de los estudiantes.

El análisis de las imágenes en los libros de texto se puede realizar desde diferentes perspectivas y con distintos propósitos debido a la gran complejidad de su aprendizaje y de los múltiples factores que intervienen en el mismo. Hemos querido circunscribir nuestro estudio a un ámbito muy delimitado: las concepciones que tienen los diseñadores de libros de texto sobre las imágenes en las unidades didácticas relacionadas con el sistema corporal humano. Desde nuestro punto de vista estas concepciones pueden influir en el aprendizaje de los conceptos científicos y determinan la forma en que se utilizan en la enseñanza. En este estudio creemos que hemos puesto de manifiesto que la concepción sobre las imágenes analizadas del cuerpo humano es la intuitiva, realista y tradicional. Nuestra hipótesis es que para que las imágenes ayuden a que los estudiantes comprendan mejor el cuerpo humano debe subyacer al diseño y tratamiento una concepción más compleja como es concebir las representaciones visuales como un

sistema externo de representación cuyas implicaciones didácticas pasamos a considerar.

Algunas implicaciones didácticas

Los diseñadores de materiales instruccionales deberían tener en cuenta aspectos tales como los posibles destinatarios, propósitos y situaciones en las que se utilizarán las imágenes incluidas en un libro de texto; pero también que los alumnos pueden diferir en su interpretación y estrategias para utilizar diversas representaciones y, por tanto, no presentarlas como si fueran auto-explicativas. La dificultad de interpretación de las imágenes por parte de los alumnos no siempre es debida al propio diseño de la imagen, sino también a la falta de conocimiento sobre el tipo de representación y objeto representado y a las estrategias para su interpretación.

Los alumnos aprenden principalmente información verbal y durante su instrucción desarrollan y utilizan fundamentalmente estrategias y técnicas basadas en lo verbal para aumentar la codificación y el recuerdo. Como ejemplo de ello está la toma de apuntes o el subrayado. Sin embargo, los aspectos gráficos o visuales suelen ocupar un papel mucho más secundario en el ámbito académico o se les considera, como ya hemos analizado, un tipo de material que no requiere instrucción.

No obstante, los profesores deberían trabajar de manera específica con sus alumnos la forma de interpretación y uso de las imágenes. Es decir, realizar una verdadera alfabetización gráfica o *graphicacy* que fuera un complemento y nunca un rival de la *literacy* o alfabetización literaria. Una enseñanza que ayude a los alumnos a descifrar mensajes gráficos, de una manera autónoma, en lugar de dejarse llevar simplemente por la fuerza, la aparente sencillez y la inmediatez de la imagen (Postigo y Pozo, 2004).

Además de la enseñanza de estrategias para controlar el proceso implicado en la interpretación y producción de las representaciones (por ejemplo, por dónde empezar a analizarla, decidir qué representar o planificar cómo interpretarla o representarla según las metas y la audiencia), en el diseño de esa instrucción se debería incluir toda una serie de pautas para apoyar a los alumnos en el manejo de las representaciones visuales (López Manjón y Postigo, 2008). Entre las ellas, podemos destacar las siguientes:

- 1) Evitar el carácter de adorno o entretenimiento de las representaciones visuales devaluando su contribución al aprendizaje.

- 2) Elegir con cuidado qué tipo de representación visual es el más adecuado para cada tipo de información (Scheiter, Gerjets, Huk, Imhof y Kammerer, 2009) así como qué elementos deberían incluirse en la misma.
- 3) Tener en cuenta que, a pesar de la no-transparencia de estas representaciones, no todas son igualmente accesibles o decodificables. Por tanto sería aconsejable facilitar el aprendizaje sobre los principios y convenciones que subyacen a las distintas representaciones visuales (Constable, *et al.* 1988) haciendo explícitos sus códigos a través de diversos recursos gráficos.
- 4) Ampliar las características y funciones de las representaciones visuales pasando de usarlas exclusivamente para exponer conceptos o instruir en su interpretación, a utilizarlas en contextos de solución de problemas, actividades de investigación o argumentación acerca de un fenómeno.
- 5) Realizar actividades de producción y traducción a distintos formatos de representaciones así como de integración con textos.
- 6) Incluir las representaciones visuales en las actividades de evaluación. Algunas concepciones previas pueden explicitarse a través de la interpretación o realización de un dibujo o un diagrama en la medida en que implica un manejo de sus convenciones y una comprensión significativa del contenido. Al mismo tiempo, su inclusión en la evaluación puede contribuir a cambiar la actitud de profesores y alumnos hacia este tipo de material dando lugar a una revalorización de las representaciones visuales.

Tal y como apunta Lowe (1993:10) “...leer un diagrama abstracto es una tarea que puede ser tan especializada y demandante como leer un texto”. Por lo que esta alfabetización visual o gráfica es necesaria no sólo porque las representaciones visuales sean cada vez más frecuentes en nuestra cultura sino también porque cada vez son más variadas y complejas.

Notas

¹ Aunque utilizaremos de manera intercambiable términos como imagen y representación visual quizá el término representación visoespacial sería más adecuado (aunque suene peor) porque recoge una parte esencial de estas representaciones como es su naturaleza espacial.

² Escasas investigaciones en comparación con las investigaciones sobre la comprensión de conceptos científicos a partir de textos.

³ Ver *Plan de estudios 2009. Educación básica primaria*, disponible en: <http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/primaria/plan/PlanEstEduBas09.pdf>

⁴ Entendemos por decorativo aquellas imágenes (dibujos, fotografías) que aunque relacionadas temáticamente con el fenómeno, su función es adornar y por tanto pueden ser prescindibles.

Referencias

- Andersen, C.; Scheuer, N.; Pérez Echeverría, M.P. y Teubal, E. (eds) (2009). *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge*, Rotterdam: Sense Publishers.
- Barquero, B.; Schnotz, W. y Reuter, S. (2000). "Adolescents' and adults' skills to visually communicate knowledge with graphics", *Infancia y Aprendizaje*, núm. 90, pp. 71-87.
- Blystone, R. V. (1989). "Biology Learning Based on Illustration", en W. G. Rosen (ed.), *High-school biology today and tomorrow*, Washington, DC: National Academy Press, pp. 155-164.
- Bowen, G. M. y Roth, W.-M. (2002). "Why students may not learn to interpret scientific inscriptions", *Research in Science Education*, vol. 32, núm. 3, 303-327.
- Cheng, P. C.-H.; Lowe, R. K. y Scaife, M. (2001). "Cognitive Science Approaches to understanding Diagrammatic Representations", *Artificial Intelligence Review*, vol. 15, núm. 1, 79-94.
- Colin, P.; Chauvet, F. y Viennot, L. (2002). "Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views", *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 3, pp. 313-332.
- Constable, H.; Campbell, B. y Brown, R. (1988). "Sectional Drawings from Science Textbooks: An Experimental investigation into pupils' understanding", *British Journal of Educational Psychology*, vol. 58, núm. 1, pp. 89-102.
- Cook, M.; Carter, G. y Wiebe, E. (2008). "The interpretation of cellular transport graphics by students with low and high prior knowledge", *International Journal of Science Education*, vol. 30, núm. 2, pp. 239-261.
- Fanaro, M. A.; Otero, M. R. y Greca, I. M. (2005). "Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, núm. 2, pp. 1-24.
- Gómez Crespo, M. y Pozo, J. I. (2004). "Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes", *International Journal of Science Education*, vol. 26, núm. 11, pp. 1325-1343.
- Jimenez, J. D. y Perales, F. J. (2001). "Aplicaciones del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 19, núm. 1, pp. 3-19.
- Kearsey, J. y Turner, S. (1999). "How useful are the figures in school biology textbooks?", *Journal of Biological Education*, vol. 33, núm. 2, 87-94.
- Kindfield, A. C. H. (1993/1994). "Biology Diagrams: Tools to Think With", *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 3, núm. 1, 1-36.
- Kosslyn, S.M. (1989). "Understanding charts and graphs", *Applied Cognitive Psychology*, vol. 3, 185-226.
- Leinhardt, G.; Zaslavsky, O. y Stein, M. K. (1990). "Functions, graphs, and graphing: tasks, learning and teaching", *Review of Educational Research*, vol. 60, núm. 1, 1-64.
- Levin, J. R. (1981). "On functions of picture in prose", en Pirozzolo y Wittrock (eds.), *Neuropsychological and cognitive processes in reading*, Nueva York: Academic Press.

- López-Manjón, A. y Postigo, Y. (2008) "De las representaciones en biología a las ilustraciones de los libros de texto" en G. Mares (coord.) *Diseño psicopedagógico de textos*, México: UNAM.
- Lowe, R. K. (1993). *Successful instructional diagrams*, Londres: Kogan Page.
- Maienschein, J. (1991). "From presentation to representation", en E. B. Wilson's, *The cell. Biology and Philosophy*, 6, 227-254.
- Mares, G.; Rivas, O.; Pacheco, V.; Rocha, H.; Dávila, P.; Peñalosa, I. y Rueda (2006). "Análisis de lecciones de enseñanza de biología en primaria", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 11, núm. 30, pp. 883-911.
- Martí, E. (2003). *Representar el mundo externamente. La adquisición infantil de los sistemas externos de representación*, Madrid: Antonio Machado Libros.
- Martí, E. y Pozo, J. I. (2000). "Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación", *Infancia y Aprendizaje*, vol. 90, 11-30.
- Molitor, S.; Ballstaedt, S. P. y Mandl, H. (1989). "Problems in knowledge acquisition from text and pictures", en H. Mandl y J.R. Levin, J.R. (eds.) *Knowledge acquisition from text and pictures*, Amsterdam: North-Holland.
- Otero, M. R.; Moreira, M. A. y Greca, I. M. (2002). "El uso de imágenes de textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria", *Investigaciones en Ensino de Ciencia*, vol. 7, núm. 2, pp. 127-154.
- Otero, M. R.; Greca, I. M. y Silveira, F. L. (2003). "Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: un estudio comparativo", *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia*, vol. 2, núm. 1.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. (2002). "Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, núm. 3, pp. 369-386.
- Pérez Echeverría, M. P.; Postigo, Y.; López-Manjón, A. y Marín Oller, C. (2009). "Aprender con imágenes e información gráfica" en Pozo y Echeverría (eds.), *Psicología del Aprendizaje Universitario*, Madrid: Morata.
- Pérez Echeverría, M. P. y Scheuer, N. (2009). "External representations as learning tools", en Andersen, Scheuer, Pérez. Echeverría y Teubal (eds.), *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge*, Rotterdam: Sense publishers.
- Pérez Echeverría, M. P.; Martí, E. y Pozo, J. I. (2010). "Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente", *Cultura y Educación*, vol. 22, núm. 2, pp. 133-147.
- Pérez de Eulate, L.; Llorente, E. y Andrieu, A. (1997). "Las imágenes en los libros de texto de ciencias. Un estudio en la Educación Primaria", en Martín (ed.), *Del texto a la imagen. Paradojas en la educación de la mirada*, Valencia: Naulibes.
- Pérez de Eulate, L. y Llorente, E. (1998). "Las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de la biología", *Alambique: Didáctica de las Ciencias Sociales*, núm. 16, pp. 45-53.
- Pérez de Eulate, L.; Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). "Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, núm. 2, pp. 165-178.

- Pinto, R. y Ametller, J. (2002). "Student's reading of innovative images of energy at secondary school level", *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 3, pp. 285-312.
- Postigo, Y.; Pérez Echeverría, M. P y Marín, C. (2010). "¿Cómo usan y comprenden los gráficos los estudiantes universitarios?", *Revista IRICE*, núm. 21, pp. 81-94.
- Postigo Y. y Pozo, J. I. (1999) "Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica", en Pozo y Monereo (coords.) *El aprendizaje estratégico: enseñar a aprender desde el currículo*, Madrid: Santillana.
- Postigo Y. y Pozo, J. I. (2000). "Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: interpretación de gráficas por alumnos adolescentes", *Infancia y Aprendizaje*, vol. 90, pp. 89-110.
- Postigo, Y. y Pozo, J. I. (2004). "On the road to graphicacy: the learning of graphical representation systems", *Educational Psychology*, vol. 24, núm. 5, pp. 623-644.
- Pozzer-Ardenghi, L. L. y Roth, W.-M. (2003). "Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, núm. 10, pp. 1089-1114.
- Pozzer-Ardenghi, L. y Roth, W.-M. (2004). "Making sense of photographs", *Science Education*, 89, 219-241.
- Roth, W.-M.; Pozzer-Ardenghi, L. y Han, J. Y. (2005). *Critical graphicacy: Understanding visual representation practices in school science*, Dordrecht: Springer.
- Salsa, A y Peralta, O. (2010). "La influencia cognitiva, cultural y educativa de las representaciones externas", *Revista IRICE*, núm. 21, 7-12
- Scheiter, K.; Gerjets, P; Huk, T.; Imhof, B. y Kammerer, Y. (2009). "The effects of realism in learning with dynamic visualizations", *Learning and Instruction*, 19, pp. 481-494.
- SEP (2005a). *Ciencias Naturales. Tercer grado, 2° edición, 5° reimpresión*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2005b). *Ciencias Naturales. Cuarto grado, 2° edición, 5° reimpresión*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2005c). *Ciencias Naturales. Quinto grado, 2° edición, 5° reimpresión*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2005d). *Ciencias Naturales. Sexto grado, 2° edición, 5° reimpresión*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2010a). *Ciencias Naturales. Tercer grado*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública. Disponible en: <http://issuu.com/sbasica/docs/ab-cn-3-baja2>.
- SEP (2010b). *Ciencias Naturales. Cuarto grado*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública. Disponible en: <http://issuu.com/sbasica/docs/ab-cn-4-baja>
- SEP (2010c). *Ciencias Naturales. Quinto grado*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública. Disponible en: <http://issuu.com/sbasica/docs/ab-cn-5-baja>
- SEP (2010d). *Ciencias Naturales. Sexto grado*, Ciudad de México: Secretaría de Educación Pública. Disponible en: <http://issuu.com/sbasica/docs/ab-cn-6-baja1>
- Soyibo, K. (1994). "Misleading labellings in biology textbook drawings", *Australian Science Teachers Journal*, vol. 40, núm 2, pp. 10-14.

- Stylianidou, F. y Ogborn, J. (2002). "Analysis of science textbook picture about energy and pupils' reading of them", *International Journal of Science Education*, vol. 24, núm. 3, pp. 257-283.
- Van Gendt, K., y Verhagen, P. (2001, noviembre). *Visual testing. Searching for guidelines*, ponencia presentada en la 24th National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Atlanta, Georgia.
- Vosniadou, S. (1994). "Capturing and modelling the process of conceptual change", *Learning and Instruction*, vol. 4, núm. 1, pp. 45-69.
- Weidenmann, B. (1994). "Codes of instructional pictures", en Schnotz y Kulhary (eds.), *Comprehension of graphics*, Amsterdam: North-Holland.
- Winn, W. D. (1989). "The design and use of instructional graphics", en Mandl y Levin (eds.) *Knowledge acquisition from text and pictures*, Amsterdam: North-Holland.

Artículo recibido: 29 de marzo de 2011

Dictaminado: 15 de agosto de 2011

Segunda versión: 6 de septiembre de 2011

Comentarios a la segunda versión: 28 de septiembre de 2011

Tercera versión: 11 de octubre de 2011

Aceptado: 17 de octubre de 2011