

## **La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química**

**Juan de Dios Jiménez Valladares<sup>1</sup> y Francisco Javier Perales Palacios<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Enseñanza Secundaria Laurel de la Reina, La Zubia (Granada), España. E-mail: [juandejv@hotmail.com](mailto:juandejv@hotmail.com) <sup>2</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España. E-mail: [fperales@ugr.es](mailto:fperales@ugr.es)

**Resumen:** En el presente trabajo pretendemos poner de manifiesto algunos ejemplos de uso inadecuado de las ilustraciones en libros de texto de física y química a nivel de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.), y cuya intención es la de evidenciar ante los alumnos una aparente realidad experimental. Para ello hemos contextualizado este estudio en el marco de la línea de investigación que venimos desarrollando y en el de diversos trabajos que tratan las peculiaridades de la información visual y los prejuicios de la denominada "cultura de la imagen". A continuación analizamos varios casos de ilustraciones que avalan ese uso inadecuado al que nos referimos. Finalizamos con unas reflexiones en torno a las fallidas pretensiones didácticas de los autores de las ilustraciones de los libros de texto.

**Palabras clave:** libros de texto, ilustraciones, actividades experimentales, enseñanza de la física, educación secundaria.

**Title:** Experimental evidence through the image of textbooks of physics and chemistry.

**Abstract:** In this work we try to show some examples of inappropriate use of illustrations in textbooks of Physics and Chemistry at the Compulsory Secondary Education, and whose intention is to show students an apparent experimental reality. So we have contextualized this study under the line of research that we have been developing and the various works dealing with the peculiarities of visual information and prejudices of the so-called "image culture". Then we analyze several cases of illustrations that support such use is inappropriate. We conclude with some reflections on the failed didactic pretensions of the authors of the textbook illustrations.

**Keywords:** textbooks, illustrations, experimental activities, physics teaching, secondary education.

### **Introducción**

Los autores de este artículo venimos trabajando durante los últimos años en diversas dimensiones del uso de la imagen por parte de los libros de texto de Física y Química en la Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.). Así lo hemos hecho con la evolución histórica de la representación del concepto de fuerza (Jiménez y Perales, 2001a), el análisis secuencial del contenido (Jiménez y Perales, 2001b), el análisis semántico de las

ilustraciones (Jiménez y Perales, en prensa) y una taxonomización de las mismas (Perales y Jiménez, en prensa).

También hemos reflexionado sobre las relaciones entre la representación gráfica de conceptos y las actividades de modelización (Jiménez y Perales, 2002) y hemos propuesto estrategias de enseñanza basadas en esta reflexión (Jiménez y Perales, 2001c).

La intención de este trabajo no es cuantificar la presencia de determinados usos abusivos de las imágenes sino simplemente destacar algunos de ellos mediante ejemplos, así pues se han elegido aquellos que, a juicio de los autores, ilustran mejor lo que se pretende decir.

Por otra parte, estaría por hacer una taxonomización precisa de los diversos "usos", pero eso sería otra investigación que podría tener como objetivo la comparación entre los diversos materiales escolares.

### **Marco teórico**

No son muy frecuentes las investigaciones que tengan por objeto dilucidar el papel de las imágenes en la educación científica, a pesar de su abundancia en los manuales escolares. Las razones son varias. Entre otras destacamos aquí la debilidad de los marcos teóricos existentes, las peculiaridades de la información visual y los prejuicios de la denominada "cultura de la imagen", aspecto que trataremos en último lugar.

La información contenida en las imágenes se procesa de un modo diferente a la contenida en un texto. Mientras que ésta se realiza secuencialmente, las imágenes permiten una lectura en superficie (Moles, 1991). Además, el contenido informativo de la imagen es polisémico, de ahí que resulte difícil predecir cuál va a ser la interpretación que sobre una ilustración va a realizar una persona. Estas características de la representación gráfica obstaculizan el análisis de las dificultades de comprensión de las imágenes en los textos escolares, incluyendo la valoración de su posible eficacia como ayudas para la comprensión de los textos científicos.

No obstante, existe un consenso basado en la tradición de que las imágenes facilitan el aprendizaje. A este respecto cabe citar el metaestudio publicado por Levie y Lentz en 1982 en el que, aunque se recogen evidencias experimentales de que las imágenes tienen un efecto positivo sobre el aprendizaje, éste es muy específico y no cabe atribuirle un valor universal. Investigaciones posteriores (Mayer y Gallini, 1990; Mayer, 1994; Mayer *et al.*, 1996) han corroborado la especificidad de la ayuda que suponen las imágenes en los libros de texto y consecuentemente han descartado algunos de los mitos "populares" al respecto de las ilustraciones. Entre estos destacamos la falsa idea de que los libros ilustrados mejoran la "motivación" hacia el estudio (Levie y Lentz, 1982) y de que son una buena "ayuda" para los alumnos peor dotados intelectualmente (McDaniel y Waddill, 1994)

Entre los modelos teóricos empleados en la interpretación de cómo se procesa la información gráfica destacamos aquí la teoría de doble codificación (Paivio, 1986). Carecemos de espacio para describir esta teoría pero baste decir que postula un almacenamiento modal de la información,

es decir, ligado al sistema perceptivo utilizado en cada caso. El procesamiento de información multimodal se haría mediante mecanismos de asociación. En esta teoría juega un papel central la concurrencia, es decir, la coincidencia en la fase del estímulo de los modos verbal y gráfico. Las investigaciones realizadas bajo este modelo prestan mucha atención a la coordinación entre la información gráfica y verbal.

Si bien es cierto que la teoría de la doble codificación no es la única que se maneja (ver también "spatial system" de Kosslyn, 1990 o "visual sketch pad" de Baddeley y Lieberman, 1980; o los "mental models" de Jonson-Laird, 1980), sí es la que posee una mayor influencia y suministra un marco adecuado en el que discutir los resultados.

Incluso si no se asume la existencia de un subsistema específico para el procesamiento de la información visual, se admite algún tipo de representación del conocimiento que vaya más allá del simplemente proposicional (Anderson, 1983) y existen evidencias de que la información espacial se codifica mejor mediante imágenes que mediante palabras (Park y Mason, 1982; Pezdek *et al.*, 1986). En un sentido contrario, también existen evidencias de que el hipotético sistema específico que procesa la información espacial puede utilizarse independientemente de la modalidad de la información y así Zimmer (1994) encuentra en un experimento, en el que se suministra información espacial, con y sin imágenes, que todas las personas mostraban "efectos espaciales", o dicho de otro modo, que habían construido un "modelo espacial" mental aún cuando no se acompañaba la información con imágenes.

El análisis de los libros de texto realizado desde los presupuestos de la teoría de la doble codificación nos ha permitido señalar carencias importantes que podrían resolverse fácilmente con una mejora de la coordinación entre los autores de los textos y sus ilustradores.

En este trabajo hemos pretendido mostrar cómo un conocimiento deficiente de las posibilidades didácticas de la representación gráfica, unido a un "didactismo" excesivo, aunque bien intencionado, puede dar lugar a un producto de dudosa calidad educativa.

### **Efectos negativos de la "cultura de la imagen"**

La persuasión visual ha adquirido un desarrollo espectacular en el mundo de la publicidad donde la imagen se utiliza como un argumento irrefutable. Como ejemplo recogemos una imagen que se incluye en el folleto publicitario de unas cápsulas que prometen implícitamente un mayor rendimiento intelectual a quien las consume.

El texto describe el funcionamiento de la memoria en estos términos:

*La memoria es una actividad intelectual que se pone en funcionamiento gracias a los neurotransmisores, que son los responsables de transmitir impulsos nerviosos al cerebro. Los dos más importantes son la Acetilcolina y la Taurina. Estos dos neurotransmisores son nutrientes que, como las vitaminas, alimentan tu cerebro para que funcione bien.*

El documento utiliza imágenes realistas para introducir un mensaje subliminal muy evidente: chica joven con una carpeta de estudiante entre

los brazos; frutas y verduras, junto al envase del producto anunciado, que sugieren una vida sana y natural (véase la Figura 1).

En el ángulo inferior izquierdo (Figura 2) una imagen simbólica, pero de elevada iconicidad, aporta la clave del documento. Las neuronas se "comunican" gracias a la acetilcolina y la taurina, sustancias contenidas en el producto comercial anunciado.

Si has decidido estudiar ya sabes lo que te espera muchos odos y muchas horas de concentración y memoria.

Para el tema de los odos no hay alternativa, hay que ponerse, y punto.


Pero para favorecer la memoria sí que hay algunas cosas que debes tener claras y que no puedes olvidar.

## ¿Qué es la memoria?

La memoria es una actividad intelectual que se pone en funcionamiento gracias a los neurotransmisores, que son los responsables de transmitir impulsos nerviosos al cerebro. Los dos más importantes son la Acetilcolina y la Taurina. Estos dos neurotransmisores son nutrientes que, como las vitaminas, alimentan tu cerebro para que funcione bien.

Pero eso no es todo. Para sacar el máximo partido a la memoria, a la concentración y al rendimiento intelectual, hay algunas cosas que debes recordar

- Seguir una dieta equilibrada y no olvidar nunca empezar el día con un buen desayuno.
- Dormir las horas necesarias y hacer ejercicio físico favorece tu capacidad de memorización.
- Evitar el estrés y la ansiedad ayuda a mejorar la concentración.



**Nutrientes básicos para la mente**

De todos los alimentos que ingerimos, hay una serie de sustancias que benefician directamente al cerebro y que no deben ser deficitarias en la dieta de las personas que necesitan un óptimo rendimiento intelectual.

**NEUROTRANSMISORES**

La **Fosfatidilcolina** es una importante fuente de fósforo a partir de la cual se sintetiza la acetilcolina, imprescindible en la transmisión de mensajes a nivel del cerebro.

La **Taurina** es uno de los aminoácidos libres más abundantes en el sistema nervioso central que participa también en la conducción de impulsos nerviosos.

**VITAMINAS**

**Vitaminas A y E.** Son sustancias antioxidantes que luchan contra el envejecimiento celular, especialmente contra los radicales libres.

**Vitaminas B<sub>9</sub> (ácido fólico) y B<sub>12</sub>** .Son necesarias para la síntesis de neurotransmisores. Su carencia supone alteraciones de la memoria e inestabilidad emocional.

**ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES**

Las dos cadenas de ácidos grasos poliinsaturados  $\omega 3$  y  $\omega 6$  son necesarias para mantener la estructura de las membranas celulares del cerebro.




Figura 1.- Ejemplo de utilización de la imagen para persuadir.

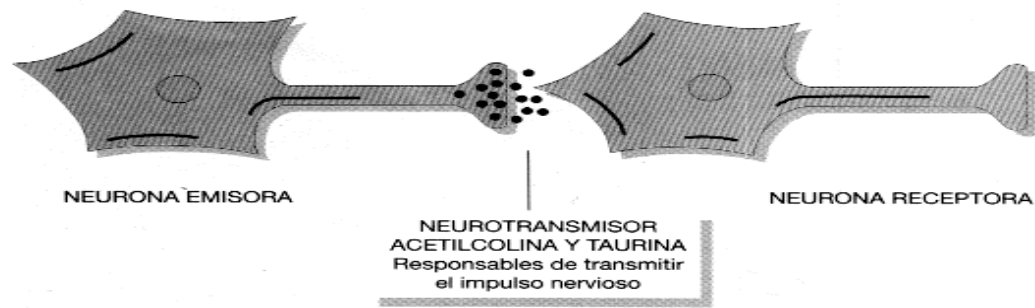


Figura 2.- Imagen "realista" que explica el funcionamiento del producto anunciado.

El impacto de la imagen procede de que "vemos" como evidente lo que no es. Y el lector extrae la conclusión errónea de que su memoria mejorará proporcionalmente a la cantidad de neurotransmisores ingeridos. El estilo "científico" del documento publicitario, junto a la evidencia gráfica, trata de convencernos de que esta conclusión es una verdad empírica y por tanto, una verdad sin discusión posible.

Este ejemplo tomado de la vida cotidiana resulta, por desgracia, también relativamente frecuente entre los actuales libros de texto de Ciencias de la



Figura 3.- Tabla propuesta para recoger los "datos" en un experimento que demostraría que la masa y el peso son proporcionales.

Otro argumento abusivo se encuentra en los datos ficticios, presentados en tablas, que pretenden provenir de una actividad experimental.

En el libro n° 5 se presenta un experimento como prólogo para introducir la segunda ley de Newton: *"cuando se realiza la experiencia en el laboratorio se obtienen unos resultados similares a los de la tabla siguiente: (véase la figura 4) hemos obtenido de forma experimental la relación que existe entre fuerza y aceleración"*.

Obviamente el objetivo perseguido es sugerir que la relación entre la fuerza y la aceleración es una cuestión "experimental", como si la magnitud *fuerza* pudiera preexistir en un contexto conceptual diferente al de *masa*, cuando, en realidad, forman parte del mismo marco newtoniano.

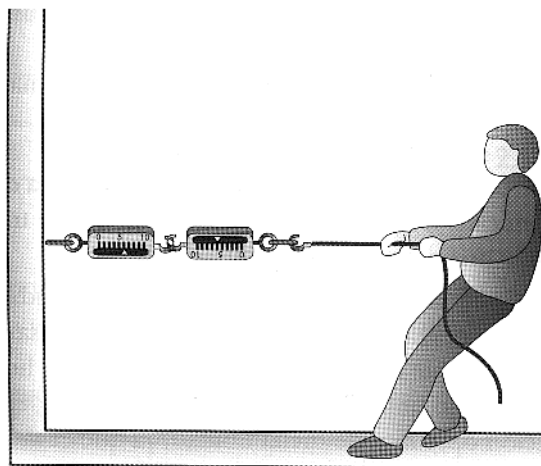
Objeto 1			Objeto 2		
$F$	$a$	$F/a$	$F$	$a$	$F/a$
50	10	5	50	4	12,5
150	30	5	150	12	12,5
250	50	5	250	20	12,5

Figura 4.- Tabla procedente del libro n° 5. Se demuestra "experimentalmente" la segunda ley de Newton.

Las imágenes también pueden emplearse abusivamente, en nuestra opinión, como argumentos experimentales.

En el mismo texto anterior se propone una experiencia para "comprobar" la tercera ley de Newton. La figura 5 describe el experimento. Según el texto, el dinamómetro de la izquierda "mide" la fuerza ejercida por la pared mientras que el de la derecha "mide" la fuerza ejercida por el joven.

La imagen "evidencia" según el libro que las dos fuerzas tienen el mismo valor, por lo que la tercera ley de Newton queda demostrada. Aparte de la inconsistencia del argumento, surge un problema añadido con la interpretación que los alumnos pueden realizar de la situación descrita por el dibujo. Nuestra experiencia con esquemas similares indica que la lectura que suelen realizar los alumnos de esta situación es que la fuerza que hace el niño sobre la pared es doble porque tienden a sumar las fuerzas de los dinamómetros. Precisamente la adquisición del esquema de reciprocidad en la interacción, la tercera ley de Newton, es lo que permite interpretar correctamente este problema, no pudiéndose, consecuentemente, utilizar como argumento para su "demostración".



Al realizar la experiencia se observa que los dinamómetros miden lo mismo: *las dos fuerzas son iguales.*

Figura 5.- Argumento visual abusivo procedente del libro n° 5.

En otras ocasiones las imágenes se combinan con el texto de modo que pueden sustituir a una experiencia real. Generalmente el formato figurativo describe el procedimiento utilizado, o la situación tal cual, mientras que los diagramas simbólicos y las palabras se complementan para interpretar los resultados. Una consecuencia que se deriva es que la realización efectiva del experimento se hace en la práctica superflua.

La figura 6 muestra un ejemplo procedente del libro n° 9 en el que se describe cómo comprobar el procedimiento de cálculo de la resultante de dos fuerzas paralelas. El texto que acompaña a la ilustración no describe el efecto que, sobre el resultado, tendría el peso de la regla utilizada ni establece las condiciones en las que este peso podría considerarse despreciable. Por otra parte, los instrumentos necesarios no están al alcance de los alumnos aunque el texto da a entender que se propone una experiencia personal. En realidad más que una experiencia sugerida se trata de un argumento visual donde la imagen sustituye a la realidad. El mensaje sugerido es algo así como: *lo que aquí se dice es cierto y lo puedes comprobar si quieres, pero es tan evidente que no es necesario que te molestes.*

Esta estrategia persuasiva se complementa con las condiciones materiales en las que se desarrolla la enseñanza, es decir, la masificación, la escasez de recursos materiales y la prisa por cubrir un programa muy apretado.

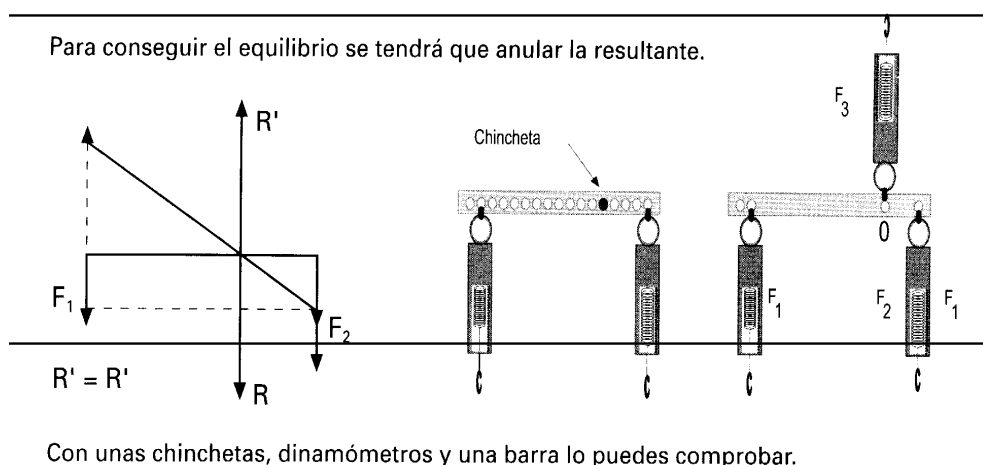


Figura 6.- Procedimiento experimental procedente del libro n° 9.

La capacidad que poseen las imágenes para describir la realidad se utiliza con frecuencia en estrategias que combinan la presentación de situaciones con una serie de preguntas acerca de ellas, diseñadas para generar en los alumnos respuestas muy determinadas en una secuencia que denominamos seudoinductiva.

Las imágenes aportan datos clave para la construcción de la secuencia. En ocasiones, como en el ejemplo de la figura 7, procedente del libro n° 3, el mensaje es ambiguo y la estrategia falla. La gran cantidad de elementos perceptivos dificulta la obtención de la información necesaria que en este caso es la diferente masa de los balones:

*El niño de la figura observa que, al darle sendas patadas a dos balones, A y B, el B se aleja mucho más. Lógicamente piensa que al B le comunicó mayor velocidad; si el impulso fue igual para ambos, ¿qué podría decir de la inercia que presentan? ¿Podría haber sabido de antemano cuál de los dos balones era el que se iba a alejar más?*

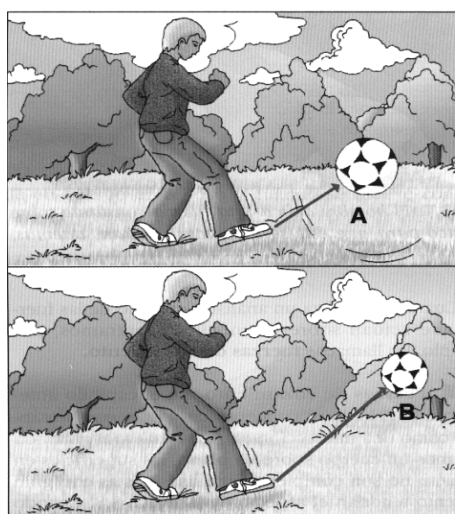


Figura 7.- La complejidad perceptiva dificulta la comprensión de la imagen.



La construcción del dibujo sugiere que se han de comparar las dos figuras. Los elementos que se diferencian son el tamaño del balón, la longitud de la flecha y su ángulo sobre la horizontal. El texto sugiere que el balón B se aleja mucho más, de modo que la diferencia de tamaño puede atribuirse a la perspectiva. La diferente longitud de la flecha puede interpretarse de dos modos: que la velocidad del balón B es mayor -ésta parece ser la intención del autor- o que la patada propinada al balón B es más fuerte. El texto utiliza el concepto de impulso para referirse al efecto de la patada -suponemos que para no incurrir en el error de atribuir a la fuerza, magnitud instantánea y variable en un choque elástico, el cambio de velocidad que depende del tiempo que actúa la fuerza, pero el resultado es un texto complejo que complica la interpretación del dibujo. La dificultad de llevar a la práctica estas secuencias pseudoinductivas queda patente en la última pregunta: "¿podría haber sabido de antemano cuál de los dos balones era el que se iba a alejar más?". Obviamente, no; el asunto es muy complicado.

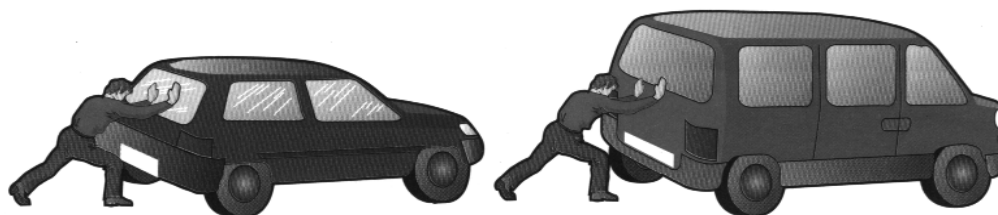
Otro ejemplo de secuencia seudo inductiva lo podemos ver en la figura 8 procedente del libro nº 7.

Respecto al uso de la imagen resulta reveladora la pregunta f. Fuera del contexto de la secuencia las diferencias entre los dos vehículos son muchas, ¿se espera de los lectores que exploren con atención las dos imágenes y las encuentren?, no. El objetivo es identificar *inercia* con *tamaño* y de ahí inducir una relación más elaborada entre inercia y masa tal y como se plantea en la pregunta g.

### Responde

- a) ¿Poseen todos los cuerpos la misma inercia?
- b) ¿Se puede medir la inercia de un cuerpo?

Observa la Figura 3.10. Un coche y una furgoneta están atascados y hay que empujarlos para ponerlos en movimiento.



- c) ¿Hay que realizar el mismo esfuerzo para poner los dos vehículos en movimiento?
- d) ¿Cuál de los dos tiene más tendencia a conservar el estado inicial de movimiento?
- e) ¿Cuál tiene más inercia?
- f) ¿Qué diferencia existe entre los dos vehículos?
- g) ¿Existe alguna relación entre la inercia y la masa de los cuerpos?

Figura 8.- Ejemplo de secuencia pseudoinductiva.

Los ejemplos de secuencias pseudoinductivas son abundantes. La figura 9 presenta un ejemplo de argumento visual en favor de la "Segunda ley del movimiento" procedente del libro n° 7.

En este caso se observa un error de coordinación entre los autores del dibujo y del texto, ya que suponemos que la intención de éstos era mostrar una proporcionalidad entre fuerza y aceleración, por lo que los vectores, en la segunda imagen, deberían tener una longitud doble que en la primera. En todo caso, las longitudes de los vectores aceleración y fuerza no deberían ser iguales entre sí salvo que se admita que la masa del carro ¡es de un kilogramo!.

Estos errores o descuidos revelan una intención persuasiva en las imágenes que, en lugar de promover una reflexión profunda, y por tanto crítica, en los lectores, propician una lectura superficial centrada únicamente en el efecto visual llamativo de que dos personas hacen una fuerza doble que una sola, algo en sí mismo bastante discutible.

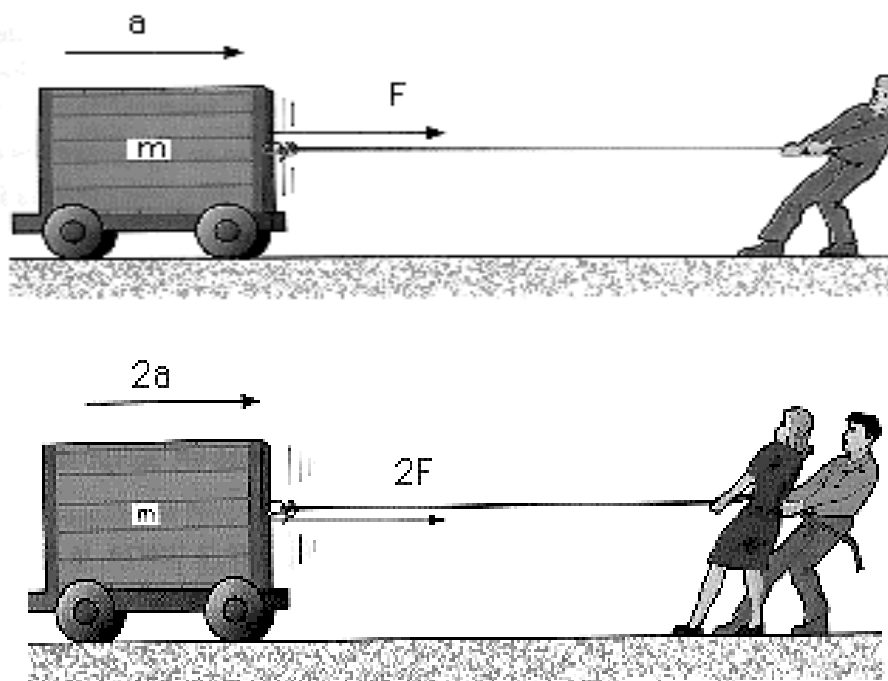


Figura 9.- Argumento visual fallido.

También es frecuente que en la descripción de las situaciones que dan lugar a estas secuencias pseudo inductivas se utilicen algunos conceptos fuera de su contexto, dando lugar a errores y ambigüedades. Un ejemplo se encuentra en la figura 10, procedente del libro n° 7, donde se dice: "los niños están jugando a tirar de la cuerda intentando que el cuerpo de masa  $m$  no se mueva...".

El pañuelo trata de centrar la atención sobre la suma de las fuerzas ejercidas por los dos equipos para introducir el concepto de resultante. Sin embargo, el sistema sobre el que hay que componer las fuerzas, para la naturaleza del problema planteado, no es el pañuelo y su masa es del todo irrelevante.

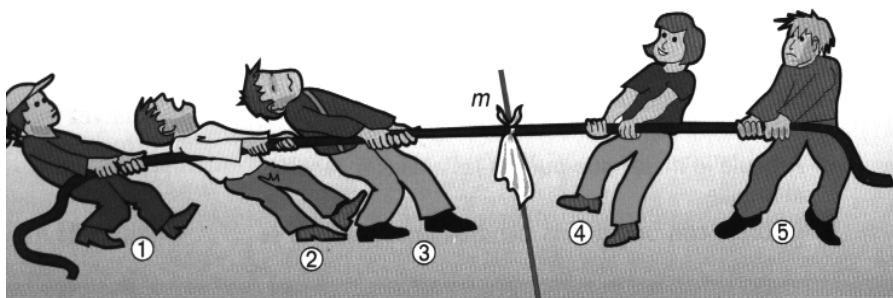


Figura 10.- La masa del pañuelo es irrelevante para el resultado del juego pero se utiliza como argumento visual.

Un ejemplo similar se encuentra en la figura 11 del libro n° 5, donde se realiza un análisis de fuerzas sobre un elemento igualmente inservible, la anilla. De ser cierta dicha interpretación, ¿qué aceleración experimentaría la anilla, y de paso, los esforzados deportistas?

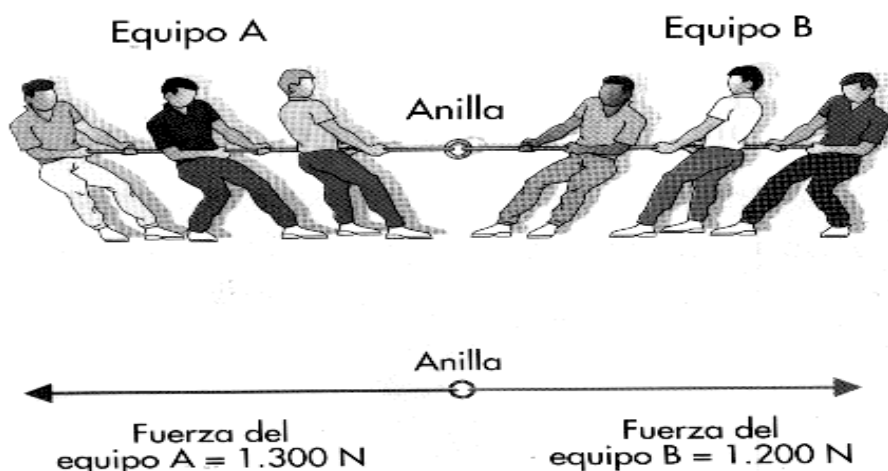


Figura 11.- La utilización incorrecta de las imágenes da lugar a problemas de interpretación.

Suponemos que los autores, que deben ser conscientes de la inconsistencia deslizada, han preferido elaborar ese texto ilustrado para dirigir la atención sobre un elemento de la imagen que guarda cierta analogía con el esquema vectorial que más adelante se presenta. El punto de aplicación se trata de relacionar con el pañuelo -o anilla- y los vectores fuerza simbolizan a los dos equipos respectivos.

Aparte de los errores de interpretación que aparecen, el resultado final es un mensaje híbrido e incomprensible que no participa de la claridad de una descripción sencilla, libre de conceptos teóricos, ni de la capacidad explicativa de un análisis de fuerzas más riguroso.

Finalmente se muestra otro ejemplo de abuso en la argumentación mediante imágenes que tratan de reflejar la *evidencia experimental*.

En la mayoría de los libros analizados se emplean argumentos más o menos *históricos* para justificar las leyes de la dinámica. Son muy numerosas las referencias a las reflexiones de Galileo sobre su *concepto* de

inercia. En el texto 7 (véase Figura 12) encontramos un ejemplo de la situación más citada en la que una bola rueda por unos planos. El texto que la acompaña dice: "a partir de las observaciones realizadas con planos inclinados, Galileo demostró que el movimiento en un plano horizontal es constante".



Figura 12.- La imagen presenta como evidencia experimental el argumento de Galileo.

La observación de que, si no existiera rozamiento, la bola no se detendría nunca, pone en palabras de Peduzzi y Zylbersztajn (1997) "la carroza delante de los bueyes", puesto que la afirmación de que un objeto tiende a parar debido a las fuerzas de fricción tiene sentido sólo en un cuadro inercial.

Son conocidas las dificultades de los alumnos de enseñanza media para admitir un movimiento sin causa que lo produzca y su tendencia general a proponer causas míticas que lo justifiquen a pesar de estudiar lo contrario en el instituto (Gutiérrez, 1994). Considerando que la mayoría de los libros de texto hacen del ejemplo de la bola que rueda sin rozamiento el principal argumento para introducir la primera ley de Newton, no parece que sean de gran utilidad. Como recuerda Koyré (1977) el principio de inercia presupone: a) la posibilidad de aislar un cuerpo dado de todo su entorno físico y considerarlo como algo que se realiza simplemente en el espacio; b) la concepción del espacio que le identifica con el espacio homogéneo infinito de la geometría euclidiana; y c) una concepción del movimiento y del reposo que los considera como *estados* y los coloca en el mismo nivel ontológico del *ser*.

Como se ve, el mencionado ejemplo de la bola no pone en cuestión ninguno de los supuestos del sentido común acerca del movimiento. ¿De dónde procede entonces su innegable éxito en los libros de texto? Desde nuestro punto de vista el dibujo muestra una falsa evidencia experimental. La causa que acelera o frena a la bola se identifica con la inclinación del plano, su ausencia, en el plano horizontal, *demuestra* el movimiento sin causa y de ahí, la *existencia* de la inercia como algo tan real como la bola misma.

Un ejemplo más de este interés por hacer *evidente* lo que no es, lo encontramos también en el libro nº 7 cuando contrasta, supuestamente, las interpretaciones del movimiento atribuidas a Aristóteles y a Galileo. La figura 13 muestra un hombre empujando una caja que se desplaza a velocidad constante y se comparan las dos interpretaciones.

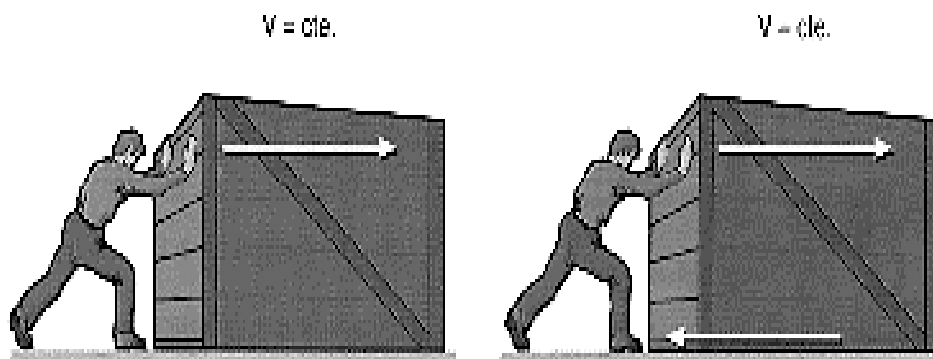


Figura 13.- Comparación "ilustrada" de las teorías de Aristóteles y Galileo.

En los dos casos se representa la fuerza ejercida por el hombre sobre la caja, mientras que en uno -la interpretación atribuida a Galileo- se representa una fuerza de rozamiento ejercida por el suelo. La existencia de la fuerza de rozamiento vendría a demostrar el error cometido por Aristóteles y se concluye que: *"para Galileo el cajón se mueve con una velocidad constante porque no le estás aplicando ninguna fuerza neta..."*.

Da la impresión de que todo se reduce a que Aristóteles ignoraba la existencia del rozamiento o resistencia del medio, cuando el problema es que se trata de dos sistemas de pensamiento completamente diferentes y difícilmente comparables entre sí con ejemplos como éste.

### **A modo de conclusión**

Los ejemplos que acabamos de analizar constituyen claros síntomas de la escasa capacidad para la reflexión que inducen muchos de los libros de texto actuales. Las *evidencias experimentales* planteadas pretenden mostrar "verdades científicas" mediante falsas situaciones experimentales que sustituyen de un modo sucedáneo al trabajo práctico y que refuerzan una visión empirista de la actividad científica, algo claramente superado por la nueva Filosofía de la Ciencia.

Del análisis de los libros de texto se desprende la intención de los autores de utilizar las imágenes como argumentos visuales para convencer a los lectores de la veracidad de lo expuesto por ellos. Los ejemplos citados anteriormente indican que, en algunas ocasiones, esta argumentación visual es abusiva, ambigua o errónea y, en el mejor de los casos, su efecto sobre el aprendizaje será nulo.

La clave de esta cuestionable argumentación visual se halla probablemente en la pretensión de que el conocimiento científico se sustenta fundamentalmente en una combinación entre la evidencia experimental y el sentido común. Las imágenes tratan de presentar como evidencias lo que en muchos casos son interpretaciones basadas en la teoría que se quiere demostrar.

Esta circularidad en la argumentación muestra los límites de una enseñanza basada en la *exposición* de las teorías científicas que hace de la persuasión su principal estrategia.

## **Referencias bibliográficas**

Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.

Baddeley, A.D. y K. Lieberman (1980). Spatial working memory. En: R. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance* (Vol.8). (pp. 521-539). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Gutiérrez, R. (1994). *Coherencia del pensamiento y causalidad. El caso de la dinámica elemental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense (Madrid).

Jiménez, J.D. y F.J. Perales (2001a). La representación gráfica de la magnitud fuerza. Apuntes históricos. *Alambique*, 28, 85-94.

Jiménez, J.D. y F.J. Perales (2001b). El análisis secuencial del contenido. Su aplicación al estudio de libros de texto de Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 3-19.

Jiménez, J.D. y F.J. Perales (2001c). Graphic representation of force in secondary education: Analysis and alternative educational proposal. *Physics Education*, 36, 227-235.

Jiménez, J.D. y F.J. Perales (2002). Modélisation et représentation graphique de concepts. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 96, 397-417.

Jiménez, J.D. y F.J. Perales (en prensa). Ilustraciones que representan fuerzas: un análisis en libros de texto de E.S.O. *Alambique*.

Johnson-Laird, P.N. (1980). Mental models in cognitive science. *Cognitive Science* 4, 71-115.

Kosslyn, S.M. (1990). Mental imagery. En: D.N. Osherson, S.M. Kosslyn y J.M. Hollerbach (Eds.), *Visual cognition and action. An invitation to cognitive science*. Vol. 2. (pp. 73-98). Cambridge: MIT Press.

Koyré, A. (1977). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo XXI: Madrid.

Levie, W. y R. Lentz (1982). Effects of text illustrations: A review. *Research Educational Communications and Technology Journal* 30, 195-232.

Mayer, R.E. (1994). Visual aids to knowledge construction. Building mental representations from pictures and words. En: Schnotz y Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics. Advances in psychology*. Vol. 108 (pp. 125-138). Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Mayer, R.E. y J.K. Gallini (1990). When is an illustration worth ten thousand words?. *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.

Mayer, R.E.; Bove, W.; Bryman, A.; Mars, R. y L. Tapangco (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88, 64-73.

McDaniel, M.A. y P.J. Waddill (1994). The mnemonic benefit of pictures in text: selective enrichment for differentially skilled reader. En: Schnotz y Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics. Advances in psychology*. Vol. 108 (pp. 165-184). Amsterdam: Elsevier Science B.V.

Moles, A. (1991) Pensar en línea, pensar en superficie. En: J. Costa y A. Moles (Eds.), *Imagen Didáctica. Enciclopedia del Diseño* (pp. 9-35). Barcelona: Ceac.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.

Park, D.C. y D.A. Mason (1982). Is there evidence for automatic processing of spatial and color attributes present in pictures and words. *Memory and Cognition*, 10, 76-81.

Peduzzi, L.O.Q. y A. Zylbersztajn (1997). La física de la fuerza impresas y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, 351-360.

Perales, F.J. y J.D. Jiménez (en prensa). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*.

Pezdek, K.; Roman, Z. y K.G. Sobolik (1986). Spatial memory for objects and words. *Journal of Experimental Psychology*, 12, 530-537.

Zimmer, H.D. (1994). Representation and processing of the spatial layout of objects with verbal and non verbal input. En Schnotz y Kulhavy (Eds.), *Comprehension of graphics. Advances in psychology*. Vol. 108 (pp. 97-112). Amsterdam: Elsevier Science B.V.

**Anexo 1: Muestra de libros estudiados**

<b>EDITORIAL</b>	<b>CURSO</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>CÓDIGO</b>
SM	4º ESO	Cañas, A. <i>et al.</i>	1995	1
Elzevir	4º ESO	Hierrezuelo, J. <i>et al.</i>	1993	2
Algaida	4º ESO	de Manuel, E. <i>et al.</i>	1994	3
Lib.Gen. Zaragoza	6º Bachillerato	Burbano de Ercilla, S.	1969	4
Anaya-Grupo	4º ESO	Candel, A. <i>et al.</i>	1995	5
Anaya Madrid	2º BUP	Candel, A. <i>et al.</i>	1987	6
McGraw Hill	4º ESO	García, J.A. <i>et al.</i>	1995	7
Ecir	4º Bachillerato	Nagore Gómez, E.	1963	8
Akal	4º ESO	Cuesta, S. <i>et al.</i>	1994	9
Santillana	4º ESO	Mascaró, J. <i>et al.</i>	1995	10