

II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales *Actas*, II (2): 331-338, 2009. La Plata.

RECURSOS DIDÁCTICOS VISUALES EN LA CLASE DE CIENCIAS

RAVILOLO, A.

Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. Bariloche. Río Negro.
araviolo@bariloche.com.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es individualizar los recursos didácticos relacionados con la utilización de imágenes, modelos y analogías, que suelen emplearse en las clases de ciencias. Se definen y diferencian los términos afines a esta problemática y se brindan algunas reflexiones pedagógicas sobre su empleo.

Palabras clave: recursos didácticos visuales, imágenes, modelos, analogías.

INTRODUCCIÓN

En esta sociedad de la información y la imagen, donde nuestros alumnos suelen pasar muchas horas frente a la televisión y a la computadora, las relaciones entre la imagen y la enseñanza de las ciencias se tornan, para el profesor, cada vez más relevantes. De hecho, actualmente se considera como un objetivo general de la educación alcanzar la alfabetización científico-visual (Perales, 2006).

Este trabajo pretende individualizar los recursos didácticos que se emplean en una clase de ciencias, relacionados con la utilización de imágenes, y también emitir algunas reflexiones sobre su empleo. Estos recursos están siempre relacionados, de alguna manera, con los conceptos: modelo, analogía y metáfora.

Existe una gran diversidad de términos que suelen usarse sin mucha precisión, incluso ser tratados como sinónimos: imagen, ilustración, esquema, analogía, modelo, metáfora, simulación, modelo analógico, análogo concreto, maqueta, símil, ejemplo, etc... a su vez, cada uno de ellos se emplea con una gran variedad de significados, dando lugar a una situación algo caótica que se manifiesta en las aulas, en los textos y también en las publicaciones de Didáctica de las Ciencias. En este trabajo se realiza un intento de discriminar y definir estos términos.

Los diseñadores del currículo de nivel medio y los autores de libros universitarios seleccionan y adaptan *modelos científicos* y *modelos históricos* que consideran apropiados que se enseñen en ese nivel educativo (Gilbert y Boulter, 2000). Estos *modelos del currículo o curriculares* forman parte de los contenidos a enseñar. Los modelos del currículo están asociados a imágenes, por ejemplo las imágenes de los modelos del átomo; estas imágenes, a su vez, suelen estar asociadas a otras imágenes provenientes de analogías: la esfera (Dalton), el pastel con pasas (Thomson), el sistema solar (Rutherford), la estantería de libros (Bohr), la nube (actual). Se puede decir que las analogías comparan imágenes y las metáforas evocan imágenes.

RECURSOS DIDÁCTICOS VISUALES

La siguiente clasificación de recursos didácticos relacionados con la utilización de imágenes, modelos y analogías se inspira en consideraciones expresadas en los siguientes trabajos: Luneta y Hofstein (1981), Kosslyn (1989), Duit (1991), Harrison y Treagust (2000), Postigo y Pozo (2000), Gilbert y Boulter (2000), Perales y Jiménez (2002), Otero (2004) y Adúriz-Bravo y otros (2005):

Objetos: elementos concretos que pueden ser manipulados en la clase, por ejemplo, muestras de materiales, muestras de origen biológico, mezclas o sustancias, materiales de laboratorio, dispositivos, máquinas, instrumentos de medición, etc. Generalmente se utilizan para ilustrar o ejemplificar un concepto y/o llevar adelante experimentos.

Ilustraciones, fotos: representan una relación espacial reproductiva. Por ejemplo una fotografía o un dibujo figurativo. Corresponden a las imágenes realistas. En un dibujo figurativo se muestran los objetos mediante la imitación de la realidad. Los dibujos figurativos pueden estar acompañados con signos (palabras, números, flechas). Este significado de ilustración es más específico dado que suelen llamarse ilustraciones a toda la información visual, distintas a palabras y símbolos, que aparece en los libros de texto.

Dibujos esquemáticos: dibujos en los que prima la representación de las relaciones prescindiendo de los detalles. Son representaciones esquemáticas de objetos o entidades, por

ejemplo la imagen en dos dimensiones de un cubo cayendo en un plano inclinado. Los dibujos esquemáticos pueden estar acompañados con signos (palabras, números, flechas, vectores). Incorporan a las representaciones de objetos (por ej. las partes de una máquina) conceptos abstractos como las fuerzas que actúan. Difieren de los diagramas y gráficos en que las partes se corresponden a partes de algún objeto real o entidad. Se usan símbolos que son interpretados por convenciones, por ejemplo el corte transversal de un ala de avión, con líneas de flujo de aire y flechas representando fuerzas. Algunos dibujos esquemáticos que aparecen en libros de texto pueden resultar problemáticos si no ayudan al aprendizaje, como se demuestra para el caso de la formación de imágenes ópticas (Pérez y otros, 2003).

Historietas y caricaturas: dibujo o secuencia de dibujos que incorporan personajes, reales o ficticios, alrededor de una historia o mensaje. Van acompañados de texto que permite seguir un diálogo o narración y pueden evocar humor y emociones.

Diagramas, esquemas: representan espacialmente relaciones conceptuales. Por ejemplo, un esquema o una red conceptual, un mapa semántico, un diagrama “V”, un diagrama de flujo, etc. Los diagramas muestran relaciones entre entidades discretas. Estas entidades deben estar visiblemente relacionadas entre sí con líneas, que pueden estar etiquetadas o no. Las relaciones pueden ser de una variedad de tipos, no necesariamente entre un par de entidades como en una gráfica cartesiana. Ayudan a construir una imagen de un concepto a través de clasificarlo y de explicitar los aspectos que lo caracterizan, por ejemplo una red conceptual donde el término “sustancia” se encuentre por debajo de “materia homogénea” y por arriba de “composición fija”, “propiedades específicas” y “no fraccionable”.

Mapas, planos, croquis: representan una relación espacial selectiva. Por ejemplo un mapa geográfico. Conllevan sintaxis y convenciones propias. Los mapas difieren de los gráficos y diagramas en que los mapas no son enteramente convencionales, dado que se corresponden en una forma no arbitraria al territorio representado. Las relaciones entre las partes del mapa están determinadas por relaciones espaciales, aunque también pueden usar símbolos y referencias convencionales.

Gráficas: representan en el espacio relaciones numéricas o cuantitativas entre variables. Por ejemplo, graficas: en columnas, en barras, en líneas, en sectores circulares, en anillos, en tablas; incluyen los histogramas, los gráficos cartesianos, los gráficos XY de dispersión, etc. Las gráficas poseen por lo menos dos escalas y sus valores están asociados en una relación de pares. A diferencia de los mapas y planos, que usan relaciones espaciales para representar relaciones espaciales, los gráficos usan relaciones espaciales para representar relaciones no espaciales. Conllevan sintaxis y convenciones propias.

Representaciones obtenidas por instrumentos: son imágenes visuales obtenidas por alguna mediación instrumental más o menos sofisticada, eventualmente procesadas por computadora: imágenes digitalizadas, espectros, micrografías, electrocardiograma, rayos X, foto satelital. Incluye las imágenes obtenidas por instrumentos ópticos, sin procesamiento digital, por ejemplo una foto de una imagen obtenida por microscopio óptico. Estas imágenes no son consideradas como modelos porque provienen de la interacción directa con el objeto que representa, así un espectro de líneas de emisión no es un modelo científico (Van Driel y Verloop, 1999).

Representaciones simbólicas: se refiere a la utilización de símbolos (matemáticos, químicos, físicos...), fórmulas, ecuaciones para representar un fenómeno. Son representaciones

totalmente abstractas, no analógicas. Por ejemplo las fórmulas químicas y las ecuaciones químicas son representaciones simbólicas de la composición de los compuestos y de las reacciones químicas, y forman parte del lenguaje químico. En la enseñanza es frecuente, y deseable, que este tipo de representación se acompañe con representaciones analógicas.

Modelos a escala: son representaciones que reflejan las proporciones externas del objeto que representan. Mayoritariamente son concretos y a menudo se usan en ciencias para diseñar, presentar y poner a prueba ideas. Por ejemplo, modelos a escala de construcciones, autos, botes, animales, plantas, etc. Suelen mostrar colores y forma exterior y, raramente se aprecia la estructura interna de lo que representan. No suelen ser fabricados del mismo material de lo que representan: un modelo a escala de un puente es más fuerte que un puente real. En las aulas los modelos a escala son, a menudo, juguetes lo que puede oscurecer las diferencias no compartidas entre modelo y lo que representa. Un modelo a escala de un objeto de estudio no es considerado un modelo científico en un sentido estricto, porque se puede acceder a él en forma directa (Van Driel y Verloop, 1999). Suelen llamarse *réplicas*, la réplica a escala como un representación precisa (Treagust y otros, 2002). El uso acrítico de los modelos a escala pueden reforzar la concepción alternativa, frecuente en alumnos, de que un modelo es copia de la realidad, que un modelo es mejor cuanto más se asemeja a lo real.

Simulaciones: una simulación es un proceso de interacción con objetos y modelos, que permite ponerlos en movimiento. Ofrecen una visualización dinámica de los fenómenos en dos o en tres dimensiones. Por ejemplo, simulaciones en computadora, juegos, juegos de rol, tornados artificiales, etc. La ciencia utiliza técnicas de simulación para manipular modelos con el objetivo de incrementar la comprensión de sistemas complejos. Una característica distintiva de las simulaciones es que proveen al usuario con ciertos controles sobre el problema o situación.

En las aulas son frecuentes los juegos de rol, la teatralización o dramatización, donde los estudiantes representan procesos naturales. Éstas pueden conducir a la construcción de imágenes antropomórficas de los contenidos científicos.

De acuerdo a la tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias propuesta por Boulter y Buckley (2000), a las representaciones dinámicas se las clasifica en: (a) *estocásticas* (si su comportamiento es probabilístico) por ej.: la mayoría de las simulaciones físicas, experimentos de genética, naturaleza particulada y cinética de la materia, dinámica de las poblaciones, etc. y (b) *determinista* (si es un modelo concreto que se mueve siempre con el mismo comportamiento) por ej. una simulación en computadora de las órbitas de la Tierra y la Luna, del sistema circulatorio. Las diferencias entre una simulación y una *animación* estarían dadas en que en la animación se resalta aspectos cualitativos en cambio en la simulación cuantitativos.

Películas, videos: constituyen una secuencia continua de imágenes. Pueden incluir todos los recursos mencionados hasta el momento.

DISCUSIÓN

La presentación de modelos está generalmente asociada a imágenes como: dibujos esquemáticos, esquemas, simulaciones y también a analogías. Cuando se habla de modelos en la clase de ciencias suele hacerse desde dos perspectivas: como contenido de enseñanza o como recurso didáctico. Como contenido de enseñanza se dan versiones adaptadas de los modelos curriculares, que a su vez fueron adaptados de los modelos científicos vigentes o de modelos históricos. Como recurso didáctico destacamos a los modelos analógicos didácticos y a los modelos concretos.

Suelen llamarse *modelos concretos* a los modelos presentados a través de objetos, de tres dimensiones. Por ejemplo, modelos moleculares, corazón de plástico, maqueta del sistema solar, pelotas unidas por resortes, modelos submicroscópicos con imanes (Gabel y otros, 1992), modelo de corazón usando bombas de aire (Lee, 2001), maqueta de la célula usando plastilina (Bushell, 2001), etc. Por sus correspondencias analógicas algunos suelen llamarse *análogos concretos*. Con los modelos y análogos concretos, se espera que los alumnos abstraigan el concepto de estas representaciones y no se queden con lo concreto o anecdótico.

Otros autores llaman “representaciones concretas” a la objetivación material y convencional de las imágenes asociadas a un modelo, que incluye figuras (bidimensionales), maquetas (tridimensionales) hasta simulaciones dinámicas complejas. También se denomina “análogo concreto” al recurso conocido por el estudiante facilitador del aprendizaje de un modelo, donde la analogía puede ser presentada con material manipulable, en forma verbal o por otro medio simbólico (Adúriz-Bravo y Galagovsky, 1997). En definitiva, se está hablando de las representaciones y de las analogías asociadas a un modelo.

Los *modelos analógicos didácticos* son representaciones que se usan en la enseñanza para hacer accesibles a los estudiantes entidades no observables. Son analógicos por constituir una representación simplificada o exagerada de un objeto o proceso, en la que existe una evidente correspondencia entre la representación y el fenómeno que describe y explica su estructura y funciones. Son ejemplos de modelos analógicos didácticos: los modelos con partículas (submicroscópicos) utilizados en los trabajos sobre el aprendizaje conceptual de la química (Nurrenbern y Pickering, 1987), el gas antropomórfico para energía interna y temperatura (Zamorano y otros, 2006), el modelo de cuadros y puntos para el concepto de concentración de disoluciones (Raviolo, 2004), el modelo de cuadros y puntos para el concepto de densidad (Raviolo y otros, 2005), los modelos utilizados para: circuitos de corriente continua (Zamorano y otros, 2006), calor y capacidad calorífica (Zamorano y otros, 2007), masa, peso y gravedad (Moro y otros, 2007), etc.

Como se aprecia, no existe un límite muy preciso para diferenciar un modelo analógico de una analogía en la enseñanza, se puede afirmar que la diferencia suele radicar en la utilización de representaciones abstractas o simbólicas en los modelos, y de objetos - procesos conocidos (incluyendo animales o personas) en las analogías: las moléculas como puntos o las moléculas como pelotas de ping pong. Con respecto a la utilización de los términos analogía y modelo como sinónimos, vale tener en cuenta que las analogías implican una comparación, donde análogo y objetivo son simétricos, tienen el mismo nivel de abstracción; de las correspondencias entre ambos se puede extraer (abstraer) un concepto o modelo subyacente (Duit, 1991). En cambio, un modelo es, de por sí, una abstracción, una representación simplificada y abstracta del objetivo. Por ello, se recomienda dejar el término analogía para la comparación y modelo para la representación abstracta.

CONCLUSIONES

Las personas captamos el mundo a través de la construcción de representaciones mentales o cognitivas del mismo. Estas representaciones internas del mundo externo son clasificadas por Johnson-Laird (1983) en: proposiciones, imágenes y modelos mentales. En este triple código representacional, las proposiciones son concebidas como representaciones de significados, totalmente abstraídas y verbalmente expresables, en cambio, las imágenes son representaciones analógicas con una similitud estructural con aquello que representan (Raviolo, 2006).

Las imágenes solas no permiten explicar las características de un sistema y extraer conclusiones, ni las proposiciones ser evaluadas como verdaderas o falsas, es necesario que formen parte de un modelo mental. Los modelos mentales son representaciones de conceptos, objetos o eventos, que actúan como modelos de trabajo, que permiten al sujeto razonar sobre el funcionamiento de las cosas. Los modelos mentales capacitan a los individuos a realizar inferencias y predicciones, a comprender fenómenos, a experimentar eventos, a decidir acciones y controlar su ejecución.

La utilización de diferentes tipos de representación del conocimiento mejora la visualización de conceptos abstractos. Las analogías comparan imágenes, las metáforas las evocan, los modelos están asociados a imágenes. Las imágenes en el sentido de Johnson-Laird son analógicas y su construcción se ve favorecida por el contacto directo con los objetos, fotos, ilustraciones y dibujos esquemáticos. Seguramente una secuencia adecuada de enseñanza tenga un nivel de abstracción progresivo, es decir, parta de los objetos, continúe con ilustraciones, dibujos esquemáticos, esquemas, gráficos, finalice en representaciones simbólicas y que, a su vez, se apoye en metáforas, analogías y modelos variados.

En los diagramas y esquemas, las relaciones conceptuales entre sus elementos, por ejemplo entre los nodos de una red conceptual, conforman proposiciones, o representaciones abstractas que utilizan símbolos. Los mapas, las gráficas, las ecuaciones y las fórmulas participan en la construcción de modelos mentales y son analizados desde ellos.

Si nos preguntan qué es una molécula, ponemos a trabajar nuestro modelo mental de molécula, y seguramente venga a nuestra mente la imagen de una molécula en particular, por ejemplo de la molécula de agua, y podremos emitir algunas proposiciones, “es una partícula”, “es un conjunto de átomos unidos fuertemente”, “es la partícula representativa de las sustancias moleculares como el agua, la glucosa, el dióxido de carbono”, etc. Con este modelo mental podemos reconocer en un conjunto de imágenes cuáles representan moléculas, y juzgar como verdadera la definición de un texto: “Molécula es el conjunto de, por lo menos, dos átomos en un arreglo definido que se mantienen unidos por medio de fuerzas químicas. Estas fuerzas permiten que se muevan y actúen juntos como si fueran una sola identidad” y como falsa “Es un grupo de átomos con carga neta”. A partir de esa imagen de molécula podremos también imaginar a la sustancia agua, por ejemplo en el estado gaseoso, consistente en muchas moléculas en movimiento, cuyo comportamiento es descrito por las proposiciones de la teoría cinética molecular. Muchos recursos didácticos asociados a imágenes, como las abordadas en este artículo, se han puesto en juego para que aprendiéramos el concepto de molécula

BIBLIOGRAFÍA

ADÚRIZ-BRAVO, A. y GALAGOVSKY, L. (1997). Modelos científicos y modelos didácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. *X Reunión Nacional de Educación en Física*, Mar del Plata.

- ADÚRIZ-BRAVO, A., GARÓFALO, J., GRECO, M y GALAGOVSKY, L. (2005). Modelo didáctico analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, nº extra.
- BOULTER, C. y BUCKLEY, B. (2000). Constructing a typology of models for science education. En Gilbert y Boulter (eds.) *Developing models in science education*. Kluwer: Dordrecht.
- BUSHELL, J. (2001). A model of the ultrastructure of a cell. *Journal of Biological Education*, 35(3), 152-153.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- GABEL, D., BRINER, D. y HAINES, D. (1992). Modelling with magnets. *The Science Teacher*, 59(3), 58-63.
- GILBERT, J. y BOULTER, C. (eds.) (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- HARRISON, A. y TREAGUST, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KOSSLYN, S. (1989). Understanding charts and graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 3, 185-226.
- LEE, Y. (2001). Construction of heart models using simple air pumps. *Journal of Biological Education*, 36(1), 42-44.
- LUNETTA, V. y HOFSTEIN, A. (1981). Simulations in science education. *Science Education*, 65(3), 243-252.
- MORO, L., VIAU, J., ZAMORANO, R. y GIBBS, H. (2007). Aprendizaje de los conceptos masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka*, 4(2), 273-286.
- NURRENBERN, S. y PICKERING, M. (1987). Concept learning versus problem solving: is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.
- OTERO, M. (2004). El uso de imágenes en la educación en ciencias como campo de investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 17(1), 9-22.
- PERALES, J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 13-30.
- PERALES, J. y JIMÉNEZ, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- PEREZ, A., SUERO, M., PARDO, P. y GIL, J. (2003). Cómo hacer comprensibles los dibujos que suelen ilustrar la formación de imágenes. *Revista de Educación en Ciencias*, 4(2), 70-73.
- POSTIGO, Y. y POZO, J. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- RAVIOLO, A. (2004). An analogic model for understanding the preparation of volumetric solutions. *The Chemical Educator*, 9, 211-215.

RAVIOLO, A. (2006). Las imágenes en el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico, *Educación Química*, 17(nº extraordinario), 300-307.

RAVIOLO, A., MOSCATO, M. y SCHNERSCH, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico”, *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(2), 93-103.

TREAGUST, D., CHITTLEBOROUGH, G. y MAMIALA, T. (2002). Students` understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.

VAN DRIEL, J. y VERLOOP, N. (1999). Teachers` knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

ZAMORANO, R., GIBBS, H. y VIAU, J. (2006). Modelización analógica en la enseñanza de circuitos de corriente continua. *Revista de Educación en Ciencias*, 7(1), 30-33.

ZAMORANO, R., GIBBS, H., MORO, L. y VIAU, J. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka*, 3(3), 392-408.

ZAMORANO, R., GIBBS, H., VIAU, J. y MORO, L. (2007). Calor y capacidad calorífica. Un modelo analógico como herramienta cognitiva. *Revista de Educación en Ciencias*, 8(2), 111-115.