
LAS IMÁGENES EN LOS TEXTOS DE FÍSICA: ENTRE EL OPTIMISMO Y LA PRUDENCIA⁺*

Maria Rita Otero

Departamento de Formación Docente
Facultad de Ciencias Exactas – UNICEN
Buenos Aires – Argentina

Ileana Maria Greca

Instituto de Física –UFRGS
Porto Alegre – RS

Resumen

Este trabajo se propone discutir acerca de las potencialidades y limitaciones de las imágenes externas en la Enseñanza de la Física a partir de referenciales cognitivos, y formular algunas implicaciones para el uso de imágenes en contextos de aprendizaje. Se presentan las categorías tomadas en cuenta para analizar cualitativamente las imágenes en un conjunto de libros de texto de Física de nivel medio y universitario. A partir de ejemplos obtenidos en los libros, se describen las formas de usar las imágenes que se encuentran en los textos y sus posibles fundamentos, discutiendo los aspectos que parecen resultar inadecuados para el aprendizaje y la enseñanza de la física a la luz de resultados de investigación y de los marcos cognitivos actuales. Se presenta una lista tentativa de concepciones de “psicología popular” acerca de las imágenes externas, que podrían servir para que los profesores y los diseñadores de las imágenes empleadas por los libros de texto se cuestionen acerca de su uso para la enseñanza.

Palabras-chave: *Imágenes externas, enseñanza de la Física, libros de texto, psicología popular.*

⁺ The images in Physics textbooks: between the optimism and the prudence

* *Recebido: junho de 2003.
Aceito: dezembro de 2003.*

Abstract: *This work discusses the potentialities and limitations of external images in physics Education, using a cognitive framework, and some implications for the use of these images in learning contexts are formulated. For this, we describe the categories used in a qualitative study of the images that appear in usual Physics textbooks, for secondary school and university level. With examples obtained from this qualitative study, we illustrate the forms in which these texts use the images, and argument for the reasons of those uses. Considering the results from cognitive and educative research, the aspects that could be inadequate to learn and to teach physics are pointed out. We also present a provisory list of conceptions from “popular psychology” that seems to be the framework for this kind of use of the external images in textbooks to question themselves about image use in teaching.*

Keywords: *External images, Physics teaching, textbooks, popular psychology.*

I. Introducción

Una inspección rápida de los libros de texto de Física que se emplean hoy en la escuela secundaria, permite advertir que el uso de representaciones externas de carácter pictórico¹², ocupa un espacio cada vez mayor en los materiales que se elaboran para enseñar (ARNAUD, 1988; GIORDAN, 1988; DA SILVA CARNEIRO, 1997; MARTINS, 1997; OTERO,

¹² Las representaciones externas son símbolos o señales que usamos para comunicarnos, ellas representan alguna entidad del mundo real y son útiles en la medida que sustituyen dicha entidad en ausencia de ella. Por ejemplo cuando nos referimos a un libro usamos una señal lingüística o gráfica (la palabra “libro”, que puede ser una señal fonética o gráfica) o una señal pictórica (el dibujo de un libro). Las representaciones pueden dividirse en externas, e internas o mentales. Las representaciones externas suelen separarse en dos clases: pictóricas y lingüísticas, y en ambos casos re-presentan aspectos diferentes del mundo (vuelven a presentar, se colocan en lugar de otra cosa, etc.). La diferencia entre representaciones icónicas o pictóricas y lingüísticas puede trazarse a partir del grado de isomorfismo que ellas sostienen con la estructura de la realidad. Sin embargo, tal distinción no es absoluta y podría hablarse de un cierto gradiente de iconicidad, reservando el término icónica, para las representaciones que guardan una gran similitud con aquello que representan –por ejemplo fotografías y dibujos en general– y lingüística para aquellas que se relacionan con lenguajes hablados o escritos. Hay representaciones que están a mitad de camino entre la representación icónica y la lingüística, por ejemplo: mapas, dibujos esquemáticos del cuerpo humano y sus órganos, el esquema en corte de un aparato, o de una pieza de motor y hasta las gráficas de una función matemática en dos y tres dimensiones o en el plano complejo, a las cuales resulta difícil clasificar como estrictamente pictóricas, pero también es cierto que no son precisamente verbales -no son exclusivamente icónicas ni meramente lingüísticas.

2002; OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; OTERO; GRECA; SILVEIRA, 2003; STYLIANIDOU; OGBORN, 2002; PINTÓ, 2002; TESTA, 2002). Por el contrario, en los textos tradicionales de Física para el nivel medio y para los cursos de Física básica del Nivel Universitario, poca o ninguna presencia tenían las imágenes como fotografías y dibujos (véase la tabla de textos analizados en anexo). El fuerte incremento de las presentaciones visuales en los libros de texto, respondería a diversas razones, entre las cuales se pueden mencionar aquellas vinculadas al marketing, al lenguaje visual como requisito comunicacional de la sociedad de la información, y a las enormes posibilidades tecnológicas actuales. A raíz de que el “imaginario pedagógico” incluiría la “creencia” en las ventajas del uso de representaciones visuales, se advierte en la escolaridad básica que los profesores suelen seleccionar los libros de texto para sus alumnos tomando en cuenta la cantidad y calidad visual de las imágenes (DA SILVA CARNEIRO, 1997). Sin embargo, a pesar de que los profesores suponen que este incremento mejora la calidad del aprendizaje, casi no hay estudios al respecto, por lo que, entre otras causas, esto ha motivado que el uso de las imágenes visuales y el impacto de la cultura visual en la Educación, sean objeto de investigación tanto en el ámbito de la Enseñanza de las Ciencias, como en otros campos.

La utilización de imágenes externas en contextos diversos de educación formal y no formal se ha vuelto objeto de problematización e investigación a partir de varios referenciales, que por ejemplo, se ocupan de aspectos semióticos, gramaticales y sociológicos de la comunicación visual. Dichas investigaciones se enmarcan en campos tales como la Sociología y la Filosofía de la Educación, dado que estudian el impacto en el desarrollo humano, social y científico, de la cultura visual desplegada en la sociedad de la información (ANIJAR, 2000; ELLSWORTH, 1997; FISCHMAN, 2001; NOVOA, 2000; ROGOFF, 1998).

También desde la Psicología Cognitiva, algunas investigaciones muestran que ciertas imágenes externas podrían afectar la comprensión y el razonamiento (BARLOW, 1990; DUCHASTEL, 1981, 1988; JOHNSON-LAIRD, 1983, 1990, 1996; VEZIN; VEZIN, 1988; DENIS, 1996).

En cuanto al papel de la imagen en la Educación Científica, durante mucho tiempo, cierto auge formalista impregnó la manera de transmitir conocimiento y desaconsejó o subestimó -al menos tácitamente- el uso de representaciones visuales. Sin embargo, en la última década el uso de imágenes se ha incrementado progresivamente, sobre todo en los libros de texto escolares para la enseñanza elemental y media (DA SILVA CARNEIRO, 1997; MARTINS, 1997; OTERO, 2002; OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; OTERO; GRECA; SILVEIRA, 2003; PINTÓ, 2002). Además de modificaciones en la cantidad de imágenes, en las tecnologías de impresión y en las tecnologías

de la información y la comunicación, asistimos a cambios en la relación entre información visual e información verbal, a tal punto que muchos textos se volvieron guiones visuales en los cuales opera a veces, una verdadera sustitución de imágenes por palabras, cuyas razones y eficacia cognitiva intentamos problematizar en este trabajo.

Nuestro interés por la utilización de imágenes externas se circunscribe a la Enseñanza de la Física y lo hace desde una mirada fundamentalmente cognitiva. Sin embargo, a continuación también discutimos algunos aspectos gramaticales vinculados a la formulación del discurso visual, porque permiten señalar fuentes de dificultades para la interpretación de las imágenes empleadas en la enseñanza. Por ello consideramos que los resultados de las investigaciones acerca de la imagen tienen relevancia para los profesores de ciencias y para los diseñadores de textos escolares, a partir de que se conozcan las dificultades de interpretación y conceptualización, vinculadas a aspectos cognitivos y discursivos, y a partir de que se profundice la investigación sobre los efectos de las imágenes externas en los procesos de adquisición y comunicación del conocimiento científico.

II. Imágenes externas y comunicación en la Enseñanza de las Ciencias

Durante buena parte del siglo XX, cierta tendencia formalista impregnó la manera de transmitir conocimiento. En Matemática, esto puede rastrearse tanto en las prácticas pedagógicas como en las características de los libros de texto (DE GUZMÁN, 1996). En cierta medida, las razones del rechazo de la imagen externa como recurso argumentativo, tienen fundamentalmente orígenes epistémicos que luego se transponían al ámbito de la enseñanza y de la comunicación del saber. También en el ámbito de la Física se reconoce cierta “desconfianza” en el uso de imágenes externas para representar conocimiento (BACHELARD, 1969; JACOBI, 1988). Por otro lado, los medios tecnológicos a disposición de la industria editorial, tampoco facilitaban la inclusión de representaciones externas visuales. En la segunda mitad del siglo XX, se masificaron los soportes tecnológicos y los dispositivos que colaboraron con el auge de lo que se dio en llamar “cultura de la imagen”, trascendida luego por la “sociedad de la información” y materializada por medio de las NTIC (nuevas tecnologías de la comunicación y de la información) como por ejemplo “Internet”. Estas tecnologías, revitalizaron y multiplicaron la utilización del lenguaje visual en la comunicación.

La comunicación se hace efectiva cuando se llega a compartir significados, es decir cuando se consigue intercambiar mensajes en los cuales aquello que el receptor entiende, es sensiblemente similar a lo que el emisor pretendió comunicar. La sola alusión a imágenes, en tanto lenguaje figurativo,

remite a un vehículo de comunicación que se enuncia o se produce con una intención: la de emitir conocimiento de alguna clase y del otro lado, que aquel hacia quien esta dirigida la imagen, tenga la intención de comprenderla. En todos los ámbitos comunicativos y especialmente en las situaciones de enseñanza - aprendizaje va de suyo una pregunta clave: ¿es el mismo conocimiento, el que el emisor busca comunicar, y el que el receptor percibe?. A veces, quien genera las imágenes sólo las considera un medio de expresión y quien las lee puede “malentenderlas” -en el sentido propuesto por el comunicador- o comprender otra cosa. El problema se complica aún más, si se toma en cuenta que, tanto para lo figurativo como para lo verbal, no es suficiente describir las unidades semióticas que organizan un discurso, esperando que una codificación “correcta” asegure una comprensión adecuada, la comunicación es una interacción de intenciones y de significados.

Pero entonces, si la comunicación mediante imágenes es un proceso de resultado incierto ¿qué es lo que ellas aportan, cuál es el interés en las imágenes externas?. Desechando por ahora, las concepciones que hemos denominado de psicología popular en torno a la imagen, y circunscribiéndonos a los ámbitos que podríamos llamar eruditos, la imagen tiene sus detractores y defensores. Así, para algunos ellas son una mera distracción para el lector, y otros, las desechan como elementos aptos para comunicar conocimiento, porque no se les puede asignar un valor de verdad, o por su polisemia. Las imágenes no son sencillas y transparentes, ellas desbordan de sentido, están llenas de alusiones, de sobre-entendidos y en consecuencia, permiten no una, sino múltiples lecturas. Es por ello las imágenes suelen ser desconsideradas en la educación científica, a causa de su ambigüedad y a su capacidad de representar posibles mundos ilusorios - como las figuras imposibles de M. C. Escher-. Por el contrario, los defensores destacan el papel motivador, estético, o valorizan la importancia de las imágenes en la comprensión y en el aprendizaje de un mensaje lingüístico, o subrayan el hecho de que el recuerdo de materiales verbales mejora cuando se utilizan imágenes externas y hasta consideran que por su carácter analógico, motivador, tendrían la capacidad de hacer conocer “directamente” por encima de las barreras culturales. Como las imágenes desbordan de “analogía” ¿no serían acaso un doble que no puede sino recordar al original, constituyendo una representación de “lo real”?

El problema de las imágenes externas y su utilización en la enseñanza de la Física se plantea desde enfoques diferentes, entre los cuales se encuentran aquellos que enfatizan una visión cognitiva (OTERO, 2002; OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; OTERO; GRECA; SILVEIRA, 2003) y otros, en los que prevalece una mirada semiótica (PINTÓ, 2002). Las imágenes forman parte de un discurso visual, que formulado en el marco de una cultura visual, las transforma en instrumentos de integración de los hechos que fueron

objeto de la comunicación, presentándolos de una manera sinóptica. Por lo tanto, la comunicación con imágenes supone el aprendizaje de operaciones externas de referenciación, en las cuales usualmente no se repara. Las imágenes son el producto de un conjunto de efectos, en los cuales las reglas y el contexto tienen necesariamente que reconstruirse o reconstituirse, una imagen supone una matriz de contexto, una capacidad de establecer la relación entre el referente y su representación y hasta un análisis de su figurabilidad. Los aspectos anteriores se refieren al diseño visual y a su gramática, referencial desde el cual se estudian las imágenes en sí, analizando por ejemplo qué aspectos de su formulación y diseño, las tornan más adecuadas para comunicar conocimiento físico.

Por otro lado, la imagen en tanto que representación externa, entra en relación con la estructura cognitiva de un estudiante, afectando la construcción y / o modificación de sus representaciones mentales. Por ejemplo, las imágenes podrían influir en los modelos mentales que se construyen al enfrentarse a un problema, o en la comprensión de un concepto, o contribuir con la realización de inferencias que anticipan y predicen el comportamiento y la evolución de un sistema físico. Entonces, entre otras cosas, desde un referencial cognitivo podría preguntarse: ¿cómo un estudiante de Física interpreta una figura? o se podría considerar ¿qué usos de las imágenes externas en una situación de enseñanza- aprendizaje, atienden las complejidades cognitivas que entraña la representación interna cuando se aprende Física? o describir en situación de enseñanza-aprendizaje ¿cómo se afecta -facilita, dificulta o inhibe- la construcción de modelos y representaciones mentales adecuadas, a partir de actividades instruccionales que utilizan recursos visuales externos (imágenes estáticas, animaciones, software de simulación) en distintos tratamientos educativos con estudiantes de Física? (OTERO, 2002).

Podría decirse que en un caso se analizan las imágenes desde el punto de vista de quien formula el discurso y de aquello que se pretende transmitir, mientras que en el otro, se estudian los efectos de las imágenes en el representador y en su estructura cognitiva. Obviamente ambos abordajes son admisibles y su complementariedad es evidente, aunque la investigación exija realizar los recortes pertinentes. A continuación, consideramos y discutimos algunos ejemplos presentando implicancias para el uso de las imágenes en la enseñanza de la Física.

III. ¿Cómo clasificar las imágenes que se utilizan en la Enseñanza de la Física?

En el marco de una serie de estudios acerca del uso de las imágenes en la Enseñanza de la Física (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002; OTERO,

2002) se analizaron 41 libros de texto correspondientes a los Niveles Secundario y Universitario básico editados entre 1960 y 2001, la mayoría de los textos secundarios correspondían a ediciones realizadas desde 1995¹³ y algunos pocos textos correspondientes a la antigua “escuela media”. Construir una categorización adecuada¹⁴ para los distintos tipos de imágenes que aparecían en los libros de Física, fue una de las primeras cuestiones a resolver, en consecuencia, y siempre teniendo en cuenta que nuestra mirada es más cognitiva que semiótica, adoptamos el criterio de considerar a las imágenes según su grado de iconicidad (grado de similitud con aquello que codifican). Así en los textos identificamos:

• **Fotografías**

Ellas son las imágenes más estrictamente analógicas, en el sentido de que guardan un estrecho paralelismo con aquello que representan, fundamentalmente porque si bien pueden presentar un componente artístico, se destinan a ofrecer una representación lo más directa posible de personajes célebres, montajes experimentales, aparatos, edificios, etc.

• **Ilustraciones**

Son dibujos que los libros utilizan para reducir la abstracción de un texto, ilustrándolo, designamos como ilustraciones a las imágenes cuya diferenciación icónica con las fotografías, reside en el trazo manual de líneas y formas. Las ilustraciones son dibujos que guardan gran parecido con la situación que se proponen representar.

• **Historietas y Caricaturas**

Las Historietas y Caricaturas también son dibujos que, además de incorporar elementos icónicos y textuales -conjunciones de texto y dibujo individuales o en una secuencia- añaden el recurso del humor, y en

¹³ La Reforma Educativa Argentina (1995) estableció una Educación General Básica (EGB) de 9 años de duración y la segmentó en los niveles: EGB1 (1, 2, 3); EGB2 (4, 5, 6) y EGB 3 (7, 8, 9) y además, creó el Nivel Polimodal de tres años de duración al que acceden quienes hayan completado la EGB 3. Hasta la Reforma, los actuales 8vo (12 años de edad) y 9no (13 años de edad) y el actual Nivel Polimodal integraban la educación media o secundaria.

¹⁴ Para detalles de construcción metodológica véase Otero, Moreira, Greca, 2002 y Otero, 2002 (Tesis doctoral).

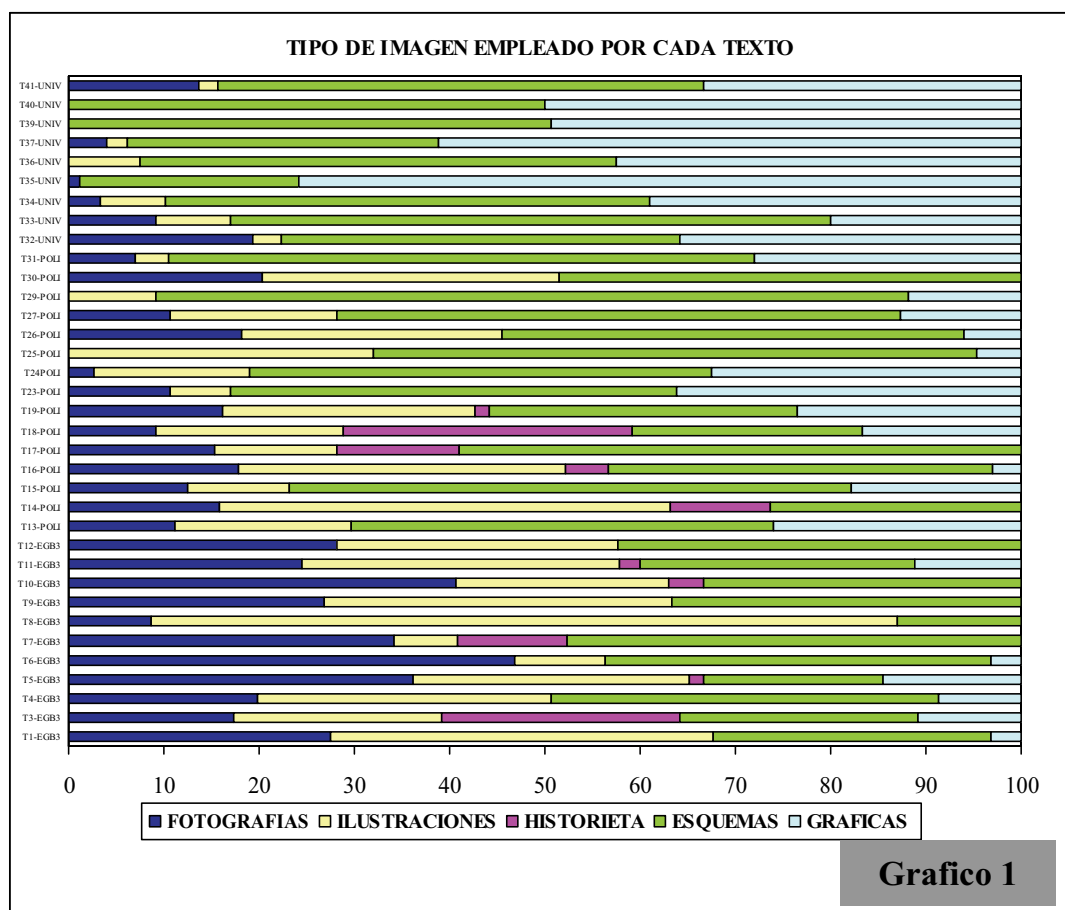
consecuencia contienen una carga de significado adicional para el lector (Fig. 5).

- **Esquemas**

Contienen notaciones más abstractas que pueden vincular elementos de naturaleza intermedia entre lo simbólico y lo icónico, excluyendo símbolos específicamente matemáticos. Como su nombre indica, involucran información de carácter general, esquemático, menos específico y detallado que las ilustraciones y las fotografías, también menos analógico.

- **Gráficas**

Representaciones visuales que se construyen a partir de una tabla o matriz de datos, por ejemplo entre otros: gráficos estadísticos, mapas y gráficas relacionadas con la noción de función. Las gráficas suponen un alto grado de



abstracción y generalización, como hacen uso de un conjunto de convenciones y formalismos, su interpretación requiere el dominio y conocimiento de nociones

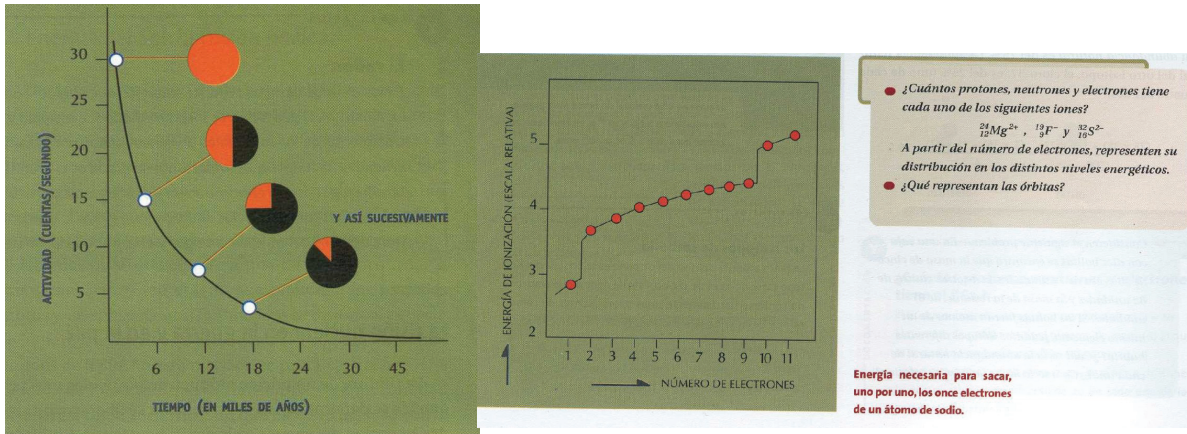
matemáticas específicas, vinculadas al concepto nuclear de función (Fig. 1,2 y 3).

En el Gráfico 1 se representan los textos correspondientes a los tres niveles educativos considerados y la proporción de cada clase de imagen que utilizan (la lista de todos los textos con su identificación se presenta en el Anexo I). Se advierte que el uso de Fotografías e Ilustraciones decrece con el nivel educativo y se las encuentra preponderantemente en los textos de EGB3, mientras la presencia de Gráficas es baja. Contrariamente, el uso de Gráficas crece en sentido inverso, es mayor y casi dominante en el Nivel Universitario, mientras hay muy pocas ilustraciones en los textos de ese nivel.

La presencia de Esquemas en los libros para EGB 3 es considerable, y mayor de lo que cabría esperar. Es preciso investigar si la gran cantidad de esquemas que emplean los textos, mejora las posibilidades de conceptualización de los alumnos, o si sólo aumenta la demanda cognitiva. Es relevante analizar cómo los esquemas y los gráficos se introducen, se explican, se discuten, y en qué medida se solicita al estudiante desde el propio libro de texto, que además de interpretar y discutir los esquemas que se ofrecen, haga lo propio con los que pueda construir por sí mismo. Nuestro análisis de los textos de EGB 3, indica que los esquemas y los gráficos se tratan de una manera superficial, quizás porque se los suele considerar auto- explicativos, como sucede con el resto de las representaciones visuales externas.

En los libros dirigidos a estudiantes de EGB3 se encuentran gráficos combinados, de gran colorido visual, que sin embargo, pueden resultar redundantes, como el que se aprecia en la Fig. 1. Interpretar ese gráfico desde el punto de vista físico, requiere estar en posesión de un conjunto de conceptos físicos y matemáticos -radiactividad, desintegración, cuentas por segundo, funciones exponenciales, etc.-. El significado de los gráficos de sectores que se han superpuesto, no es trivial ni evidente, y sin embargo, ni siquiera los menciona el epígrafe, ni tampoco se explican en el cuerpo textual. Algo similar sucede con el gráfico contiguo, al cual se refiere el breve texto que aparece en color rojo, por otro lado, la pregunta formulada a la derecha del gráfico no se vincula con su contenido.

Jacques Bertin (1967) fue el primero en articular una teoría coherente y razonada para el análisis de la representación cuantitativa en forma gráfica en su obra *Semiologie Grafique*. Bertin (1967) considera que las gráficas tienen dos funciones principales: tratar datos para obtener informaciones y comunicar, si es necesario, la información obtenida. Según este autor la informática tiene la capacidad de multiplicar las imágenes sin tener en cuenta que, por definición, todo gráfico corresponde a una tabla. Los datos se transforman en gráficos para comprender; un mapa, un diagrama, son documentos a los cuales se les interroga.



En la curva de decaimiento del carbono-14, se puede observar que la actividad inicial en un trozo de madera radiactiva es de 30 dpm. Luego de 5.700 años, el valor de la actividad radiactiva disminuye a la mitad (15 dpm). Pasados otros 5.700 años, la actividad es de 7,5 dpm. Este proceso continúa y la actividad de la muestra siempre decaerá a la mitad luego de una misma cantidad de años.

Fig. 2 .Tomada de Cerdeira, S.; Cwi, M.; Ferrari, H.; Greco, M.; Marin, G.; Mollerach, R.; Ortí, E.; Tonina, A.; Turner, S., Ciencias Naturales y Tecnología 9, Editorial Aique, Buenos Aires, 2001, p. 26.

Fig. 1. Tomada de Cerdeira, S.; Cwi, M.; Ferrari, H.; Greco, M.; Marin, G.; Mollerach, R.; Ortí, E.; Tonina, A.; Turner, S., Ciencias Naturales y Tecnología 9, Editorial Aique, Buenos Aires, 2001, p. 35.

Figura 12-6 Dos objetos que están unidos a muelles idénticos y se dejan libres simultáneamente alcanzan sus posiciones de equilibrio en los mismos tiempos porque el período no depende de la amplitud, dependiendo únicamente de la masa del objeto y de la constante de fuerza del muelle, que son iguales en ambos sistemas.

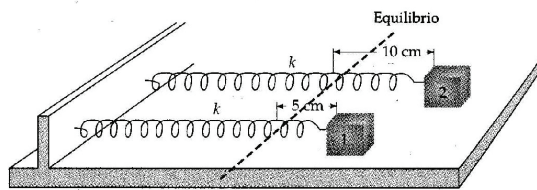


Figura 12-7 Posición en función del tiempo en el caso de los dos objetos de la figura 12-6.

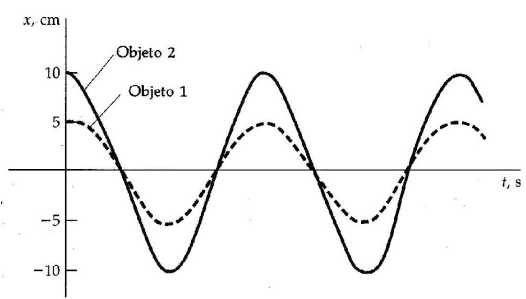


Fig. 3. Tomada de Tipler, Paul A., Física Tercera Edición, Editorial Reverté, México, 1995, p. 374.

Contrastando con la anterior forma de tratar la información gráfica, la Fig. 3 muestra una descripción detallada del esquema de las dos masas oscilantes y de las gráficas del MAS. El epígrafe se usa para describir la figura, para introducir nueva información relevante y para vincular este esquema con las gráficas que se encuentran inmediatamente contiguas. Además, el cuerpo textual también remite a las figuras, orientando al lector, sin asumir como “obvia” su interpretación.

Las Historietas y Caricaturas incluyen texto y dibujo, la Fig. 4 ejemplifica un uso interesante de estas representaciones externas para plantear problemas y cuestiones a resolver. En las tres tiras de la Fig. 4, se está planteando un desafío, que sólo puede ser reconocido como tal si se poseen los conocimientos necesarios. Probablemente por esta razón, el libro las propone al final de un capítulo, ya que presuponen mucho conocimiento previo. Si bien las Historietas permitirían resumir una gran cantidad de información verbal, como contraparte, exigen interpretación, inspección y atención exhaustiva, razón por la cual ellas tendrían que ser objeto de tratamiento didáctico.

Dentro de las categorías consideradas, pueden generarse subcategorías más exhaustivas, que quizás interesen en otra clase de análisis. Otros autores emplean clasificaciones basadas en la estructura gramatical de las imágenes, así, Krees and van Leeuwen (1996) distinguen entre las que tienen estructura narrativa (representan a los participantes en una acción, en un momento particular) y las que tienen estructura conceptual (representan relaciones y características fijas), también señalan que ambas pueden ser naturalistas (realistas) o abstractas.

Sin embargo, a raíz de que las imágenes utilizadas en los textos para enseñar Física tendrían, o deberían tener, una intención de comunicar conceptos científicos, es que resulta difícil separarlas según esta clasificación, ya que además de una estructura conceptual, a la vez pueden incluir, y de hecho esto es muy frecuente, una estructura narrativa.

Por ejemplo, las historietas parecen ejemplos evidentes de estructura narrativa, pero si se las crea para enseñar el Principio de Inercia como en el caso de la Fig. 4, ¿no tienen también una evidente estructura conceptual?. En la medida que la interpretación de una imagen involucra la comprensión de las relaciones entre sus componentes, es complejo precisar cuál es la estructura gramatical unilateralmente, sin considerar al representador. De allí que algunos semiólogos como Bertin (1967) circunscriban las prescripciones gramaticales sólo a las gráficas.

También es posible relativizar las dimensiones naturalista (realista) - abstracto. Por ejemplo, si se analizan las imágenes de la Fig. 6, las pompas de jabón, los CD, son elementos muy “reales”, pero remiten a conceptos abstractos como el de difracción, o como el de tensión superficial para el caso de las

pompas, o como la reflexión total interna para la fibra óptica. También la hermosa Fig. 5, referida al efecto Doppler, podría calificarse como naturalista, narrativa, conceptual y ¡abstracta!. Lo que pretendemos poner de manifiesto, es que las afirmaciones ingenuas acerca de la sencillez de la imagen, son arrasadas cuando se ponen en práctica las dimensiones naturalista-concreto o narrativo-conceptual.

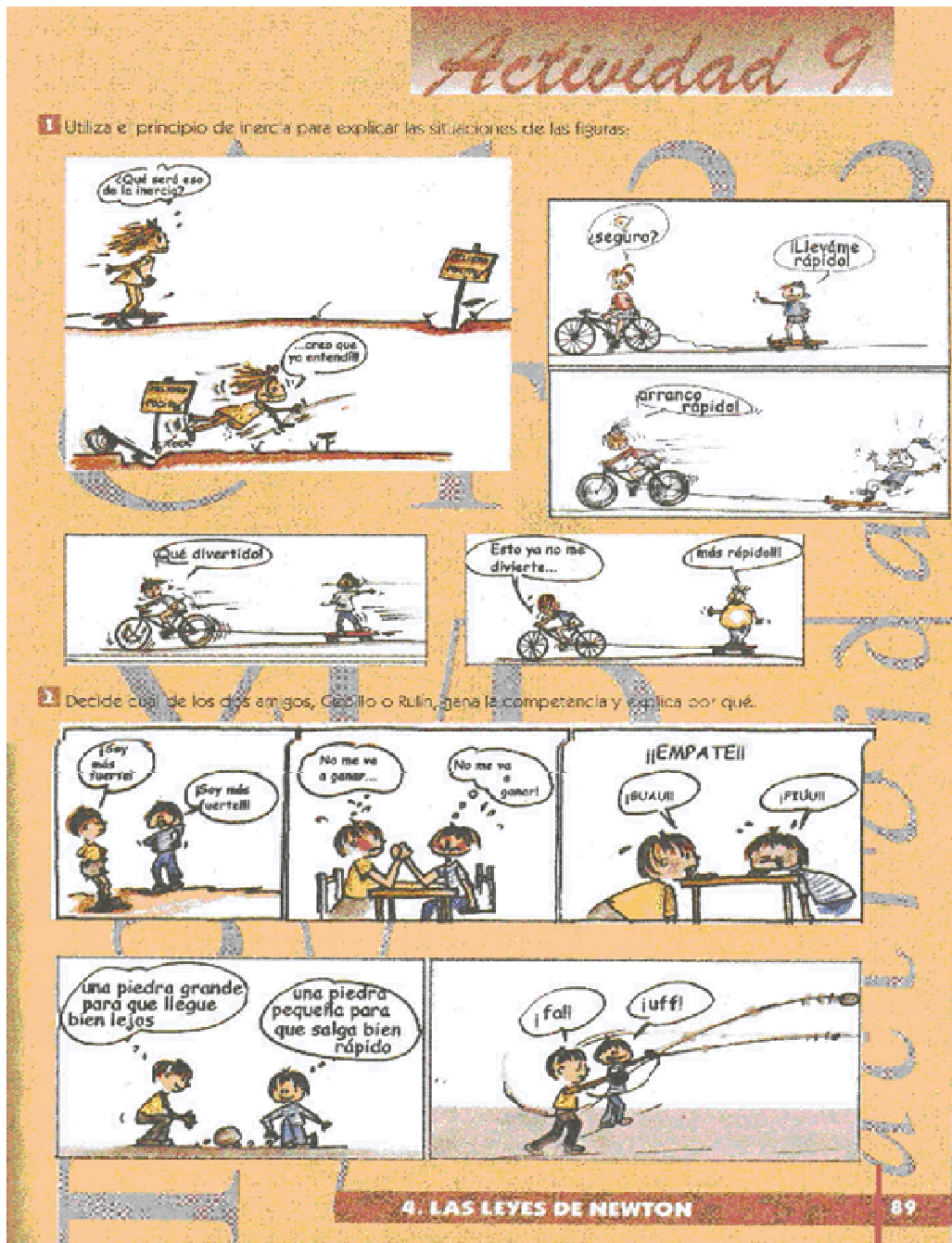


Fig. 4. Tomada de Miguel, Hernán. *El Universo de la Física*, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1998, p. 89.

Las categorizaciones mencionadas, vuelven evidente que las representaciones imagísticas están lejos de aportar a los estudiantes la sencillez y transparencia que ingenuamente se les atribuye, ellas plantean iguales o mayores dificultades y exigencias de interpretación que el lenguaje verbal. En consecuencia, investigadores, profesores y diseñadores de imágenes tendremos mucho trabajo por delante -por enseñar y por aprender- si pretendemos usar el lenguaje visual como instrumento útil para el aprendizaje de la Física.

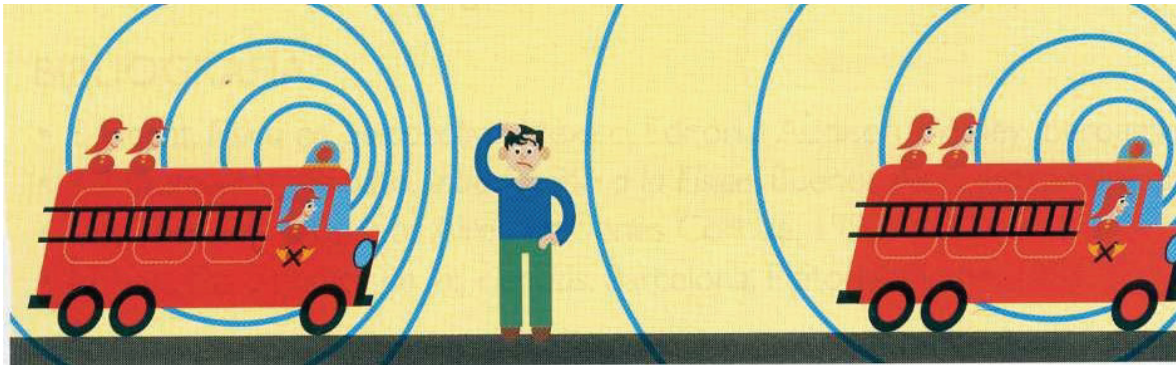


Fig. 5. Tomada de Boudemont S.; Santilli H.; Koss A., Ciencias Naturales 9 Editorial Kapelusz, Buenos Aires, 2001, p. 111.

IV. ¿Para qué se usan las imágenes en los textos de Física considerados?

El análisis de las diferentes representaciones visuales empleadas por los textos de física, permite distinguir entre los que enfatizan el uso de recursos visuales icónicos, y utilizan fotografías e ilustraciones de manera predominante y entre los que basan su discurso visual en esquemas y gráficos. Este último, es el caso de la totalidad de los libros de nivel universitario considerados, mientras que entre los libros para el nivel Polimodal prevalecen también los que emplean más recursos visuales abstractos que icónicos. A continuación destacamos los usos que estas imágenes tendrían en los libros de texto.

IV.1 Las imágenes como elementos de ornamentación y motivación

Hemos encontrado que algunos textos parecen emplear las imágenes -entre otras finalidades- como un recurso estético y motivador, que se traduce en un uso decorativo y ornamental de la imagen. En este caso, las imágenes que se colocan en el texto buscan embellecerlo y hacerlo visualmente atractivo. Un indicador de esta forma de usar la imagen, consiste en el uso privilegiado del color aún en los gráficos, como se aprecia en las Fig. 1 y 2 y en la presentación de imágenes escasamente relacionadas con el contenido. La mayoría de estos textos pertenecen a ediciones posteriores a 1995 y a ediciones recientes, son libros con gran predominio del color, en cuyas páginas aparecen ilustraciones y

símbolos como “papel tapiz” -que no necesariamente están relacionadas con los conceptos tratados- además de los recursos visuales que puedan conformar el discurso específico para un cierto tema. Junto con una compleja y variada iconografía, estos de libros presentan al lector gran cantidad de estímulos visuales para interpretar. En consecuencia, requieren un gran esfuerzo para establecer relaciones conceptuales relevantes, debido a la gran cantidad de información que se presenta al estudiante (Fig. 6). La utilización de la imagen como instrumento estético- motivador se concentra en los textos para EGB3, mientras que su presencia se reduce a medida que se asciende por niveles sucesivos.

En la antípoda de esta forma de utilizar la imagen se encuentran los libros que no las emplean con fines ornamentales o para atraer la atención del lector, un ejemplo claro es el libro de Richard Feynmann, que concede muy poca importancia a los recursos visuales. En el texto universitario de Paul Tipler tampoco se priorizan aspectos estéticos -tanto en la edición 1976 como en los textos del mismo autor dirigidos al Nivel Polimodal re-editados en Argentina en 1999. Si bien en la re-edición color de éste y otros textos clásicos, se emplean fotografías en papel brillante a doble página como el de Paul Tipler (1995) dichas imágenes son introductorias para cada capítulo y su relación con el contenido es intensa.

IV.2 Las imágenes como instrumento ilustrativo y facilitador de la comprensión

Algunos textos de Física utilizan imágenes como instrumentos para ilustrar y “reducir la abstracción” del discurso verbal, buscando facilitar la comprensión. Cuando su potencia ilustrativa es aprovechada, las imágenes son funcionales al contenido del discurso verbal y se las utiliza de manera planificada y sistemática. Esta forma de usar la imagen se encuentra en los clásicos libros de Física básica del nivel Universitario, tanto en sus ediciones antiguas como nuevas, así como en un grupo considerable de textos dirigidos al nivel Polimodal. Interpretamos que a esta concepción, subyace la idea de que las imágenes necesitan ser explicadas al lector para contribuir a una interpretación científicamente adecuada.

Contrariamente, en los libros de texto dirigidos a EGB 3, las imágenes no se presentan subordinadas al discurso verbal. Así, la abundancia de color, de composición de imágenes superpuestas, de íconos que expresan conexiones con varias secciones del texto, puede generar ausencia de referencia visual y cognitiva, dificultando la lectura. Debido a que aún para un experto resulta complejo acceder a la información para reconocer lo relevante de lo que no lo es, es posible que el descuido de este carácter ilustrativo, sobre todo en

ausencia de estrategias explícitas de interpretación del discurso visual, ocasiona que el lector se “pierda” en la variedad estimular del texto y en la densidad de información que plantea.

IV. 3 Comunicación a través de imágenes

Aún cuando los destinatarios de los textos de Física analizados, se encuentran en niveles de la escolaridad que suponen un dominio razonable del discurso verbal, algunos libros -que en su mayoría corresponden a EGB 3- asignan al discurso visual un papel preponderante y otorgan a las imágenes un estatus igual o mayor que a las representaciones verbales, a este estilo de comunicación lo denominamos Imagístico. Esto se manifiesta en aquellos libros que además de utilizar gran cantidad de representaciones visuales en todo el texto, incluyen en cada capítulo secciones especiales denominadas “Temas con Imágenes” o también “Infografías” y “Lectura de imágenes”. Algunos autores señalan en la presentación del libro, que el objetivo de esas secciones es explicar temas mediante imágenes “ ¿Son importantes las imágenes?. En todos los capítulos del libro hay páginas especiales en que los temas se explican mediante imágenes. (ARISTEGUI, 2001, p. 9). Otros destacan que las imágenes les ayudarán a entender mejor los temas “Las ilustraciones, las fotografías, los esquemas y los gráficos interrelacionados les facilitarán enormemente la comprensión de ciertos temas” (BACHRACH, 1997, p. 11). Esta característica predomina entre los libros para EGB 3 -editados después de la reforma- mientras se presenta sólo en algunos dirigidos al Nivel Polimodal, y no se encuentra en ninguno de los textos universitarios analizados.

Otros libros usan imágenes sólo para comenzar los capítulos o unidades, apelando al tamaño y al color, dependiendo de la tecnología que emplea la edición. Así, los textos más recientes tienen presentaciones a doble página color, con fotografías espectaculares y cuidadosamente elegidas. A raíz de que lo característico de ellos es usar imágenes sólo para introducir el tema, prosiguiendo luego con un uso que podría considerarse más clásico, calificamos a esta forma como Introdutoria y reservamos el adjetivo Tradicional para cuando se presentan pocas imágenes externas y se adopta un discurso predominantemente verbal.

El estilo imagístico predomina en los textos para EGB3 respondiendo quizás, al supuesto de sencillez, que erróneamente considera a las imágenes más fáciles que las palabras y más apropiadas para los estudiantes de menor edad y conocimiento.

En la Fig. 6 se ejemplifica el tratamiento visual que hemos denominado imagístico. Se advierte una composición del discurso visual muy atractiva, con varias clases de imágenes: sobre todo ilustraciones y esquemas y

Oscilaciones y ondas: luz y sonido

Aplicaciones tecnológicas de fenómenos asociados con la luz y el sonido han permitido, por ejemplo, mediante las fibras ópticas, llegar a zonas inaccesibles del cuerpo humano y transmitir información a grandes distancias, en las telecomunicaciones.

Técnicas como la ecografía, a través del empleo de ultrasonidos, se utilizan en diagnósticos y terapias en medicina. El láser tiene aplicaciones en la industria, en las comunicaciones, en la medicina, en sistemas de medición, con fines bélicos o pacíficos, entre otros.

El modelo ondulatorio permite estudiar los fenómenos de reflexión, refracción, difracción e interferencia de la luz y del sonido.

Cuando nos miramos en un espejo o al observar a través de una ventana, nos enfrentamos con los fenómenos de reflexión y refracción de la luz.

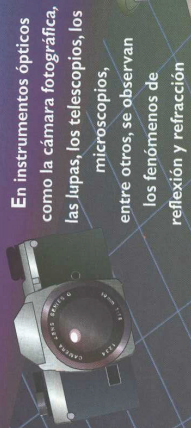
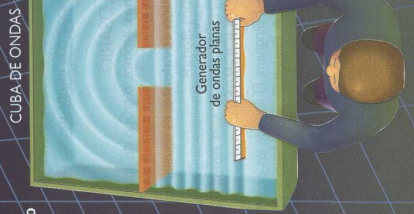


Fig. 6- Tomada de BOUDEMONT, S.; SANTILLI, H.; KOSS, A.. Ciencias Naturales 9 , Buenos Aires: Editorial Kapelusz, 2001. p. 86-87.

con porciones de texto en letra pequeña. Las imágenes aparecen poco descriptas y la composición podría complicar la referenciación o la identificación de los conceptos relevantes. La ubicación espacial del texto con relación a la imagen muestra poca integración entre ambos (se menciona la ecografía en el lado izquierdo, cuando la imagen se encuentra en el extremo opuesto). La adopción de un lenguaje visual basado en recursos icónicos, cuya estructura narrativa concreta es sólo aparente, no parece reducir la complejidad y abstracción de los conceptos involucrados. Cuando las imágenes se usan al comienzo del estudio de un tema que los estudiantes desconocen, deberían enfatizarse las actividades de interpelación, y dejar explícitamente abiertas un conjunto de preguntas relevantes. Si con la imagen, se busca presentar una suerte de síntesis, de aquellos contenidos que el capítulo va a desarrollar, entonces sería adecuado hacerlo explícito de alguna forma, por ejemplo volviendo continuamente a ella a medida que se avanza en la conceptualización.

A pesar de la intención de algunos autores de intentar explicar temas con imágenes, que parecería fundamentar las sesiones especiales como “Infografías” o “Lectura de imágenes”, al observarlas, se advierte que las supuestas explicaciones se encuentran en considerables porciones de texto que acompañan a las imágenes, en las cuales, más que explicar, lo que se hace es argumentar acerca de un contenido, o de un objeto y sus propiedades. Por ejemplo en la Fig. 7 las ilustraciones están poco relacionadas con los conceptos de vibración, frecuencia, intensidad, tensión, resonancia, timbre, y se refieren a los diferentes instrumentos musicales típicos que caracterizan a una región geográfica. Entonces en ese caso: ¿qué conocimiento se espera derivar de la “lectura de las imágenes”, ¿qué relaciones implícitas en las imágenes y qué contenidos de Física se espera que el lector conceptualice? ¿cómo se distinguen las imágenes ornamentales –cactus, ballena, animalito que ejecuta un instrumento a la derecha– de aquellas que tienen que usarse para extraer conocimiento relevante?.

Según los resultados provenientes de la Psicología Cognitiva, cuando se lee una imagen hay una fase inicial estrechamente ligada a la percepción visual, pero una vez que la información se encuentra en la retina, se inicia un proceso de reconocimiento –que depende del sujeto– y a partir de ese primer paso interpretativo que opera ya en la percepción, la imagen externa podría ser generada como imagen interna o no, e inspeccionada (perceptivamente, mentalmente o ambas cosas). En cualquier caso, para derivar información a partir de la imagen se requiere un proceso interpretativo, que como todo proceso comprensivo es estratégico, es decir no tiene garantía de éxito (VAN DIJK, 1992). En consecuencia, la cantidad de información que se derive de la interpretación de la imagen podría ser enorme, y a la vez muy alejada de nuestras intenciones instruccionales. Es claro que existe un discurso

visual que los estudiantes tienen que decodificar y comprender, pero ¿qué instrumentos se les proporcionan para que lo hagan, o ¿cuando se dice “leer imágenes” se piensa que serán “copiadas “ y “almacenadas” como fotos en la cabeza?

LECTURA DE IMÁGENES

Instrumentos regionales

El territorio argentino tiene expresiones culturales muy diferentes. La música popular de cada región tiene características particulares que la distinguen de la música de otras regiones, y los instrumentos usados para ejecutarla también cambian de una región a otra. Por ejemplo:

charango
(noroeste, Bolivia, norte de Chile)

caja
(noroeste)

violín
(noroeste, Santiago del Estero)

acordeón
(noreste, litoral del Paraná)

guitarra
(todo el país)

siku
(noreste)

En los instrumentos de cuerda, el sonido se produce al pulsar las cuerdas, que se encuentran tensadas entre el puente y el clavijero. La diferencia de grosor entre una cuerda y otra hace que produzcan sonidos diferentes, más graves cuanto más gruesa es la cuerda.

Pero el sonido producido por una cuerda tensa resulta muy poco intenso para ser detectado por nuestros oídos. Para lograr intensidades mayores, la vibración de las cuerdas se transmite a la caja de resonancia y al aire que contiene la caja. Entonces es posible percibir sonido.

Al aumentar la tensión en una cuerda, girando la clavija que la sujeta, la frecuencia de vibración de la cuerda aumenta y el sonido resulta más agudo. A su vez, cuando se aprieta una cuerda con un dedo sobre el diapasón, la porción de la cuerda que vibra al pulsarla resulta menor, produciendo un sonido más agudo.

El diseño y construcción de un instrumento es un delicado arte que implica conocer muy bien los materiales que se utilizan y la forma más conveniente para lograr sonidos de buena calidad e intensidad.

El charango es un instrumento de cuerda típico de América.

Fig. 7- Tomada de Bachrach, E.; Bilinca, D.; Bosack, A.; Fernández, E. Morales, E. Shipam, F. ; Taddei, F. Ciencias Naturales 9, Editorial Santillana, Buenos Aires, 1998, p. 64.

La elevada densidad de representaciones visuales que contienen algunos libros, parece sobrevaluar el valor cognitivo de la imagen sin producir la facilitación que se les atribuye. Si bien las imágenes podrían contribuir con el proceso comprensivo, ninguna de las funciones que se les asignan se producen directamente, tiene que mediar otra interacción y aún así, esto no garantiza ni la comprensión ni la interpretación adecuada. La construcción de

modelos mentales se facilita cuando se reducen las ambigüedades y cuando se alivia la carga de la memoria de trabajo. Si toda la estructura discursiva ya sea verbal o visual, está al servicio de la reducción de las ambigüedades del mensaje, es más probable que un “buen” modelo mental sea construido. Por ejemplo, en la variedad estimular ofrecida en la Figura 6, resulta más difícil identificar lo relevante y lo que esencialmente se pretende comunicar. Así, aún cuando en un texto tradicional el estudiante resulta menos estimulado visualmente que en un texto imagístico, podría ocurrir que la comprensión sea favorecida en el primer caso, sobre todo frente a un discurso visual complejo que requiere de muchos conceptos científicos y presupone habilidades de interpretación y referenciación que el estudiante no posee. Sólo cuando el texto contribuya a la construcción de un modelo mental adecuado del discurso que se está planteando, el proceso comprensivo podría resultar más sencillo.

V. Relación entre texto e imágenes

V.1 Descriptiva

6 Ondas: el sonido y la luz

UN TRUCO DE PELÍCULA

Hace algún tiempo se filmó una película acerca de los dinosaurios que habitaron nuestro planeta durante el período jurásico. Gran parte de los esfuerzos de producción estuvieron destinados a lograr impresionantes efectos especiales. En una escena de terror, para indicar las fuertes pisadas de un dinosaurio que se aproximaba, era necesario hacer temblar el agua de unos vasos que estaban dentro de un automóvil. Para lograr el efecto, fabricaron una cuerda metálica como las que tienen los bajos y los contrabajos y la colocaron por debajo del auto. Cada vez que debía moverse el agua, un ayudante escondido pulsaba la cuerda. Entonces, sin necesidad de que nadie tocara el vaso ni golpear la mesa, el sonido hacía que el agua se agitara.

Pero hay cosas todavía más sorprendentes que tienen que ver con el sonido. Aunque parezca raro, con el sonido —igual que con la luz— se puede... sacar fotografías. Aquí les mostramos una “fotografía” sacada con sonido.

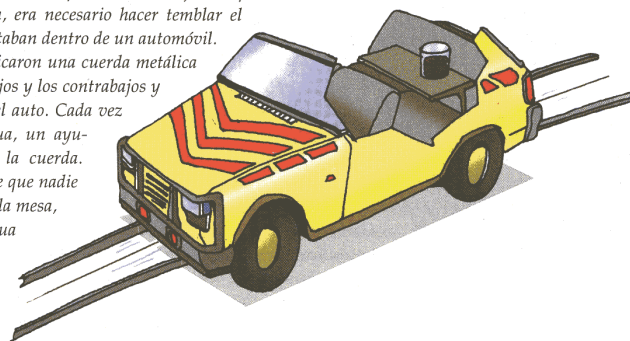


Fig. 8- Tomada de Doménech, G; Espinoza, C.; Frid D.; Huberman, N.; Umerez, N.; Casavola, H. *El Libro de la Naturaleza y la Tecnología 7*, Editorial Estrada, Buenos Aires, 1997, p. 76.

En ciertos libros se asigna a la descripción explicativa de la imagen un lugar muy importante, que se manifiesta tanto en las relaciones establecidas en el discurso verbal, como en la abundancia y extensión de los epígrafes de las figuras. De esta forma, a partir de la descripción se orienta la interpretación de la imagen y se facilita su lectura. Es posible encontrar niveles de detalle mas o menos profundos en la descripción de las figuras.

La inspección de la Fig. 8 muestra que, aunque el texto que la acompaña es extenso, sin embargo, la descripción del dibujo es poca (alusivo a un relato de la película Parque Jurásico) y en consecuencia, las relaciones entre texto y dibujo permanecen implícitas o se reducen a la contigüidad espacial. En este caso, el dibujo cumpliría una finalidad ornamental más que descriptiva, ilustrativa y facilitadora, que podría haberse logrado simplemente con algunas referencias a los elementos centrales (la cuerda metálica, el riel eléctrico, el vaso con agua, la indicación de que se trata de un dibujo en corte, etc.). Por otro lado, algunos libros sólo se limitan a “nombrar” y reiterar el contenido de las figuras nominalmente, respondiendo a la formalidad más que a la explicación.



Para amortiguar las oscilaciones de esta camioneta se utilizan los amortiguadores (cilindros amarillos) que absorben los choques.

Fig. 9- Tomada de Tipler, Paul A., Física Tercera Edición, Editorial Reverté, México, 1995, p. 398.

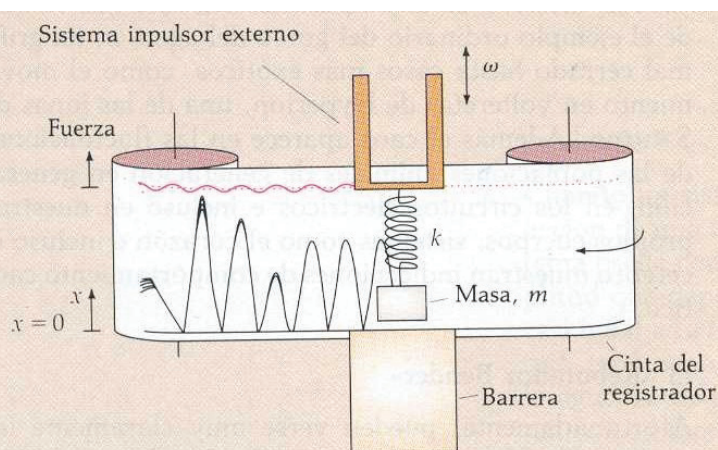


Figura 1 Oscilador armónico amortiguado y forzado, montado de forma que su movimiento se registra sobre una cinta de papel. Obsérvese que la masa no puede oscilar libremente, sino que se le obliga a rebotar elásticamente en una barrera constituida por una masa infinita. Las líneas dibujadas sobre la cinta se obtuvieron para $\omega=1$ rad/s.

Fig. 10- Tomada de Tipler, Paul A., Física Tercera Edición, Editorial Reverté, México, 1995, p. 398.

La Fig. 9 es una fotografía cuya descripción a primera vista, podría parecer innecesaria, sin embargo, el contenido del epígrafe dirige la atención del lector hacia el amortiguador del automóvil para indicar y explicar su

función. De mismo modo, la Fig. 10 explica con detalle el diagrama de un montaje experimental para producir oscilaciones caóticas, explicitando los aspectos que quiere resaltar (por ejemplo que la masa rebota contra el bloque). En todos los niveles educativos considerados encontramos libros abundantemente descriptivos, sin embargo, es mayor la proporción de textos dirigidos al Nivel Polimodal y al Nivel Universitario que los correspondientes al nivel EGB3.

V.2 Relación Interactiva

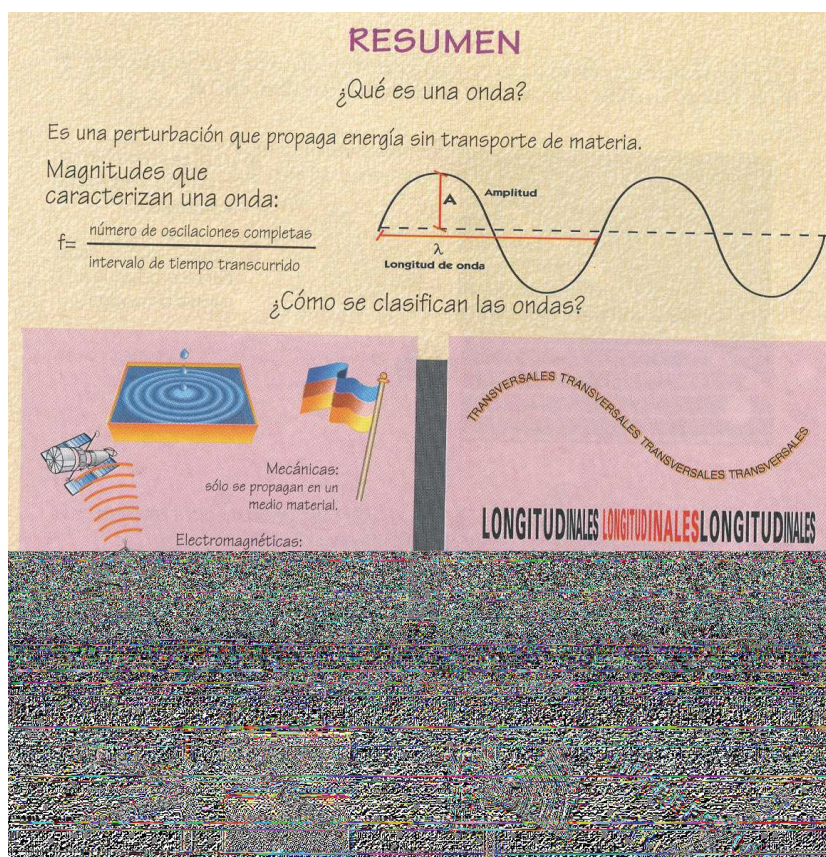


Fig. 11- Tomada de Reynoso, L., *Física*, Editorial Plus Ultra, Buenos Aires, 1998, p. 334.

Cuando la imagen externa se utiliza como fuente de información, a partir de la cual el conocimiento puede ser derivado, se busca que el lector relacione las imágenes y el texto, utilizando ambas representaciones para dar sentido y referencia al discurso, denominamos Interactiva a esta forma de presentación. En algunos textos, la interactividad se reduce a utilizar las imágenes para responder preguntas en ciertos momentos, por ejemplo en la introducción de un tema. Sólo en un libro del conjunto analizado, todo el tratamiento es interactivo, los capítulos comienzan, se desarrollan y finalizan,

con imágenes de síntesis y con preguntas referidas a ellas, se utilizan varios marcos representacionales explotando las relaciones entre ellos (La Fig. 11 se emplea como síntesis al final de un capítulo).

En la Fig. 11 la imagen se compone para presentar el contenido que se trata de sintetizar, mientras la interacción se expresa a partir de preguntas, aunque muy generales. La lectura de esta representación pictórica no es trivial, debido a que presenta transformación del conocimiento, su interpretación adecuada requiere un esfuerzo cognitivo adicional y un conjunto de conocimientos previos. En consecuencia, la presentación interactiva de imágenes tendría que acompañarse de actividades de discusión y negociación de significados, tanto por el contenido conceptual que se presenta, como por las características propias de la composición visual. Es decir, debe estar claro para el estudiante que la lectura de estas imágenes no es una tarea superficial, que se realiza con poco detenimiento, por el contrario, los alumnos tienen que explicitar los contenidos resumidos en la imagen y derivar información a partir de ella y hasta adoptar una actitud crítica respecto de los contenidos representados.

En síntesis, con relación a lo que hemos denominado Interactividad y contrariamente a lo que cabría esperar, los libros de texto que proponen el desarrollo de “Temas con Imágenes” no las plantean de modo interactivo, ya sea porque la imagen está sobredimensionada con relación al texto, como si fuera explicativa en sí misma, o porque el recurso visual se utiliza para motivar y decorar, con poca vinculación con el discurso verbal.

Las concepciones subyacentes al uso escasamente interactivo de la imagen, podrían separarse en al menos dos grupos de creencias, parcialmente vinculadas con la metáfora de la figura –esta metáfora concibe a las imágenes mentales como si fueran dibujos en la cabeza. Una de ellas, sostendría que las imágenes son explicativas en sí mismas, sobrevalorando su papel representacional. Así, el tratamiento dado a fotografías, dibujos y hasta gráficas no supone descripción, ni aclaración alguna porque las imágenes se considerarían evidentes y más sencillas que las palabras. Desde estas visiones “leer una imagen” sería como “copiarla” y posteriormente “guardarla” como una “figura en la cabeza”. La segunda concepción derivaría de la rigidez y especificidad de la imagen y de su insuficiencia para representar conocimiento, entonces toda imagen requiere ser explicada y descripta debido a su inevitable subordinación a la representación simbólica. En consecuencia las imágenes se usan como instrumento ilustrativo y necesariamente deben ser objeto de descripción.

Una postura que por ahora se insinúa en muy pocos libros, intenta una “interacción” entre las formas icónicas y simbólicas de representación, apartándose de las concepciones erróneas que se derivan de la metáfora de la figura. Es posible adoptar el uso de recursos visuales, teniendo en cuenta su

impacto cognitivo y la necesidad de “trabajar” las imágenes al igual que se hace con el discurso verbal. Además de describir y explicar las imágenes éstas podrían usarse para derivar conocimiento y explotar su carácter simbólico, a partir de esquemas y gráficos. Evaluar cuando es necesaria una imagen es parte del trabajo de elaboración sistemática de materiales de enseñanza. El uso indiscriminado de imágenes podría ser innecesario o peor aún, producir efectos contrarios a los buscados. Aún cuando se requiere profundizar la investigación educativa y cognitiva, parece aconsejable un uso más riguroso de la imagen, en el marco de la interacción discursiva (visual y verbal) entre el profesor y los estudiantes, como parte del proceso de negociación de significados.

V.3 Asociativo-litera

Algunos libros proponen una contigüidad espacial entre imágenes y texto como si buscaran producir una vinculación por asociación entre ambos, en estos casos hay muy pocas referencias a las imágenes dentro del texto y la descripción si existe, es nominal.

V.4 El estilo hipertextual

Hipertexto es un método para crear y acceder a texto no lineal, los textos en hipermedia contienen pequeños párrafos en los cuales las palabras esenciales o un grupo de palabras en un párrafo, se refieren a otros párrafos, a otras palabras o grupos de palabras en otros párrafos. El usuario, tiene la libertad de accionar el “link”o no. Después de un “clicking” sobre la palabra altamente luminosa, indicando una relación disponible al usuario, éste salta hacia allí e inmediatamente verá la explicación requerida. Los sistemas hipermedia varían en las particularidades para asistir a los usuarios en la navegación a través de grandes bases de datos hipermedia. Una posible solución para la complejidad que representa la navegación, es mostrar un mapa de las conexiones entre las palabras luminosas. Ellos proporcionan un panorama gráfico (overview) con nodos y ‘links’ mostrando los nodos ya visitados y mediante qué links podría regresar a puntos anteriores, y cómo distinguir conceptos que están relacionados mediante caminos cortos o largos.

La diferencia principal entre un hipertexto y un texto tradicional es la utilización de un acceso fácil (browser, mapas, menús, etc.) para ver el contenido. La facilidad de acceso determina cómo el lector interactúa con el texto. En el caso de hipertextos instruccionales, el diseño de la facilidad de acceso es especialmente crítico porque los lectores aprender según cómo se relaciona e integra información a partir de varios segmentos de texto. Así, los lectores necesitan desarrollar una representación compleja de alguno o todos

los contenidos del hipertexto. El diseño de la facilidad de acceso, puede en gran medida influir sobre la habilidad de los lectores para localizar y organizar la información requerida de una manera apropiada para su aprendizaje global.

Con relación a los libros que adoptan un estilo hipertexto, en nuestro análisis se encontraron libros que, sin el soporte informático, intentan privilegiar los vínculos (links) y las relaciones con otras secciones del propio texto. Estas secciones son fijas y se encuentran cada capítulo; a falta de señales luminosas o animadas, los vínculos posibles se reconocen a través de íconos. Tales íconos, se describen acabadamente en la presentación del libro, suministrando una compleja estructura adicional de relaciones. Algunas de estas secciones son: Ciencia y Tecnología, Temas con Imágenes, Infografías, Glosario de Términos, Actividades para Investigar, Taller de Ciencia y Tecnología, Ciencia y Sociedad, Biografías, Historia de la Ciencia, etc.

A diferencia de lo que ocurre con los hipertextos instruccionales, las relaciones no se dan entre conceptos o temas, sino entre totalidades aún mayores como Secciones. En consecuencia, no hay una estructura subyacente (o varias) claramente establecida de antemano, como en un hipertexto. Por el contrario, esta tarea queda a cargo del lector, usualmente, un joven estudiante accediendo a contenidos de suyo complejos. Los “libros hipertexto” se caracterizan por el uso intensivo de color, fotografías, esquemas y recursos visuales poco discriminados, poseen una elevada “densidad de imágenes”. En ninguno de los libros identificados en esta modalidad se encontró un “mapa de navegación”, ni para el alumno, ni para el docente. Estos textos suelen promocionarse como atractivos, innovadores, “motivadores” y “facilitadores” del aprendizaje. La mayor dificultad que enfrenta el alumno, es el exceso de información irrelevante lo cual complica el proceso comprensivo, que requiere construir un modelo de la situación a partir de un discurso local y globalmente coherente.

VI. Reflexiones finales

La manera en que los textos de Física analizados utilizan las imágenes, parece ignorar las dificultades de la representación interna del conocimiento, es decir, que los libros proceden como si existiera una relación directa y lineal entre las representaciones externas y las internas. Desde una concepción de sencillez, transparencia y auto-evidencia de las imágenes, se derivarían usos pedagógicos de la representación visual que no propician su discusión, cuestionamiento e interpretación. La cuestión de ¿cómo usan los profesores de Física la representación imagística en sus clases y qué beneficios cognitivos para el estudiante pueden esperarse de tales usos? se agrega a las ya

problemáticas consecuencias que devienen de la forma de utilizar las imágenes externas en los libros de texto.

El Nivel Educativo al que se dirigen los textos de Física analizados, parece orientar la utilización de recursos visuales y la selección de representaciones imagísticas: desde las marcadamente icónicas como dibujos e ilustraciones –ingenuamente concebidas como más sencillas– hasta las más abstractas como esquemas y gráficas. Esta orientación es coherente con la idea de que la representación visual es más adecuada para los niveles iniciales del desarrollo cognitivo. El análisis realizado muestra que son los textos dirigidos a los niveles elementales de la educación media, los que realizan un uso más intensivo y a la vez menos cuidadoso de las imágenes. Esta característica se detecta tanto en el plano epistemológico como cognitivo. Con relación al primero, las imágenes se utilizan como si fueran portadoras de “verdad” lo cual las vuelve incuestionables, con relación a los aspectos cognitivos, la forma de presentar las imágenes no jerarquiza la información, ni distingue lo relevante de lo irrelevante, razón por la cual se ofrece una complejidad visual y estimular que podría complicar la representación interna, en lugar de auxiliarla. En síntesis, se detecta la ausencia de un uso de las imágenes externas que se corresponda con los resultados más recientes de las investigaciones cognitivas, y también con posturas que señalan la relevancia de la comunicación visual en las prácticas discursivas dirigidas a la comunicación y a la generación del conocimiento científico.

Uno de los aspectos que mejor expresa la poca importancia asignada a las complejidades cognitivas de la imagen –interna y externa– es la atribución de sencillez, de la que se deriva el hecho de considerar a la imagen pertinente para los niveles iniciales de la escolaridad. Contrariamente a esta creencia del sentido común pedagógico y de la psicología popular, las investigaciones cognitivas (KOSSLYN, 1986, 1996; SCHWARTZ, 1999) señalan que el formato imagístico puede ser poco económico para el sistema cognitivo, en términos de procesamiento y de memoria, y posiblemente “menos sencillo” que el formato verbal. En consecuencia, es más una cuestión de disponibilidad de representaciones, cuál de los formatos se usa y no de simplicidad, ni de edad.

Es posible que la elevada cantidad de imágenes por página que se encuentra en los textos para la enseñanza media elemental, no colabore en la construcción de modelos mentales -las imágenes generan una gran demanda a la memoria de trabajo y pueden incrementar la ambigüedad-. Las investigaciones (KOSSLYN, 1986, 1996; JOHNSON-LAIRD, 1983, 1996) muestran que el sistema cognitivo desarrolla un proceso interpretativo de las imágenes externas, que comienza con la percepción, pero “mirar” una imagen, no implica que será “almacenada” directamente por nuestra mente. Para interpretar y entender el discurso visual y verbal (imágenes y palabras) se construye una representación

mental en la memoria de trabajo, a partir de la interacción entre representaciones internas y externas se desarrolla un proceso interpretativo de naturaleza estratégica. Desde el punto de vista cognitivo, los procesos estratégicos difieren de aquellos basados en reglas y algoritmos (VAN DIJK, 1992; NORMAN; RUMELHART, 1975) en que estos últimos garantizan el éxito, en la medida en que las reglas que se van a usar sean correctas y se apliquen de manera adecuada. Un proceso estratégico -como leer un libro de texto- no tiene esa garantía de éxito, ni proporciona una representación única del discurso (VAN DIJK, 1992). Por lo tanto, el estudiante “precisa ayuda” cuando lee las imágenes de un libro para aprender Física. Habría que realizar investigaciones que consideren en qué medida los textos con elevada carga visual -aun cuando sean muy bellos- favorecen la comprensión en Física.

Basándonos en el análisis de los libros de texto, inferimos un pequeño conjunto de concepciones de “psicología popular” acerca de la imagen, parcialmente fundamentadas en la “metáfora de la figura en la cabeza”. Tales concepciones parecen subyacer al uso pedagógico de la imagen en los libros de texto y quizás también en el trabajo del aula. Las concepciones serían las siguientes:

1. Habría una relación directa entre imágenes externas e internas.
2. Las imágenes serían más “sencillas” que las palabras y se recordarían y comprenderían más fácilmente.
3. Las imágenes son transparentes, “auto- evidentes”, entonces no necesitan explicación ni decodificación.
4. Las imágenes representan conocimiento “verdadero”.
5. Las imágenes externas son más adecuadas para los niveles iniciales de la escolaridad (aún en la escuela media) porque se comprenden mejor que las palabras.
6. Las imágenes internas serían como “fotos en la cabeza” y se “guardan como tales”.

De los supuestos anteriores se derivarían usos de la imagen que denominamos tradicionales, apoyados en la idea de que emplear imágenes -mostrarlas- mejora la comprensión y el rendimiento de los alumnos, tal como surge del análisis de los textos escolares (OTERO; MOREIRA; GRECA, 2002).

Sin embargo, en un trabajo realizado para contrastar dichos usos, no obtuvimos diferencias estadísticamente significativas al comparar el rendimiento escolar en Física de dos grupos de alumnos, cuando en uno el profesor utilizaba muchas imágenes externas de manera tradicional, y en el otro, muy pocas (OTERO; GRECA; SILVEIRA, 2003).

La lista de concepciones que hemos propuesto, está orientando en la actualidad una investigación sobre las ideas de los profesores acerca del uso de las imágenes en la enseñanza (FANARO; OTERO, 2003). Las dificultades, beneficios y las particulares formas que debería adoptar el discurso visual cuando se trata de enseñar ciencias, tendrían que ser incorporadas en la formación de los nuevos profesores y en la capacitación de aquellos que se encuentran en servicio. Por otra parte, la incorporación de las tecnologías y formas discursivas específicas que instala la Sociedad de la Información, requieren de los estudiantes competencias y habilidades para decodificar e interpretar el discurso visual de una manera crítica, y sobre este aspecto también es necesario provocar la reflexión de los profesores de ciencias. Son los profesores de ciencias quienes deciden qué libros, qué software, qué hipertextos utilizarán los estudiantes. Si ellos reconocen el problema, sus requerimientos y exigencias podrían tener impacto en la industria editorial y en los diseñadores de imágenes, a los efectos de conseguir que el discurso visual esté al servicio del aprendizaje de nuestros estudiantes y les allane el acceso al conocimiento científico.

Bibliografía

ANIJAR, K. **Teaching toward the 24 Th century: Star Trek as social curriculum.** New York: Falmer Press, 2000.

BACHELARD, G. **La formación de l'sprit scientifique.** Paris: Vrin, 1969.

BARLOW, H. **Images and Understanding.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

BERTIN, J. **Sémiologie graphique. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.** Paris, 1967.

DA SILVA CARNEIRO, M. H. As Imagens no livro Didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIENCIAS, I, 1997. **Atas...** p. 366-373.

DE GUZMÁN M. **El Rincón de la Pizarra** - Ensayos de Visualización en Análisis Matemático Elementos Básicos del Análisis. España: Editorial Pirámide, 1996.

DENIS, M. Imagery and the description of spatial configurations. p. 128-197. En de VEGA, M.; INTONS PETERSON, M. J; JOHNSON-LAIRD, P.; DENIS, M.; MARSCHARK, M. **Models of Visuospatial Cognition.** Oxford: Oxford University Press, 1996.

DUCHASTEL, P. C. Roles cognitifs de l' image dans l'apprentissage scolaire. **Bulletin de Psychologie**, v. XLI, n. 386, p. 668-671, 1988.

DUCHASTEL, P. C. Illustrations in text: a retentional role. **Programmed Learning and Educational Technology**, v. 18, n. 1, p. 11-15, 1981.

ELLSWORTH, E. **Teaching positions: Difference, pedagogy, and the power of address**. New York: Teachers College Press. Stanford University Press, 1997.

FANARO, M.; OTERO, M. R. Las concepciones de los profesores acerca de las imágenes externas y su uso en la enseñanza de las ciencias. Investigación en desarrollo, Giec, Facultad de Ciencias Exactas, UNICEN, 2003.

FISCHAM, G. Reflections about images, visual culture, and educational research. **Educational Researcher**, p. 28-33, 2001.

GIORDAN, A. Les enzymes de l'estomac concassent, pétrissent, malaxent la nourriture ou Préalables pour une didactique de l'image. **Bulletin de Psychologie**, v. XLI, n. 386, p. 672-686, 1988.

JOHNSON-LAIRD, P. **El ordenador y la mente**. Barcelona : Paidós, 1990.

JOHNSON-LAIRD, P. Images, Models, and Propositional Representations. In: VEGA, M.; PETERSON, M. J. I.; JOHNSON-LAIRD, P.; DENIS, M.; MARSCHARK, M. **Models of visuospatial cognition**. Oxford: Oxford University Press, 1996. Cap 3, p. 90-126.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading Images: The Grammar of Visual Design**. London: Routledge and Kegan Paul, 1996.

KOSSLYN, S. **Image and mind**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1986.

KOSSLYN, S. **Image and brain**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1996.

MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: Encontro Internacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, I, 1997, São Paulo. **Atas...**

NOVOA, A. Ways of saying, ways of seeing: Public images of teachers (19-20th centuries). **Paedagogica Historica**, v. 36, n. 1, p. 21-52, 2000.

NORMAN, D. A.; RUMELHART, D. **Explorations in cognition**. San Francisco: Freeman, 1975.

OTERO, M. R. **Imágenes y Enseñanza de la Física: Una visión cognitiva.** 2002. Tesis (Doctoral) - Universidad de Burgos, Burgos, España.

OTERO, M. R.; GRECA, I.; SILVEIRA, F. L. El uso de imágenes visuales en el aula y el rendimiento escolar en Física: Un estudio comparativo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, 2003. Disponible em:

<http://www.reec.uvigo.es/v2.n2.a1.htm>

OTERO, M. R.; MOREIRA, M. A.; GRECA, I. El uso de imágenes en textos de Física. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, 2002. Disponible em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/v7_n2_a2.htm.

PINTO, R. Introduction to the Science Teacher Training in an Information Society (STTIS) Project **International Journal of Science Education Special Issue**, v. 24, n. 3, p. 227-234, 2002.

ROGOFF, I. Studying visual culture. In: MIRZOEFF, N. (Ed.) **The visual culture reader.** New York: Routledge, 1998. p. 24-26.

SCHWARTZ, D. Physical imagery: Kinematics versus Dynamics Models. **Cognitive Psychology**, v. 38, p. 433- 464, 1999.

STYLIANIDOU, F.; OGBORN, J. Analysis of Science textbook pictures about energy and pupil's readings of them. **International Journal of Science Education Special Issue**, v. 24, n. 3, p. 257-285, 2002.

TESTA, I.; MONROY, G.; SASSI, E. Students' reading images in Kinematics: the case of real time-graphs. **International Journal of Science Education Special Issue**, v. 24, n. 3, p. 235-256, 2002.

VAN DIJK, T. A. **Cognição, discurso e interação.** São Paulo: Editora Contexto, 1992.

VEZIN, J.-F, VEZIN, L. Illustration, schématisation et activité interprétative in **Bulletin de Psychologie**, v. XLI, n. 386, p. 655-666, 1988.

Anexo I

Lista de textos Empleados en el Análisis

NOMBRE	AUTOR	EDITORIAL	AÑO	NIVEL
FÍSICA	REYNOSO, L.	PLUS ULTRA	1998	T1-EGB3
CS. NAT. Y TEC.	CERDEIRA, S. ET. AL	AIQUE	2001	T2-EGB3
CIENCIAS NAT.	CARRERAS, N. ET. AL	PTO. DE PALOS	2001	T3-EGB3
CIENCIAS NAT.	BOUDEMONTTE ET. AL	KAPELUZ	2001	T4-EGB3
CIENCIAS NAT.	ARISTEGUI, R.	SANTILLANA	2001	T5-EGB3
CIENCIAS NAT. Y	PERLMUTER, S.	AIQUE	1998	T6-EGB3

TEC.				
CIENCIAS NAT.	RUBINSTEIN, J.	A-Z	1997	T7-EGB3
EL LIBRO DE LA NATURALEZA 7	DOMENECH, G. ET. AL	ESTRADA	1997	T8-EGB3
EL LIBRO DE LA NATURALEZA Y LA TECNOLOGIA 8	COSTAGUTA, ET. AL	ESTRADA	1999	T9-EGB3
CS. NAT. Y TEC.	ABRIL, J. L.	SANTILLANA	1997	T10-EGB3
CS. NATURALES	BACHRACH, E.	SANTILLANA	1997	T11-EGB3
CS. NATURALES	ARISTEGUI, R.	SANTILLANA	1997	T12-EGB3
FISICA	TIPLER	REVERTE	1999	T13-POLI
FISICA-QUIMICA	CODNER, G.	A-Z	2000	T14-POLI
FISICA I	RUBINSTEIN, J.	ESTRADA	2000	T15-POLI
FISICA I	ARISTEGUI, R.	SANTILLANA	1999	T16-POLI
FISICA CONCEPTUAL	HEWIT	ADISSON-WESLEY	1999	T17-POLI
FISICA I	RELA, A.	AIQUE	1998	T18-POLI
FISICOQUIMICA	ARISTEGUI, R.	SANTILLANA	2001	T19-POLI
NOC. DE FISICA Y QUIM.	MAIZTEGUI, A.; BOIDO, G.	KAPELUZ	2001	T20-POLI
FISICA Y QUIMICA	FERNANDEZ CRUZ,	VICENS VIVES	1999	T21-POLI
FISICOQUIMICA	ESCUDERO, P.	SANTILLANA	1992	T22-POLI
FISICA CON APLICACIONES	WILSON, J. D.	INTERAMERICANA	1983	T23-POLI
FISICA ELEMENTAL	MAIZTEGUI, A.; BOIDO, G.	KAPELUZ	1980	T24-POLI
FISICA	GRAF	EDUSP	1998	T25-POLI
FISICA Y QUIMICA 4	POZAS, A. ET. AL	MC, GRAW GILL	1997	T26-POLI
FISICA 2	PEÑA, A.; GARCIA J	MC, GRAW GILL	1996	T27-POLI
EL UNIVERSO DE LA FISICA	MIGUEL, HERNAN	EL ATENEO	1997	T28-POLI
FISICA	HEINEMANN, ALBERTO	ESTRADA	1995	T29-POLI
FISICA 4	TRICARICO, H Y BAZO, R.	A-Z	1995	T30-POLI
FÍSICA 11	VALADARES ET. AL	DIDÁCTICA EDITORA	1998	T31-POLI
FISICA (TERC. EDICION)	TIPLER, PAUL A.	REVERTE	1995	T32-UNIV
FISICA TOMO I	SERWAY	MC, GRAW GILL	1999	T33-UNIV
FISICA	SEARS-ZEMANSKY	ADISSON-WESLEY	1998	T34-UNIV
FISICA	ALONSO, M.	ADISSON-WESLEY	1995	T35-UNIV
FISICA	TIPLER, PAUL A.	REVERTE	1976	T36-UNIV
FISICA	HALIDAY-RESNICK	CECSA	1986	T37-UNIV
UNIVERSE	KAUFMANN-FREEDMAN	WH FEEDMAN AND C	1998	T38-UNIV
FISICA GRAL Y EXP.	GOLDEMBERG	INTERAMERICANA	1972	T39-UNIV
FISICA I	FEYNMANN	FONDO EDUCATIVO	1971	T40-UNIV
FUNDAMENTOS DE FISICA	SEARS-ZEMANSKY	AGUILAR	1960	T41-UNIV