
LAS IMÁGENES GEOLÓGICAS Y GEOCIENTÍFICAS EN LIBROS DIDÁCTICOS DE CIENCIAS

SILVA, FERNANDA KEILA MARINHO DA y COMPIANI, MAURÍCIO

Departamento de Geociencias Aplicadas a la Enseñanza, Instituto de Geociencias
Unicamp. Campinas. SP, Brasil
fernanda@ige.unicamp.br
compiani@ige.unicamp.br

Resumen. El objetivo central de este artículo es presentar una lectura de las imágenes geológicas y geocientíficas utilizadas en los libros didácticos de ciencias así como clasificarlas según las funciones ya citadas en la literatura. El marco teórico utilizado demuestra la importancia de la imagen para la construcción conceptual y destaca las relaciones entre la imagen y el texto. Para esta investigación se analizaron los libros más utilizados por los profesores participantes de un proyecto de formación continuada en el municipio de Campinas, Estado de São Paulo (Brasil). Percibimos que la mayoría de las imágenes desempeñan una función ilustrativa en relación con el texto que las acompaña, mostrando que el potencial de la imagen para la construcción conceptual del área geológica está siendo escasamente aprovechado.

Palabras clave. Imágenes, libros didácticos, enseñanza de geología y geociencia, enseñanza de la ciencia.

The geological and geoscientific images in science textbooks

Summary. The aim of this paper is to present the results of an investigation about uses of geological/geoscientific images in science textbooks. As part of the analysis, the images were classified by the use of functions described in the literature about science education. The theory shows the important role of images in promoting conceptual development and its relationship with verbal language. The textbooks analyzed have been chosen considering the preferences of a group of teachers that had participated in an in-service teachers educational project, in Campinas, Brazil. It has been noticed that most of the images identified in the textbooks play an illustrative function in relation to verbal texts, which means that the images potential for developing geological concepts is being neglected.

Keywords. Images, textbooks, geology/geoscience teaching, science teaching.

INTRODUCCIÓN

El intenso uso que los docentes de enseñanza primaria y secundaria¹ hacen de los libros didácticos justifica la realización de numerosos estudios en el área de didáctica de las ciencias. En nuestro caso decidimos realizar una investigación sobre los libros más empleados por los docentes participantes del proyecto *Geociencia y la Formación Continuada de Profesores en Ejercicio de la Enseñanza Fundamental*, en el cual estábamos

analizando los problemas de enseñanza y aprendizaje en los temas de geología y geociencia². En este contexto, alumnos de graduación de la universidad (Finco, 1997; Silva, 1998) realizaron sus trabajos de iniciación científica sobre el tema. Este último culminó con un estudio más profundo, de nivel de maestría, sobre las imágenes empleadas para comunicar temas geológicos que será descrito aquí parcialmente (Silva, 2002).

Los estudios que analizan imágenes son de gran interés para las investigaciones en educación, pues, a pesar de la cantidad creciente de trabajos con tal preocupación, aún no se otorga suficiente importancia al papel que desempeña el recurso visual para la construcción de conceptos científicos. La predominancia de la comunicación escrita en el aula no permite todavía que las imágenes sean consideradas en toda su potencialidad como un lenguaje capaz de auxiliar en la comprensión de conceptos.

El propósito de este trabajo es presentar una lectura de las imágenes geológicas y geocientíficas encontradas en los libros didácticos y analizarlas en el marco de las funciones ya reconocidas por la literatura existente. Estas funciones serán discutidas y cuestionadas a la luz de la epistemología de la ciencia geológica y darán como resultado una contribución en el campo de las ciencias naturales del cual el área geológica representa buena parte de los contenidos tratados en la educación primaria.

MARCO TEÓRICO

Al iniciar su artículo «El papel de la imagen, de la imaginación y del imaginario en la educación creadora», Novaes (1985) destaca la importancia de la imagen con las siguientes palabras: «La imagen, sin duda, se constituye en *mediador* indispensable en el desarrollo del pensamiento, de la acción y del lenguaje del educando. Siendo así, se considera importante que una propuesta de educación creadora tome en cuenta la posibilidad de su contribución a un pensar productivo, a un actuar participativo y a un comunicar debidamente contextualizado socioculturalmente.» (p. 28)

Esta manera de pensar la imagen expande su contenido, permitiendo el desarrollo continuo de los niveles de abstracción y buscando, a su vez, diversos niveles de comprensión para que pueda colaborar con el entendimiento de conceptos, principios y generalizaciones. Como también apunta Novaes (1985): «La imagen utilizada con creatividad en educación permite promover formas diferenciadas de percepción, de discriminación y de valorización de la realidad y estimula comportamientos vinculados a la originalidad y a la apreciación de lo nuevo, despertando la curiosidad, la receptividad y la autodirección.» (p. 31)

Al analizar los libros didácticos encontramos una gran cantidad de imágenes. Carneiro (1997) afirma que la importancia de la imagen llega a determinar la calidad del material: «Para muchos profesores, la calidad de este material está directamente relacionada con la cantidad y con la calidad visual de las imágenes presentadas: “éste es un buen libro porque tiene muchas ilustraciones...” o «Cuanto más ilustrado el libro, mejor para que los alumnos aprendan» (p. 367). Sin embargo, parece haber una cierta incoherencia entre el discurso y la práctica, pues al usar el libro en el aula, raramente las imágenes son utilizadas.

Lectura de imágenes

Cuando hablamos de lectura de imágenes es porque otorgamos a la imagen una categoría dentro de un sistema de representación. No creemos que exista sólo una manera de leer imágenes que sea la más correcta desde el punto de vista educacional sino que esa lectura depende del sujeto, de la percepción de cada individuo y de su grado de instrucción en el mundo de las imágenes. Por otra parte, desde el objeto-imagen, la lectura depende de la propia característica polisémica de la imagen.

En Almeida Jr. (1989, p. 162), encontramos que «el carácter polisémico de la imagen consiste en la densidad de los significados posibles de obtener por la lectura atenta de la misma». A fin de simplificar conceptos, podemos entender por *polisemia*, los diferentes significados que una imagen puede adquirir.

En este sentido, podemos distinguir, en la imagen, el nivel de denotación y el nivel de connotación. Peraya (1996) explica tal distinción de la siguiente manera: «Imaginemos una foto en una propaganda de cualquier bebida. La imagen podría ser descompuesta en dos niveles: la descripción de la foto que presenta / representa una situación real; las olas del océano azul turquesa rompiendo, la botella de tal aperitivo, una joven bronceada [...] asegurando un vaso en el que se deslizan gotitas de condensación, etc.: es la denotación de la imagen. El análisis de los significados asociados: a los colores y al ambiente que me remiten a una cierta idea de exotismo, a la mujer cuya actitud evoca ternura, seducción y sensualidad. Tantas ideas que podrán ser por mí –y por el gran público a quien esa propaganda está destinada– asociadas a la bebida representada: son las connotaciones de la imagen.» (p. 503)

Concordamos con Peraya que una lectura de ese tipo tiene más interés para el alumno, pues permite, como él mismo señala, evidenciar la diferencia entre los procesos descriptivos e interpretativos, los cuales permiten pasar de la observación al análisis, de la comprensión a la interpretación. Barthes (1990) distingue, para ciertas imágenes, dos mensajes a ser transmitidos: uno es el mensaje denotado, que es el propio *analogon*, y un mensaje connotado, que es la manera por la cual la sociedad lee, piensa e interpreta la imagen. Nos referimos a «ciertas imágenes», pues, para el autor, son las artes imitativas las que tienen tales mensajes, esto es, las reproducciones analógicas de la realidad, y esta dualidad de mensajes es evidente en todas las representaciones no fotográficas.

Esa lectura connotativa tiene especial interés en este trabajo, pues, en el caso de los libros didácticos, es formulada por el propio texto. Cuando Barthes destaca, como procedimientos de connotación en términos estructurales, el truco, la pose, los objetos, la fotogenia, lo estético y la sintaxis, destaca también que el «texto es otro método de la connotación». Siendo así, el texto es un mensaje parásito, que ofrece uno o varios significados responsables de otorgar uno o diversos sentidos –tantos como sea posible– a la imagen.

Es interesante cuestionarnos sobre la existencia o no de la «imagen literal», es decir, de una imagen presentada

solamente en el nivel denotado. Podemos suponer, simplificada, que esta imagen es aquella desprovista de todo saber, sea social, cultural o cualquier otro que pueda interferir para la atribución de sentidos que no estuvieran debidamente codificados en la imagen. Sin embargo, tal vez esto no sea posible. Reconocer y utilizar la lectura connotativa en las prácticas educativas puede alimentar la intuición y contribuir con los valores, individuales, culturales, científicos u otros, de los estudiantes.

Relación imagen-texto

Entre las páginas de los manuales es bastante común que el texto principal, aunque también leyendas y títulos de capítulos o subcapítulos, esté intercalado con las imágenes. Cada uno de estos tipos de textos presupone una interacción diferente con la imagen que está a su lado, lo que nos responde parcialmente la cuestión señalada por Barthes (1964c, p. 38, citado en Santaella, 1999, p. 54): «¿Será que la imagen es simplemente una duplicación de ciertas informaciones que un texto contiene y, por lo tanto, un fenómeno de redundancia, o será que el texto agrega nuevas informaciones a la imagen?» Con las diferencias propias de cada ejemplo hallamos que en muchas oportunidades los libros didácticos presentan la imagen como réplica de la información textual pero, en otras, la imagen asume una importancia mayor.

Kalverkämper (1993, p. 207, citado en Santaella, 1999, p. 54) diferencia tres formas frecuentes de relación imagen-texto, que nos parecen pertinentes para nuestro análisis:

1) La imagen es menos importante que el texto y simplemente lo complementa, siendo, por lo tanto, redundante. La autora nos recuerda que las ilustraciones de los libros cumplen ocasionalmente esa función, cuando, por ejemplo, existe el mismo libro en otra edición sin ilustraciones.

2) La imagen es más importante que el texto y, por lo tanto, lo domina, ya que la imagen en este caso es más informativa que el texto. Los ejemplos en las enciclopedias son frecuentemente de este tipo: sin la imagen es muy difícil obtener una concepción del objeto.

3) Imagen y texto tienen la misma importancia. La imagen, en este caso, se integra al texto.

Como veremos, las relaciones existentes en los textos analizados son de las más diversas y encuentran alguna similitud con cada una de las formas presentadas en Santaella (1999).

Algunas peculiaridades de la geología y la geociencia

Compiani y otros (1996) argumentan que, en términos estrictamente pedagógicos, la importancia de las geociencias se debe a características intrínsecas de su contenido que implica el uso, y también amplía las nociones de espacio y tiempo, de relaciones de causalidad, de argumentar y de narrar procesos históricos y de una visión menos antropocéntrica de la naturaleza. La enseñanza

de geociencias permite a los estudiantes, en una oportunidad casi exclusiva comparada con otras ciencias, el desarrollo de habilidades cognitivas esenciales y de una visión espacial, en la medida en que involucra las dimensiones locales, regionales y planetarias del espacio y su representación bidimensional y tridimensional. También Orion y otros (1996) resaltan el pensamiento científico, las dimensiones de tiempo y espacio, la educación ambiental y la naturaleza interdisciplinaria de las geociencias como algunas de sus potencialidades educativas.

¿Pero, no obstante estas características, realmente, en qué se distingue la geología y la geociencia de las otras áreas?

Según Potapova, la «geología investiga todos los procesos naturales en sus interrelaciones históricas. Los procesos contemporáneos no son más que un elemento en el infinitamente largo proceso de la evolución» (1968, p. 3). De hecho, lo que dice esta autora nos coloca frente a frente con una de las más importantes características de la geología: su carácter histórico en base al cual puede ser reconocida como una ciencia histórica de la naturaleza³. Para Paschoale (1989, p. 22-23), la naturaleza histórica de la geología «caracterizada por el reconocimiento del vestigio, o sea, del objeto identificado en la superficie terrestre como documento, en las explicaciones que esta ciencia produce» viene de la inclusión del factor tiempo y espacio, y de sus gigantescas dimensiones. En este sentido, podemos percibir una diferencia entre ésta y las ciencias experimentales (por ejemplo, la física y la química), en la medida que, para estas últimas, el espacio y el tiempo, desde un punto de vista histórico, no tienen un papel significativo en el proceso intelectual. (Frodeman, 2001).

La consideración del tiempo en las explicaciones de la geología y la geociencia nos remite a otra característica de esta área que es el carácter hipotético de sus explicaciones. En otras palabras, lo que conduce a las explicaciones e investigaciones en geología son justamente las hipótesis y teorías que buscan contar y entender la historia del planeta. Esta historia es contada considerando las marcas y registros producidos por todo tipo de proceso natural. Es justamente este registro el objeto de investigación geológico.

Este vestigio es siempre un índice⁴ que pone de manifiesto un proceso, que da testimonio de algún hecho (geológico) en tiempo (geológico). Es este documento (vestigio) el generador de los problemas o cuestionamientos de la geología, una vez que, en las ciencias históricas, las causas y las consecuencias que giran en torno de un determinado vestigio son las que alimentan las investigaciones del área. La preocupación, en este caso, es comprender los procesos y ordenar cronológicamente los hechos a partir de los vestigios. Entretanto, la formulación de una explicación no es algo simple y lineal... Aquí entra en escena un ejercicio del pensar geológico, que es la importancia de la generación de hipótesis para las explicaciones, ya que se buscan las causas a partir de los efectos. Los hechos son intuidos a medida que el geólogo interpreta vestigios, crea hipótesis con la intención de explicar las causas a partir de sus consecuencias o, en otras palabras, los hechos se explican a partir de un proceso de reconstrucción histórica.

Compiani (1996) afirma que la mayoría de los geólogos considera que la naturaleza sintética y compleja del conocimiento geológico es un obstáculo en la enseñanza fundamental. De hecho, enseñar estos conceptos, para estudiantes de nivel primario, privilegiando un cuerpo jerarquizado de conocimientos, adoptando métodos determinados por la racionalidad y por el tecnicismo, puede traer enormes perjuicios para el estudiante. Además, no es solamente en la enseñanza de los temas geológicos que esta manera de transmitir o reproducir ideas hacia los alumnos puede implicar problemas de comprensión de la ciencia.

Algunas de las características que se presentan como dificultades para su enseñanza, entre éstas, la falta de datos, la falta de control experimental, las grandes escalas de tiempo, las transformaciones geológicas y la dificultad de hacer observaciones directas... pueden convertirse en un punto de partida interesante. Para Orion y otros (1996): «Las ciencias de la Tierra estimulan a los alumnos para ser los detectives científicos a través del desarrollo de habilidades intelectuales y prácticas, actitudes y metodologías, relacionadas a solucionar problemas. [...] La función de la conjetura, la creación de hipótesis de trabajos múltiples, la propuesta de investigación, la formulación de observaciones relevantes, el desarrollo de una variedad de habilidades de registro: hacer pronósticos, testar ideas, deducir, interpretar y comunicar los hallazgos; inducción, deducción y falsificación, todos tienen su función.» (p. 126)

Compiani (1996) piensa que en la enseñanza primaria los niños pueden ser iniciados en el ejercicio de causas y efectos distantes temporal y espacialmente, así como también es posible trabajar en la explicación de fenómenos de causas diversas, de modo que se puedan construir razonamientos más complejos y diferentes de la causalidad lineal y simple. Sin duda, eso expresaría un intento válido de modificar una de las reglas habituales del razonamiento causal cotidiano de los alumnos, que es la proximidad espacial y temporal entre causa y efecto.

Además de estos aspectos, la concepción histórica de la geología y la geociencia puede ser un instrumento valioso para el tratamiento de la cuestión ambiental, desde la apropiación de la naturaleza por el hombre hasta su importancia en el momento histórico actual.

La imagen y la geología y la geociencia

Según Compiani (1996b): «El recurso visual amplía las posibilidades de trabajar con la gigantesca dimensión del espacio y el tiempo. También de trabajar la gran variedad de niveles observables (de lo micro a lo macro, hasta lo astronómico), donde tenemos una gama enorme de formas diversas que van desde el universo visible a la Tierra, los continentes, sus estructuras, rocas, minerales hasta la estructura cristalina y química de la materia. Además de esto, tenemos que la geociencia comparte con todas las otras ciencias un problema, que es el de la representación en las explicaciones, ya que, normalmente, es presentada en dos dimensiones (el papel), cuando sabemos que el mundo se presenta en tres dimensiones con, por lo menos, una cuarta dimensión: el tiempo.» (p. 118)

La expresividad de la imagen para esta ciencia es tan alta que, en muchas ocasiones, los estudiantes entienden los gráficos, mapas y diagramas como sinónimos de la propia geología (Amador, 1998). En palabras de la autora: «esta identidad comprobada entre una disciplina y sus instrumentos es significativa de la importancia que las imágenes poseen en esta área de conocimiento.» (p. 22)

En un libro universitario de geología general o de ciencias de la Tierra, es posible encontrar que las imágenes son usadas de distintas formas: como elementos ilustrativos, como complemento del texto, pero se destacan cuando son usadas para comunicar la propia esencia de la geología. En un libro didáctico, como los usados en las escuelas ocurre lo mismo. ¿Cómo describir el interior de la Tierra, sin recurrir a la división en capas concéntricas? ¿Cómo presentar las distintas y antiguas disposiciones continentales sin recurrir a la secuencia de globos terráqueos con la deriva de los continentes? ¿Cómo explicar el ciclo hidrológico sin recurrir a los esquemas conocidos?

Engelhardt y Zimmermann (1988) afirman que «una de las peculiaridades de los textos geocientíficos es que no comunican solamente a través del lenguaje verbal, sino que cuentan también con representaciones no verbales, como fotografías, dibujos, gráficos y mapas» (p. 51).

Al considerar las gigantescas escalas espaciales y temporales, las constantes formulaciones de modelos para explicar teorías que no son aplicables en experimentos de laboratorios, las formulaciones de hipótesis de trabajo, en fin, la complejidad del objeto y de los fenómenos, así como la manera de elaborar las explicaciones, percibimos que las imágenes son elementos esenciales de la práctica geológica, como también de las prácticas de la enseñanza de geología y geociencia. La formulación del lenguaje visual concomitantemente al entendimiento o al surgimiento de la ciencia geológica es el indicador más preciso de esta estrecha y dependiente relación, como bien demuestra Rudwick en el interesante artículo publicado en el año 1976.

Resumiendo: las características más importantes respecto a la geología (su carácter de ciencia histórica) y la dimensión del factor tiempo (el tiempo geológico), pueden ser activamente exploradas cuando se utilizan imágenes. Las explicaciones producidas por esta ciencia advienen de la identificación de un documento, del reconocimiento de un vestigio que se encuentra en la superficie terrestre pero no se sabe en qué tiempo ese documento fue producido y esto hace que la cuestión temporal tenga un papel fundamental en las explicaciones. Compiani (1997) señala la necesidad de la búsqueda de otras formas de lenguaje para las ciencias naturales y para la geología: «Discutir alternativas al reinado de la escritura es fundamental para abrir nuestra mirada a nuevas potencialidades del conocimiento y del contexto escolar, principalmente para nosotros, geocientistas, que sabemos de la relevancia que existe en la enseñanza de la geociencia, la abstracción, las narrativas históricas, los raciocinios visuales y espaciales, el uso de analogías y modelos, etc.» (p. 329).

MATERIAL ANALIZADO

Nuestro análisis se centró en los libros de 5º grado de la enseñanza primaria, correspondiente a niños de unos 11 años de edad. En Brasil, en este nivel de la enseñanza, los contenidos de geociencia figuran en el currículo con mayor frecuencia, con un énfasis en la temática del medio ambiente, recursos naturales y aspectos ligados a la salud del ser humano. Los libros analizados más utilizados por los docentes participantes del proyecto *Geociencia y la Formación Continua de Profesores en Ejercicio de la Enseñanza Fundamental* fueron el de Carlos Barros y Wilson Roberto Paulino y el de Demétrio Gowdak y Eduardo Martins⁵.

Sobre la gran cantidad de imágenes en los libros

Los valores relativamente altos de imágenes que encontramos en nuestro análisis muestran la pertinencia de este tipo de trabajos. El cuadro ilustra los porcentajes del espacio total de cada libro que presenta imágenes y también el total de páginas que presentan, por lo menos, una imagen por página.

Cuadro 1
Porcentaje de imágenes en los libros de 5º grado de C. Barros y W.R. Paulino y de D. Gowdak y E. Martins.

Libros	Epacio total del libro con imágenes	Páginas que poseen por lo menos una imagen por página
Carlos Barros y Wilson R. Paulino	27%	97%
Demétrio Gowdak y Eduardo Martins	29%	82%

La primera columna del cuadro 1 nos muestra la proporción de imágenes respecto a los textos en el libro completo. La otra columna nos presenta datos en que hay, por lo menos, una imagen por página. Es de resaltar que los libros no presentan diferencias significativas con relación a sus porcentajes en general –el de Carlos Barros posee un 27% de su espacio ocupado por imágenes y el de Demétrio Gowdak, un 29%–; cada cual posee valores significativos con relación al lenguaje visual.

Estos datos coinciden con los valores que otros autores encontraron en el análisis de libros de texto.

Cuando se concede menos espacio a la imagen, la cantidad todavía es significativa, con valores semejantes a los nuestros, de entre un 20% y un 30%. Valores más altos fueron encontrados por Martins y otros (1997): 75% de imágenes y solamente 25% de texto escrito en libros de ciencia ingleses para la escuela secundaria. Y Davies (1990) indica los valores de libros didácticos de historia que poseen hasta un 50% de su espacio dedicado a las imágenes.

Hay un segundo tipo de análisis que se puede plantear a través de las siguientes preguntas: ¿Cómo se distribuyen los diferentes tipos de imágenes en los libros didácticos? ¿En qué cantidad aparecen las fotografías, los dibujos, los mapas y los gráficos? Esos datos pueden mostrar la preocupación de los autores con los distintos elementos gráficos y con la producción gráfica en general indicando, también, cuál es el tipo de imagen más usada en la enseñanza en geociencia. En el cuadro 2 presentamos los valores porcentuales de cada tipo de imagen con relación al total de imágenes en los libros analizados.

Cuadro 2
Porcentaje de distintos tipos de imágenes en los libros de 5º grado de C. Barros y W.R. Paulino.

	Carlos Barros y Wilson Roberto Paulino	Demétrio Gowdak y Eduardo Martins
Fotos	67%	73%
Dibujos	27%	22%
Mapas	0,8%	0,5%
Gráficos	1,6%	0,5%
Tablas	1,2%	4%
Montaje ⁶	2%	–

Son claramente predominantes las imágenes fotográficas en relación con los otros tipos de imágenes, lo que parece estar relacionado con la aparente objetividad de este tipo de imagen, como veremos en los ejemplos que siguen.

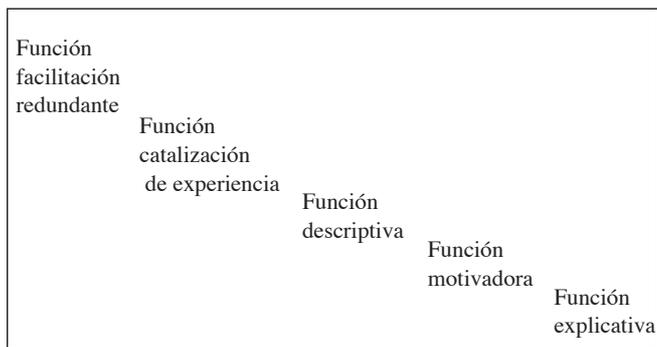
LECTURA DE IMÁGENES Y SUS FUNCIONES

Leer imágenes y textos intentando entender el modo en que estos elementos construyen significados nos permite, primeramente, una percepción más aguda de este conjunto y, en segundo lugar, nos permite analizar las funciones desempeñadas por las imágenes. Siendo así, describiremos las características que observamos en algunas imágenes pero, considerando la característica polisémica del lenguaje visual, creemos que esa lectura es inagotable. Podemos decir que este análisis contempla dos niveles de comprensión: el aspecto semántico y el aspecto pragmático. El primer nivel se refiere a los significados que el autor de la imagen tuvo intención de otorgarle (identificación literal de la imagen) y el segundo nivel, al sentido (interpretaciones) que el lector añade a las intenciones originales del autor, en función de su experiencia pasada y de su juicio actual (Calado, 1994). Ambas dimensiones están relacionadas, siendo prácticamente imposible separar estos análisis, una vez que la lectura que haremos asocia, por un lado, aquello que el autor propone y, por otro, la lectura que estamos haciendo de la imagen junto a sus textos.

¿Qué se puede extraer de la lectura de las imágenes?

El estudio involucró solamente las imágenes de la unidad de estructura de la Tierra en ambos libros. Los resultados que serán discutidos a partir de ahora se refieren a esa unidad.

A continuación, presentamos en orden decreciente las funciones de las imágenes encontradas ilustrándolas con un ejemplo tomado de los libros.



1) *Función facilitación redundante*, propuesta por Rodríguez Diéguez (1977, p. 45), las imágenes con esta función suponen expresar icónicamente un mensaje ya enunciado con suficiente claridad y precisión por la vía verbal. Fue este tipo de imagen la que sobresalió en los dos volúmenes analizados. En este sentido, la mayor parte de las fotografías parece ilustrar el texto escrito, en una tentativa de comprobar que lo que está escrito en el texto existe y ocurre o bien ocurrió. En otras palabras, el uso de las fotografías se apoya en la idea de que tales imágenes son pruebas objetivas y neutras. Para tener una rápida idea de lo que se observó, veamos la figura 1.

Figura 1

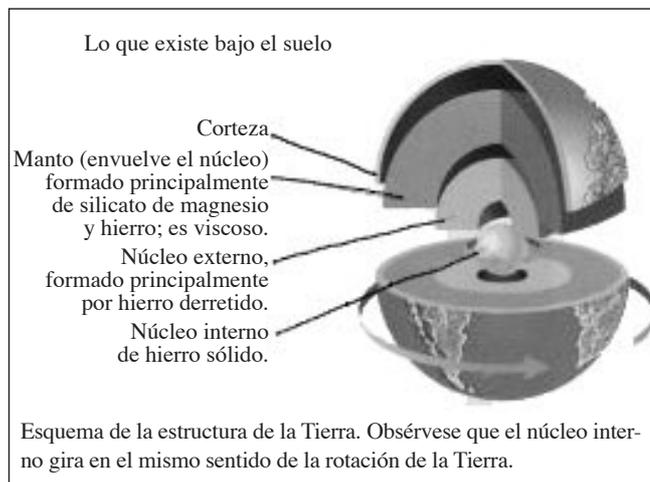
Los volcanes son las válvulas de seguridad de la corteza terrestre. Cuando la presión a la que el magma es sometido se torna muy grande, la lava escapa a la superficie.

Parte de lo que se conoce respecto a la estructura de las capas inferiores de la corteza y del manto proviene del análisis del material expelido por los volcanes.

En esta figura, la imagen se encuentra junto al texto y la leyenda. Cada uno de estos elementos, esto es, la imagen representando un «cierto» volcán, la leyenda describiendo la imagen de un volcán y, por último, el texto describiendo el volcán como válvula de la corteza terrestre al lado de la imagen que lo indica, nos permite suponer que la imagen es la declaración de que aquello que se dice existe y ocurre en la naturaleza. Al presentarse de modo descriptivo, el texto reafirma esta utilización de la fotografía.

2) *Función catalización de experiencias*, propuesta por Rodríguez Diéguez (1977, pp. 43-44). Un mensaje icónico puede presentar como característica central la búsqueda de una organización de la realidad que facilite la verbalización sobre un aspecto concreto y delimitado o que provoque el análisis de la información en imágenes con una secuencia u ordenamiento propiciado por las mismas. «En el aprendizaje lingüístico y en los niveles iniciales se presentan informaciones de este tipo: ilustraciones que presentan un ambiente más o menos matizado, que yuxtaponen elementos de difícil proximidad a fin de facilitar la expresión verbal. Un dispositivo que presenta en un dibujo simplificador los elementos básicos de producción y distribución de energía eléctrica es un ejemplo propuesto por el autor.» En este caso, encontramos alguna similitud con la manera con que este tipo de imagen comunica el mensaje y la necesidad de esta función para la geociencia. Para ilustrar el uso que hicimos de esta clasificación, veamos la figura 2.

Figura 2



Esta imagen es muy usada en textos didácticos de geología, porque representa el tema de introducción de esta área y porque facilita el aprendizaje de la estructura de la Tierra. Verdaderamente es difícil pensar en enseñar el tema sin recurrir al modelo de la esfera con las capas concéntricas. La ilustración presenta una Tierra completamente segmentada, esto es, bien dividida en cada una de las capas, que aparentan estar muy bien delimitadas. La imagen también destaca el movimiento que el

planeta hace en torno de sí mismo y el movimiento del núcleo, a pesar de no dar mayor información al respecto. En el texto, no hay ninguna referencia a la escala utilizada que, de hecho no podría ser mantenida. Sin embargo, no creemos que esto perjudique la comprensión de la estructura de la Tierra.

En el segundo tópico de este artículo, destacamos la cuestión espacial como uno de los aspectos esenciales para la construcción del conocimiento geológico. Pensamos que puede ser estudiado con imágenes que posean la función de catalizador de experiencias, que son las que organizan u ordenan contextos para que sean percibidos de la manera más completa posible. Además de esa cuestión práctica, esta imagen es importante por iniciar la discusión del objeto de investigación de la geología, o sea, la corteza y las otras esferas, desde la perspectiva del proceso histórico-geológico. Estos son aspectos inseparables para las prácticas de la enseñanza de la geología, teniendo en cuenta que la historia de la Tierra sólo puede ser contada al considerar la evolución de la Tierra como un todo, dentro de la escala de tiempo geológico.

3) *Función descriptiva*, propuesta por Montanero y Blásquez (1997). En este caso, hay una relación texto-imagen más equilibrada y su característica más destacada sería la indicación de secuencias. La imagen no actúa propiamente para indicar los procesos, sino, la secuencia temporal de los hechos concretos, lo que caracteriza este tipo de imagen como indicadora de etapas episódico-temporales. Eso vuelve las imágenes menos dependientes de la esquematización y del apoyo verbal. Veamos la figura 3, cuyo tema es la deriva continental.

A pesar de no haber flechas ni ninguna otra indicación se percibe que esta imagen explicita una secuencia. El objetivo principal de la imagen es reconstruir la evolución o modificación de la posición de los continentes en los diferentes momentos señalados en cada globo. Sin embargo, lo secuencial se presenta bastante confuso, pues sólo se manifiesta en la indicación temporal de cada globo y no respeta el orden usual de nuestra lectura. Así, mientras podríamos suponer que, después del primer globo (\pm de 200 a 135 millones de años), tendríamos aquél ubicado a la derecha, encontramos que el segundo es el localizado por debajo del que acabamos de comen-

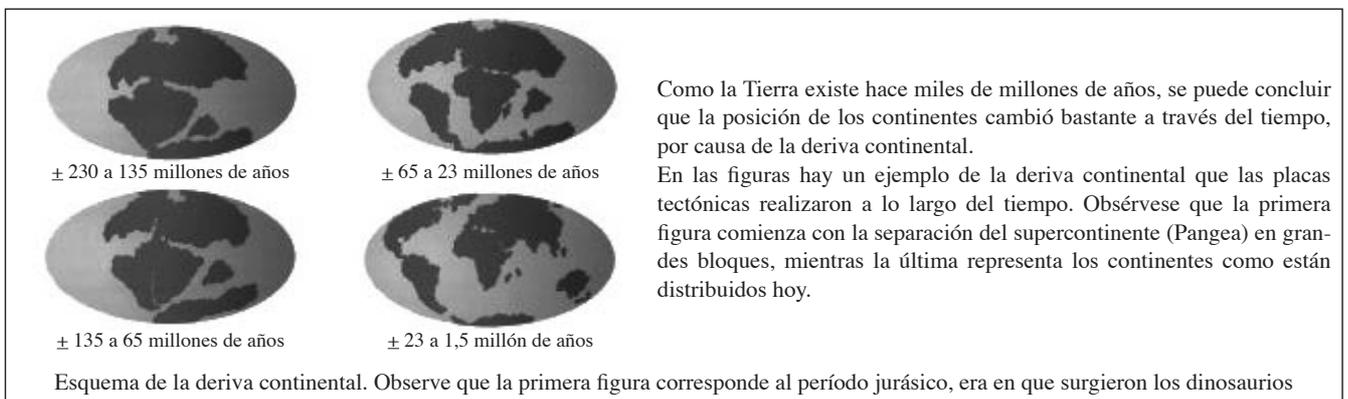
tar (\pm de 135 a 65 millones de años). Esto dificulta que la imagen cumpla su función descriptiva.

Algunos aspectos que podrían ayudar en esta función de la imagen serían el texto o la leyenda, pero el texto encontrado encima de la imagen presenta una relación de causalidad inadecuada: «Como la Tierra existe hace miles de millones de años, se puede concluir que la posición de los continentes cambió bastante con el paso del tiempo [...]» (p. 34). Está claro que la descripción ayuda a la lectura de la imagen, pero, ¿por qué deberíamos suponer que la posición de los continentes habría cambiado? ¿Será por el hecho de existir hace miles de millones de años? Otro punto cuestionable es el propio orden numérico del tiempo: «Como la Tierra existe hace miles de millones de años[...]». Para un estudiante de la enseñanza primaria, ¿qué deben ser estos miles de millones de años? No encontramos ningún tipo de propuesta o sugerencia que ayude al profesor en el tratamiento de la amplia cuestión temporal. El párrafo siguiente hace referencia a la imagen pidiendo al lector: «Observe que la primera figura ya comienza por la separación del supercontinente (Pangea) en grandes bloques, mientras que la última representa los continentes como están distribuidos hoy.» A pesar de haber una muy breve descripción de la Pangea en la página anterior del libro didáctico, no se sugiere, al lector, observar este único bloque continental.

El texto, por su parte, resalta la observación de la primera figura, que corresponde al período jurásico, «era en que surgieron los dinosaurios», pero tal información no sólo no es correcta, pues esa época se corresponde con su apogeo y no con su aparición, sino que no ayuda en la comprensión de la problemática temporal ni de la modificación continental.

Un asunto como éste podría integrar aspectos de suma importancia para el estudio de la geología, como las modificaciones espaciales en el inmenso intervalo de tiempo y su relación con capas más profundas del interior de la Tierra. Ambos, espacio y tiempo, son imposibles de ser observados en el período de tiempo de una vida humana, pero son de gran impacto e importancia para el conocimiento de la historia de la Tierra. Los aspectos citados se presentan de tal forma que no colaboran a un conocimiento más complejo y verdadero sobre el tema.

Figura 3



4) *Función motivadora*, propuesta por Rodríguez Diéguez (1977). Esta imagen cumpliría la función de representación de las ilustraciones genéricas relacionadas con el título del tema, pero no establece un proceso interactivo con el desarrollo verbal.

El ejemplo de la figura 4 representa un conjunto de fósiles. La imagen se relaciona directamente con el título. En este caso la leyenda da una orientación para la lectura de la imagen describiendo la imagen fotográfica, que cuestiona y provoca al estudiante ante la presencia, en la cumbre de altas montañas, de fósiles de seres que vivían en el fondo del mar.

Figura 4



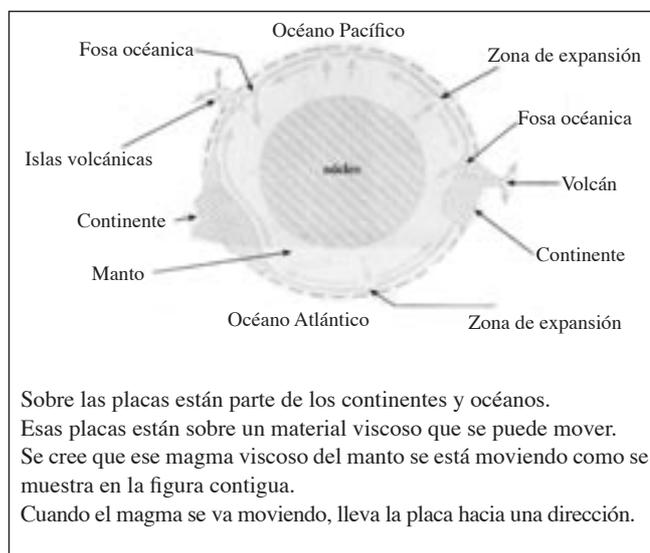
El pequeño texto, que inicia el capítulo, sigue la misma tendencia y, además, añade las palabras *historia* y *millones de años*. Tales palabras intentan dar una construcción textual un poco menos descriptiva que aquella que comúnmente encontramos, llegando a parecer una narrativa. La imagen participa en la propia construcción histórica de formación de las rocas sedimentarias. Al estar la imagen antes del texto, descrita por la leyenda y utilizada para introducir el tema de las rocas sedimentarias, parece que esté ahí para ser vista e interpretada como un elemento esencial de lo que continúa. La leyenda también parece invitar al alumno a interpretar cómo ocurre el fenómeno que la leyenda (y no sólo la imagen) cuestiona.

Desde el punto de vista teórico de la geología, ésta es la imagen que nos trae la idea de registro, de indicador. Este indicador es el elemento que ayuda en la configuración de una historia, de modo que ésta sólo puede ser contada al considerar este registro, como objeto de investigación geológico dejado a lo largo del tiempo. Al formular una explicación que considera un indicador, surge la caracte-

rística hipotética de esta explicación: el indicador (evidencia que algo ocurrió: efecto) posibilita reconstruir la historia de un determinado acontecimiento (causa).

5) *Función explicativa*, descrita por Montanero y Blásquez (1997). Estas imágenes se utilizan para explicar los vínculos lógico-causales que rigen un proceso de cambio. Según los autores, hay una fuerte predominancia de lo verbal, porque la comprensión de la idea causal del proceso requiere una inferencia proposicional. La imagen sirve como una ayuda y, por eso, las imágenes aparecerían cargadas de símbolos, elementos esquemáticos y palabras que se integran o superponen al elemento icónico. De esa forma, la comprensión de la imagen es difícil sin la información del texto escrito. La figura 5 muestra este tipo de imagen.

Figura 5



Esta imagen fue la única de esta clase encontrada en los dos libros analizados. La diferencia con la imagen secuencial es que esta última no se vincula tan fuertemente al texto como la imagen causal, ya que ésta debe explicar un fenómeno antes de describir su acontecimiento a lo largo del tiempo. Para que una imagen explique causalidad, el texto debe inferir una proposición, que será aclarada con la visualización de la imagen.

La página que contiene esta imagen posee otras dos, que conjuntamente tratan el tema de las placas tectónicas. Ésta es la segunda imagen y su idea es relacionar el movimiento del manto y los movimientos de las placas. La proposición existe (cuando el magma viscoso se mueve, carga consigo tales placas). Al leer el texto que está a la derecha de la imagen, podemos destacar que trata el manto como un elemento viscoso, contrariando así lo que se conoce en la actualidad: el manto como estructura sólida. Ese error acarrea otro acerca de las flechas que aparecen dibujadas en el interior de la Tierra como si se tratara de la dirección del movimiento del manto y no de las corrientes de convección.

Otro problema importante es que el texto no aclara nada sobre la existencia de otros continentes, además de los dos ilustrados, ni de otros volcanes en la superficie de la Tierra. Esto es aceptable si se tiene claro que estamos trabajando con modelos, cuya utilización es habitual en la enseñanza de las ciencias. Aun así, no se debe tomar tal información como obvia. Además, cuando los estudiantes reconozcan que la enseñanza y la práctica de las ciencias implican la producción de modelos, se sentirán más animados a generar sus propios modelos, que los ayudarán en la construcción de las explicaciones de los fenómenos.

CONCLUSIONES A MODO DE REFLEXIONES FINALES

Reflexiones sobre la clasificación

Utilizar una propuesta de clasificación de imágenes nos permitió destacar las características propias de los temas geocientíficos pero, por otro lado, planteó un problema inherente a la práctica clasificatoria, pues, en casi todas las circunstancias, podríamos haber tenido otras categorías para una misma imagen. En algunas ocasiones, las categorías parecían no considerar las características de ciertas imágenes o de sus asociaciones con los textos o leyendas.

La mayoría de las imágenes son fotografías que, en su mayoría, desempeñan una función de «facilitación redundante». En general, las imágenes aparecen al lado del mensaje textual sin una explicación o problematización de la foto. Tal vez esto se deba a la aparente objetividad del lenguaje fotográfico.

Podríamos suponer que la mayor parte de las imágenes serán secuenciales y causales, debido al papel de este tipo de imágenes para la construcción del conocimiento geológico. Sin embargo, este análisis nos mostró la importancia de otra función, muy propia de la geología, que es la de «catalización de experiencias», cuya idea es organizar, sintetizar en una representación, algo acerca de un objeto o proceso para que éste sea entendido en su totalidad.

La construcción conceptual de la geología

Otro aspecto que merece alguna discusión es la construcción conceptual de la geología. En otras palabras, eso implica discutir cuál es la geología que se expresa a través de las imágenes y textos de los libros didácticos. Así, el carácter histórico, las dimensiones espaciales y temporales, la idea de naturaleza que se relaciona con la concepción geológica, en fin, todas estas especificidades nos ayudaron en el análisis de las imágenes y de los textos.

A pesar de esto, los libros didácticos nos ofrecen una idea bastante cuestionable de los temas geológicos. Se trata de una **visión geológica descriptiva**, cuyos fenómenos

no se integran en una problemática mayor, que provoca tener una idea equivocada de la geología (y tal vez de las ciencias en general). A partir de la lectura de los textos, parece que sería suficiente aprender los contenidos. No encontramos contenidos que puedan ser utilizados para un cuestionamiento mayor o cuyo «ejercicio de aprendizaje» pudiera ayudar en la construcción de otro tema. Los textos son estancos: comienza y termina el capítulo 1, comienza y termina el capítulo 2, y así en adelante. No se considera lo que podría ser el mayor aporte de la geología: propiciar una visión integrada de fenómenos espaciales, temporales y antrópicos, entre otros.

Por ejemplo, el raciocinio histórico no es, en ningún momento, citado, ejercitado o requerido. Esto nos lleva a creer que el aspecto temporal no es tenido como algo tan importante para las geociencias tal como son presentadas en los libros didácticos. En diversos pasajes, los textos se referían a millones o miles de millones de años o, simplemente, al acontecimiento fortuito de determinados fenómenos. Pero, ¿qué significan, de hecho, tales valores? ¿Cómo ayudar al estudiante a interpretar un valor como éste cuando hasta ahora mismo un geólogo tiene dificultades para iniciar su comprensión del tiempo geológico?

Para Pedrinaci (1993), tener algunas nociones básicas de la ciencia geológica exige la construcción del concepto de *tiempo geológico*. Sin embargo, en los casos en que encontramos alguna mención de este factor, es tratado como algo trivial (veamos, por ejemplo, la leyenda de la figura 4, que alude al factor de millones de años, y no lo retoma en los renglones siguientes).

Considerando el conjunto texto-imagen analizado, podemos citar un ejemplo que nos parece adecuado a la epistemología de la geología y que, si bien no aporta la idea de ciencia histórica, abre caminos interesantes que podrían culminar en esa idea. Consideramos que la imagen de la figura 4 consigue promover, al menos parcialmente, un razonamiento inherente a la geología, como es la elaboración de hipótesis. Al presentar la imagen, imposible de pasar desapercibida debido a su tamaño y posición, la leyenda busca incentivar al estudiante con la pregunta: ¿Cómo estos seres presentados en la imagen llegaron a la cumbre de una montaña? La imagen representa seres y la leyenda ofrece una cuestión para ser pensada, trabajada, a lo largo del texto o del aula. Decimos que la idea es promovida parcialmente, porque en realidad lo que ocurre es que el proceso queda abortado. En otras palabras, el texto no promueve la continuidad de la indagación, de modo que, después de cuestionar el fenómeno, el tema es presentado de manera tradicional.

La relación imagen-texto

Las diversas relaciones entre imagen y texto encontradas muestran la dificultad de establecer pautas de presentación para esos elementos. A pesar de eso, haremos una asociación entre las relaciones entre imagen y texto descritas por Santaella y la función de las imágenes que describimos anteriormente. Recordemos, las relaciones entre imagen y texto de Santaella son las siguientes: a) la

imagen es menos importante que el texto y simplemente lo complementa siendo, por lo tanto, redundante; b) la imagen es más importante que el texto y, por lo tanto, lo domina, ya que la imagen en este caso es más informativa que el texto; c) imagen y texto tienen la misma importancia. La imagen, en este caso, se integra al texto. Entre las funciones de imagen citamos: función de facilitación redundante, función de catalización de experiencia, función descriptiva, función motivadora y función explicativa.

Inicialmente, destacamos que las imágenes que más aparecieron en los libros didácticos son las que poseen la función de facilitación redundante. Los autores de libros didácticos parecen suponer que las imágenes tienen menos importancia que el texto, puesto que las imágenes simplemente complementan o ilustran y, en general, representan lo que se encuentra descrito en el texto. Así, las imágenes con función de facilitación redundante están vinculadas a la primera relación propuesta por Santaella. Por su parte, las imágenes con función de catalización de experiencias, descriptiva y explicativa presentan una paradoja. La ausencia de la imagen traería problemas en la comprensión del texto, o sea, sin la imagen, la comprensión del texto podría verse comprometida. En este caso, podemos decir que la imagen es más importante que el texto; por lo tanto, esas imágenes estarían asociadas a la segunda relación descrita por Santaella. Sin embargo, encontramos también que existe una estrecha correlación entre texto e imagen, ambos se integran para comunicar debidamente un tema. Esto nos conduciría a afirmar que la imagen y el texto poseen la misma importancia, en cuyo caso esas imágenes se encuadran en la tercera relación de Santaella. Por lo tanto, asumiremos que las imágenes clasificadas como catalización de experiencias, descriptiva e explicativa, se encuadran en las dos últimas categorías (1999). Finalmente, las imágenes con función motivadora se encuadran en la relación que establece cierta igualdad entre los textos y las imágenes. Recordemos que las imágenes con esa función generan un cuestionamiento por parte del lector y eso lo lleva a sumergirse en el texto para interpretar la imagen. Creemos que, en este caso, imagen y texto se integran de una

manera poco convencional y muy interesante: se hace necesaria la lectura de ambos elementos para una comprensión más completa del tema.

AGRADECIMIENTOS

A la FAPESP (número de proceso: 99/10592-3) y a la FAEP por el apoyo financiero, y a Sandra Elena Murriello por la traducción al español.

NOTAS

¹ La enseñanza primaria (*Ensino Fundamental*) en Brasil abarca desde primer grado hasta el octavo, de 7 a 14 años aproximadamente. La etapa siguiente es la enseñanza secundaria (*Ensino Médio*), dividida en tres años.

² Designamos como geología y geociencias aquellos contenidos de geología, astronomía, meteorología, entre otras áreas, que no constan como disciplina en el currículo de la escuela primaria, pero son abordados en las materias de geografía y ciencias. También incluimos muchos contenidos de geociencias que antes eran apenas tratados en la geografía física y que hoy están también en ciencias, tales como: pedología, climatología, etc.

³ Otras ciencias históricas incluyen la cosmología, la paleontología, la antropología y la historia del hombre (Frodeman, 2001, p. 51): todas son definidas por el papel que la explicación histórica desempeña en su funcionamiento.

⁴ Según Paschoale (1990): «Todo signo en cuanto existencia material es un índice de algún objeto, ya sea supuesto o probable, como un vestigio». En palabras de Compiani (1996a, p. 117): «Rastros, pisadas, residuos, restos son todos índices de alguna cosa que por ahí pasó dejando sus marcas. El índice es siempre dual: vinculación de una cosa con otra. Los índices están basados en las relaciones naturales, causales entre los fenómenos y los seres: de ahí que la representación de una nube es indicadora de lluvia.»

⁵ Carlos Barros y Wilson Roberto Paulino, Ed. Ática, 5ª série, *O Meio Ambiente*, 59ª ed, 1997 y Demétrio Gowdak e Eduardo Martins, Ed. FTD, 5ª serie, Planeta Terra, Ambiente Físico, Ecología, 1996.

⁶ Llamamos *montaje* a las imágenes compuestas por fotografías superpuestas en ilustraciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, F. (1998). *As imagens no ensino de Geologia*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- BARTHES, R. (1990). *O óbvio e o obtuso: ensaios críticos III*. Trad. de Léa Novaes. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- CALADO, I. (1994). *A utilização educativa das imagens*. Oporto: Porto Editora.
- CARNEIRO, M. H. DA SILVA (1997). *As imagens no livro didático*. Trabajo presentado en Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia. SP, Brasil.
- COMPIANI, M. (1996). A narrativa histórica das Geociências no ensino fundamental (EGB): um exemplo com o tema «A Formação do Universo». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, núm. extra, pp. 64-69.
- COMPIANI, M. et al. (1996). *Projeto Geociências e a Formação Continuada de Professores em Exercício do Ensino Fundamental*. Presentado al Programa Especial Fapesp-Ensino Público.
- DASILVA, F.K.M. (1997). *Geociências e a formação continuada de professores em exercício do ensino fundamental*. Informe de iniciación científica, CNPq, Departamento de Geociências Aplicadas a la Enseñanza, Instituto de Geociências, Unicamp.
- DA SILVA, F.K.M. (2002). «Análise das imagens geocientíficas em livros didáticos de ciências». Tesis de maestría. Instituto de Geociências. Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- DAVIES, N. (1990). A ilustração no livro didático de história. *Tecnologia Educacional*, 19(92-93), pp. 36-39.
- DE ALMEIDA JR., J. B. (1989). «Ter olhos de ver: subsídios metodológicos e semióticos para a leitura de imagens». Tesis de maestría. Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- ENGELHARDT, W. y ZIMMERMANN, J. (1988). *Theory of Earth Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- FINCO, G. (1997). *Geociências e a Formação continuada de professores em exercício no ensino fundamental*. Informe de iniciación científica, CNPq, Departamento de Geociências Aplicadas ao Ensino. Instituto de Geociências. Unicamp.
- FRODEMAN, R. (2001). A Epistemologia das Geociências, en *Geociências nos currículos dos ensinos básico e secundário*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- LEVESON, D.J. (1988). The Geologist's Vision. *J. Geological Education*, 36, pp. 306-309.
- MARTINS, I., OGBORN, J., KRESS, G. y MCGILLICUDDY, K. (1997). *Explicações, representações visuais e retórica na sala de aula de ciências*. Trabajo presentado en el Encontro sobre teoria e pesquisa em Ensino de Ciências, Belo Horizonte. FE/UFMG.
- MONTANERO, M.F. y BLÁZQUEZ, F. E. (1997). Las imágenes dinámicas en el libro de texto: una clasificación desde el punto de vista cognitivo. Trabajo presentado en el V CONGRESO s/ Libro de Texto y Materiales Didácticos. Madrid: Univ. Complutense de Madrid.
- NOVAES, M.H. (1985). O papel da imagem, da imaginação e do imaginário na educação criadora. *Tecnologia Educacional*, 14(63), pp. 28-31.
- ORION, N., THOMPSON, D. B. y KING, C. (1996). Earth Sciences Education: an extra dimension to science education in schools. *Cadernos IG/UNICAMP*, 6(1).
- PASCHOALE, C. (1989). «Geologia como Semiótica da Natureza». Tesis de maestría. Pontificia Universidade Católica. Campinas.
- PASCHOALE, C. et al. (1981). A Geologia e a escola de 1o. e 2o. Graus. Trabajo presentado en el Simpósio Nacional sobre o ensino de Geologia no Brasil, vol.1, BH.
- PASCHOALE, C. (1984). Alice no país da Geologia e o que ela encontrou lá. Trabajo presentado en el XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro.
- PEDRINACI, E. (1994). La historia de la geología como herramienta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(2-3), pp. 332-339.
- PERAYA, D. (1996). Análise da prática pedagógica. *Educação e Sociedade*, 56, pp. 502-505.
- POTAPOVA, M.S. (1968). Geology as an historical science of nature, en *Interaction of sciences in the study of Earth*. Moscú: Progress Publisher.
- RODRÍGUEZ DIÉGUEZ, J.L. (1977). *Las funciones de la imagen en la enseñanza*. Barcelona: Gustavo Gili.
- RUDWICK, M.J.S. (1976). The emergence of a visual language for geological science, 1760-1840. *History of Science*, 14, pp. 149-195.
- SANTAELLA, L. y NÖTH, W. (1999). *Imagem: Cognição, semiótica, mídia*. São Paulo: Iluminuras.

[Artículo recibido en mayo de 2004 y aceptado en julio de 2005]