

Los dibujos esquemáticos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

Andrés Raviolo

El propósito de este artículo es discutir sobre un tipo de imagen que predomina en textos y clases de ciencias naturales al que, sin embargo, se le presta poca atención didáctica: los dibujos esquemáticos.

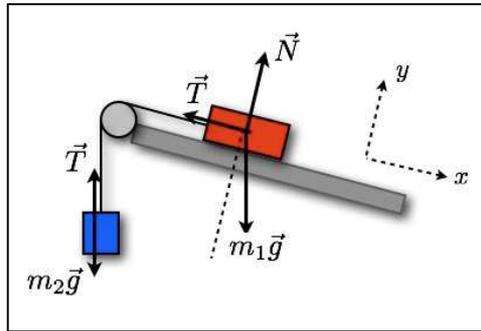
Los dibujos esquemáticos, también llamados diagramas, son imágenes simplificadas que combinan distintos niveles de representación (niveles de organización, entidades microscópicas, secciones transversales, signos, símbolos, etc.). Abundan en libros de texto y láminas de ciencias naturales/experimentales y también se arriba a ellos como resultado de una captura de pantalla de un video, simulación o animación.

Actualmente, los libros de texto tienen más de un 50% de la superficie cubierta por imágenes (fotos, dibujos, esquemas, gráficos). Muchas de estas imágenes cumplen una función del tipo motivadora (promueven la curiosidad y el interés), hacen más atractivo el texto. De otras ilustraciones se espera, en cambio, que favorezcan la comunicación de la información y el aprendizaje. En este artículo se pone en duda la frase “una imagen vale por mil palabras”, dado que las imágenes presentan dificultades intrínsecas para su comprensión, no son de por sí evidentes ni autoexplicativas y, por lo tanto, requieren de un abordaje didáctico específico y planificado.

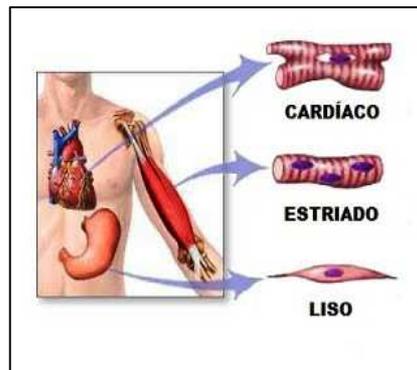
Lo que puede visualizarse en una clase de ciencias puede ser clasificado en un continuo de acuerdo al grado de realismo, o grado de iconicidad. La iconicidad como lo opuesto a la abstracción. Desde los objetos concretos, pasando por las fotos e ilustraciones (con carácter realista), hasta las redes conceptuales el grado de iconicidad va decreciendo. Los dibujos esquemáticos se ubican como un intermedio. Dado que a menor iconicidad mayor es el grado de simbolización, las formas más abstractas requerirán mayor conocimiento de códigos simbólicos, del uso de signos normalizados y de convenciones (Perales y Jiménez, 2002).

Dibujos esquemáticos

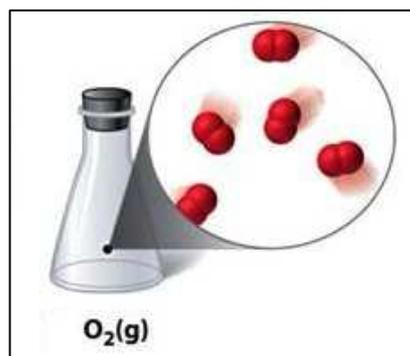
Los dibujos esquemáticos son representaciones simplificadas o esquemáticas de objetos o entidades, por ejemplo la imagen en dos dimensiones de un cubo cayendo en un plano inclinado. Difieren de las redes o esquemas conceptuales (relaciones entre palabras) y de los gráficos (relaciones numéricas) en que alguna parte (o partes) del dibujo se corresponden a partes de algún objeto real o entidad; es decir, alguna parte es figurativa.



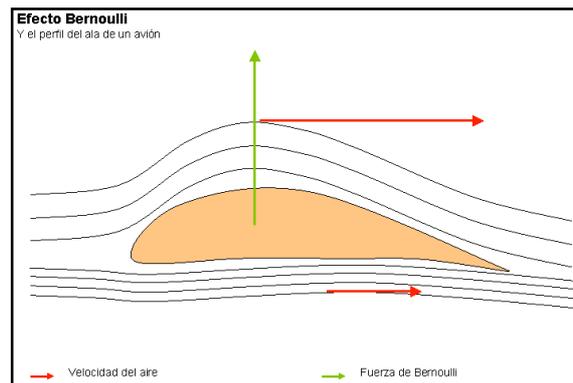
Son dibujos en los que prima la representación de las relaciones prescindiendo de los detalles, su objetivo no es reproducir fielmente la realidad sino transmitir una o varias ideas. Muchas de esas relaciones no son visibles en el objeto de referencia, porque no son imágenes reproductivas que intenten copiar lo observable sino son construidas, dado que incluyen o integran cosas que no podríamos ver juntas. Por ejemplo incluyen en una misma imagen elementos de distintos niveles de organización de la Biología (individuo, sistema de órganos, órganos, tejidos, célula, organelo celular, macromolécula...). El siguiente dibujo esquemático combina individuo, órganos y tejidos.



En Química y Física, uno de los usos más frecuente de los dibujos esquemáticos es precisamente el de mostrar e integrar relaciones entre distintos niveles de representación de la materia (macro, micro y simbólico). En Química abundan dibujos esquemáticos donde coexisten representaciones macroscópicas (tangibles, como los recipientes), simbólicas (como las fórmulas químicas) y submicroscópicas (como representaciones de átomos, iones y moléculas). A su vez, esta complejización le da un mayor grado de dificultad a la comprensión de dichas imágenes.



Los dibujos esquemáticos pueden estar acompañados con signos (palabras, números, flechas...). Incorporan a las representaciones de objetos (por ejemplo las partes de una máquina) conceptos abstractos como las fuerzas que actúan. El uso de símbolos es interpretado por convenciones, por ejemplo el corte transversal de un ala de avión, con líneas de flujo de aire y flechas representando fuerzas (peso, fuerza de sustentación).



Algunos objetos, como las maquetas, cumplen las funciones de un dibujo esquemático dado que constituyen verdaderos “objetos esquemáticos”, por ser construcciones que simplifican el sistema y que concentran la atención en determinados aspectos y relaciones del mismo. Por ejemplo, un corte de un corazón con etiquetas o un modelo concreto del sistema Tierra, Sol y Luna.

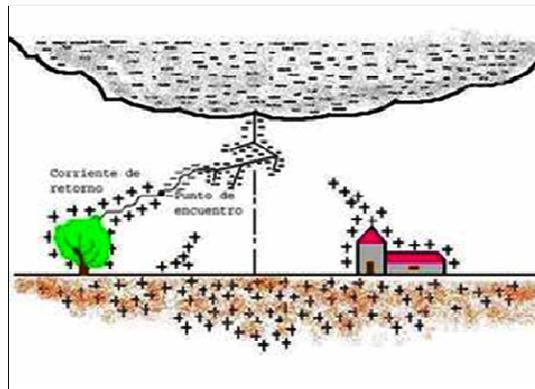
Muchas veces los dibujos esquemáticos que se presentan en textos o en clases de ciencias no contienen partes figurativas de objetos reales sino constituyen o incorporan una visualización de un modelo científico, es decir, una imagen externa de una construcción humana que persigue propósitos descriptivos, explicativos y predictivos. Por ejemplo, en Química, los diagramas de partículas (conjuntos o estructuras cuyas unidades son átomos, iones o moléculas) o los diagramas de moléculas que se presentan en una gran diversidad de formatos (formulas estructurales, modelos bolas y varillas, modelos compactos, proyecciones de Newman, etc.).

Funciones de los dibujos esquemáticos

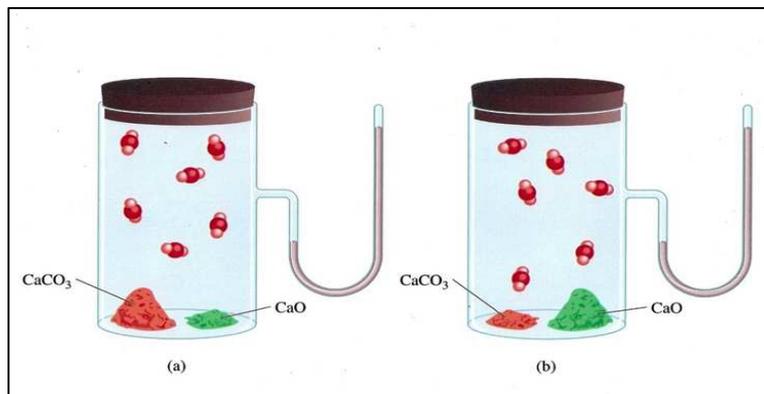
Las funciones de las imágenes en general, representaciones externas de carácter pictórico, han sido clasificadas en: (a) decorativas: no se relacionan directamente con el texto; (b) representacionales: muestran un elemento descrito en el texto; (c) organizacionales: muestran las relaciones entre elementos descritos en el texto o (d) explicativas: muestran cómo el sistema trabaja. Las funciones que cumplen los dibujos esquemáticos son predominantemente organizacionales y explicativas.

Los dibujos esquemáticos son construidos con la intención de transmitir información de un sistema, a través de describirlo o de relacionar elementos del mismo que permiten explicarlo. Estos diagramas tienen la función de transmitir una idea o varias ideas

básicas. Así una de las figuras anteriores muestra los distintos tipos de tejido muscular en el cuerpo humano, otra tiene por objetivo aplicar el principio de Bernoulli al vuelo de un avión. La siguiente está construida con la función de modelizar el fenómeno de un rayo.



Para muchos temas los alumnos carecen de una imagen mental del sistema físico del que se está hablando, por ello es esencial presentar distintos tipos de imágenes. El siguiente dibujo esquemático persigue el propósito de mostrar que en un equilibrio químico heterogéneo no cambia su composición gaseosa (y su presión) si se saca o se agrega especies sólidas mientras haya cantidades de las mismas presentes, a temperatura constante.



Imágenes y texto

Distintas corrientes psicológicas destacan el papel activo de los sujetos en la comprensión y descartan la idea de que las imágenes exteriores se graben como una "foto" o una "impresión" en la mente del sujeto. Las ilustraciones pueden favorecer la construcción de un modelo mental de la situación y con ello favorecer la comprensión de lo que se lee. El recuerdo del texto mejorará cuando se realicen inferencias que relacionen texto e imagen a través de un modelo mental explicativo en el que participan los conocimientos previos del lector.

Respecto a la relación entre texto escrito e ilustraciones muchos autores señalan la importancia de los rótulos o etiquetas verbales, anotaciones verbales que se encuentran dentro del espacio de la ilustración y que sirven de nexo con el texto. Estas etiquetas

pueden resaltar información relevante, establecer relaciones entre distintas partes de una imagen o poner de manifiesto relaciones causales.

Se han realizado investigaciones que comparan los aprendizajes logrados de un tema cuando éste se presenta sólo con dibujos esquemáticos, sólo con textos, o integrando ambos. En ellas se comprobó que los dibujos esquemáticos permiten: (a) reducir la cantidad de esfuerzo cognitivo requerido, (b) limitar el rango de inferencias o interpretaciones que se pueden hacer sobre un concepto representado (son menos ambiguos que los textos), (c) proveer con una retroalimentación más útil y fértil para cotejar las explicaciones y (d) fomentar las autoexplicaciones (explicaciones que genera el estudiante mientras está aprendiendo el tema). Estas autoexplicaciones son muy beneficiosas y lo son más si ayudan a integrar el conocimiento visual y el verbal (Ainsworth y Loizou, 2003).

Dificultades en la comprensión de imágenes

Las imágenes como representaciones externas, poseen dificultades intrínsecas dadas por: su naturaleza construida, abstracción, complejidad, demanda cognitiva, cantidad de información que muestran, relación realidad-modelo, integración de distintos niveles de organización o representación, relación estructura- función, naturaleza analógica, demanda de habilidades espaciales.

Las imágenes tienen una dificultad propia que tiene que ver con la calidad y cantidad de símbolos, signos, códigos y convenciones a procesar, como en el caso de la Física que abundan representaciones con fuerzas y vectores. Estos aspectos constituyen obstáculos para la representación interna del conocimiento contenido en las representaciones externas. Los alumnos pueden perderse en ese camino de la imagen a la conceptualización, mal interpretarlas y generar concepciones alternativas.

Frecuentemente algunos estudiantes conciben al dibujo esquemático como copia de la realidad, o la realidad en sí misma, no como una construcción humana realizada con un propósito específico. Esto está asociado al aprendizaje de los modelos científicos, o de las visualizaciones de ellos, dado que se los confunde con el sistema real que representan. En la enseñanza de la Química, con fuerte peso puesto en lo simbólico (ecuaciones químicas), suele confundirse realidad con modelo, se interpreta a la ecuación química como una expresión cuantitativa de la composición del sistema y no como una expresión de la interacción (Raviolo, 2006). Se interpreta por ejemplo que “los coeficientes estequiométricos son las cantidades presentes en el recipiente”.

En Biología la interpretación de diagramas conlleva dificultades a los alumnos cuando los dibujos incluyen procesos microscópicos o químicos, muestran relaciones estructura - función o incluyen cortes o secciones transversales.

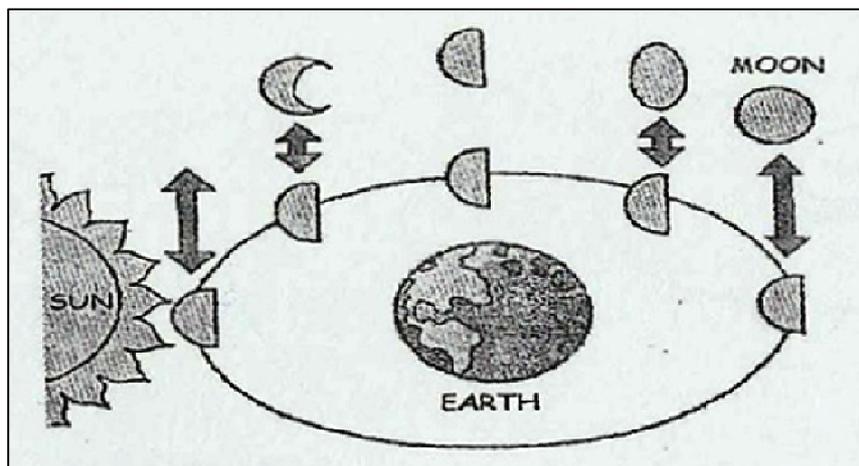
La comparación entre el fenómeno representado y el modelo no siempre es tarea sencilla dado que se suele atribuir incorrectamente aspectos o características de uno a otro. La necesidad de diferenciar evidencia/observación de explicación/modelización, observaciones de “ideas inventadas”, fue señalada por Gellon y otros (2005). En muchos

dibujos esquemáticos se combina realidad y modelo, con lo que refuerzan la dificultad mencionada. Esto le otorga una “complejidad epistemológica” a este tipo de imagen.

Habilidades espaciales

Una dificultad en la comprensión de las imágenes está relacionada con las habilidades mentales espaciales que requiere su interpretación, por ejemplo la mencionada dificultad en comprender las secciones transversales. La habilidad espacial es la capacidad mental para generar, retener y manipular imágenes espaciales abstractas. Existen investigaciones que muestran correlaciones positivas entre el rendimiento en asignaturas que emplean imágenes complejas y el dominio de habilidades espaciales medidas a través de test estandarizados. Estas habilidades pueden ser enseñadas y mejoran con la enseñanza.

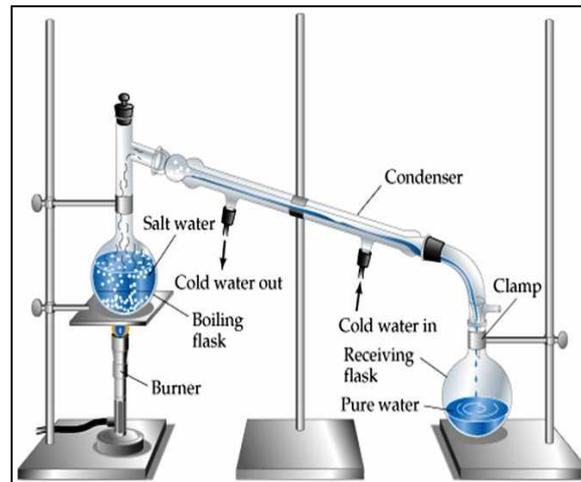
La orientación espacial es la habilidad para imaginar cómo un objeto o arreglo se vería desde una perspectiva diferente mediante la reorientación del observador. Por ejemplo, en Astronomía, el siguiente dibujo esquemático tiene la dificultad de que muestra en una sola imagen lo que se vería desde dos orientaciones distintas.



Cantidad de información

El procesamiento de la información audiovisual se realiza en la memoria de trabajo cuya capacidad es limitada, dado que puede procesar un número reducido de unidades de información al mismo tiempo, por ejemplo en la resolución de un problema. Por ello, la información verbal (texto y audio) y la visual se deberían complementar entre sí, no suplementar, para no saturarla. Dibujos esquemáticos con exceso de información dificultarán su procesamiento.

Otro aspecto tiene que ver con la forma en que son integradas o asociadas esas unidades de información. Por ejemplo, para un experto, el conjunto de materiales que conforman un montaje específico, como el montaje de destilación mostrado en la figura, constituye una sola unidad de información. Para los alumnos constituye, inicialmente, un conjunto numeroso de elementos y entidades sin relación entre sí.



En otras palabras, el conocimiento previo (memoria de largo plazo) influye en la lectura global de la imagen. Los expertos extraen más fácilmente la idea básica que transmite y para la cual fue construido el dibujo esquemático. El novato hace una lectura de las partes, término a término, entidad a entidad, lo que conlleva mayor demanda de procesamiento. El experto puede identificar cada uno de los distintos niveles de representación de un fenómeno e integrarlos correctamente.

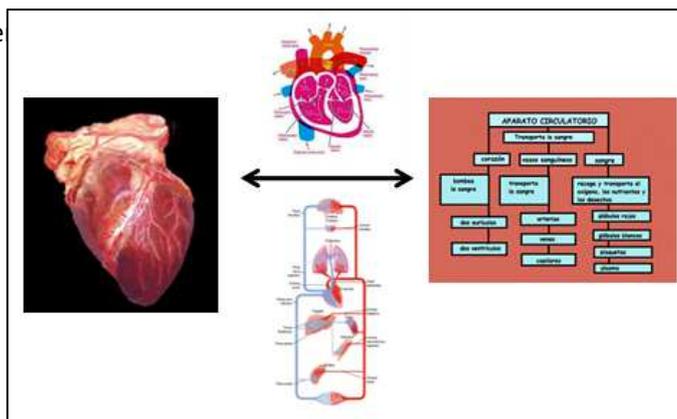
Enfoques didácticos: de la imagen a la palabra

En el ámbito educativo, lo expresado anteriormente nos lleva a fomentar un rol activo frente a la imagen. Por ejemplo cuando los estudiantes interactúan con una simulación/animación, es importante que puedan hablar sobre las imágenes que ven, que puedan detenerlas, repetir las, explorarlas y discutir las en grupo.

Se deben favorecer estrategias metacognitivas de reflexión sobre la naturaleza de los recursos visuales que se están empleando, tomar conciencia de que se está ante un dibujo esquemático, que es una construcción simplificada realizada con una intención a la que se debe arribar, que tiene sus correspondencias y sus limitaciones. Esto favorece el aprendizaje dado que ayuda a aprender mejor el contenido.

El docente tiene que formular a sus alumnos preguntas del tipo: ¿cuál es el propósito de este dibujo esquemático? ¿qué aspecto o idea del fenómeno alude o resalta? para ello ¿a qué recortes o simplificaciones acude? ¿qué tiene de absurdo o irreal? ¿a qué confusiones podría llevarnos? ¿es efectivo? ¿las ventajas (cumplir adecuadamente su propósito) son mayores que sus limitaciones (complejidad, dificultad, confusiones)?

Debemos concebir a los dibujos esquemáticos como un nexo (un puente, un camino) hacia la palabra. Un puente entre la imagen (realista) y las proposiciones, en la construcción de un modelo mental sobre el funcionamiento del sistema o de un aspecto del sistema estudiado. Una propuesta didáctica factible es recorrer un camino (de ida y vuelta) desde los objetos (manipulaciones), fotos, ilustraciones (imágenes realistas, reproducciones) hasta los esquemas conceptuales, pasando y haciendo hincapié en los dibujos esquemáticos. Un camino guiado por el docente.



En este recorrido a la palabra, a través de los dibujos esquemáticos, la imagen pierde grado de realismo. Aumenta la abstracción de la imagen y aumenta su intención. Los dibujos esquemáticos se realizan con un propósito, resaltan un aspecto de la temática conceptual, una idea. No son una “captura” directa, no intervenida, de la realidad. El recorte de la realidad o del modelo teórico se realizó con una intención y para ello se recurrió a gruesas simplificaciones. Los dibujos esquemáticos más adecuados serán los que den cuenta de una o pocas ideas básicas. Se podría llegar a sugerir que es conveniente buscar o crear un dibujo esquemático (por lo menos) para cada idea básica a abordar en la enseñanza de un tema.

Una posible orientación de la enseñanza es prestar atención a cómo “llenar el espacio” entre la visualización del fenómeno (objetos, ilustraciones, fotos) y la red conceptual objetivo de la enseñanza. En definitiva, se insta por un tratamiento didáctico, planificado y crítico de la imagen en la enseñanza, basado en el diálogo entre personas que construyen conjuntamente significados, donde reemplazamos la frase de “una imagen vale por mil palabras” por “vale una imagen con mil palabras”.

Bibliografía

- Ainsworth, S. y Loizou, A. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science*, 27, 669-681.
- Gellon, G.; Feher, E.; Furman, M. y Golombek, D. (2005). *La ciencia en el aula*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 368-386.
- Raviolo, A. (2006). Las imágenes en el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico, *Educación Química*, 17(nº extraordinario), 300-307.
- Raviolo, A. (2010). Recursos didácticos visuales en las clases de ciencias. *Educación en la Química*, 16(1), 9-18.
- Raviolo, A.; Aguilar, A. y Ramírez, P. (2012). De la pantalla al papel, de la imagen a la palabra: algunas reflexiones sobre el empleo de videos y animaciones en la clase de ciencias. *Novedades Educativas*, 263, 44-48.

Andrés Raviolo es profesor titular en la Universidad Nacional de Río Negro, Bariloche. Especialista e investigador en Didáctica de las Ciencias. C.e.: araviolo@unrn.edu.ar