

Investigações em Ensino de Ciências – V7(2), pp. 127-154, 2002

EL USO DE IMÁGENES EN TEXTOS DE FÍSICA PARA LA ENSEÑANZA SECUNDARIA Y UNIVERSITARIA^{1,2}

(The use of images in physics textbooks for high school and college education)

Maria Rita Otero [rotero@exa.unicen.edu.ar]

Departamento de Formación Docente

Facultad de Ciencias Exactas. UNICEN. Argentina

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física. UFRGS. Brasil

Ileana Maria Greca [ilegreca@hotmail.com]

PPGCIEN- ULBRA. Brasil

Resumen

Este trabajo analiza cómo se usan las imágenes en (N = 41) libros de texto de Física de tres niveles educativos diferentes. Primeramente, se discute en qué medida el uso de las imágenes externas podría contribuir con la comprensión de los fenómenos físicos y con la construcción de representaciones mentales adecuadas. Se considera también cómo ciertas concepciones acerca de las relaciones entre las imágenes internas y externas, parecerían influir en la forma en que las imágenes externas son utilizadas. Con base en estas consideraciones, se realiza una clasificación para obtener una tipología, empleando técnicas de análisis multivariadas. Los resultados indican que el nivel decide el uso de la imagen, siendo escasa la interacción con el texto. En especial en los textos para EGB 3 se identifica un uso muy vinculado a las ideas que se derivan de la "metáfora de la figura" mientras no se identifica un uso de imágenes que atienda su ulterior representación interna. Estos resultados permiten formular algunas cuestiones de interés para la Enseñanza y la Investigación en Enseñanza de las Ciencias.

Palabras-clave: imágenes; textos de Física; enseñanza de Física.

Abstract

This paper analyzes how images are used in (N=41) Physics textbooks of three different educational levels. It is discussed to what extent the use of external images could contribute to the comprehension of the physical phenomena and the building of proper mental representations. It is considered how certain conceptions on the internal images would seem to influence on the way the external images are used. A classification is carried out to get a typology, using multivariate analysis techniques. The results indicate that the level decides the image use, being scarce the interaction with the text. In textbooks for EGB 3 in particular, it is identified a use very linked to the ideas derived from the "picture metaphor". An image use that considers its further internal representation is not identified. These results allow to establish some interesting questions for Teaching and Research in Science Teaching.

Key-words: images; physics textbooks; physics education.

I - Introducción

Para aprender significativamente los conceptos científicos y comprender el mundo físico, los estudiantes necesitan construir representaciones mentales adecuadas. Tal como señalan los resultados de investigaciones provenientes del campo de la Enseñanza de la Física, que incorporan

¹ Este trabajo ha sido realizado con subsidio de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Unicen.

² Trabajo realizado en el marco del Programa Internacional del Doctorado en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad de Burgos, España y de la UFRGS, Brasil.

el enfoque cognitivo, la construcción de tales representaciones está lejos de ser una tarea trivial (Greca y Moreira, 1997, 1998, 2000; Lagreca y Moreira, 1999; Moreira y Lagreca, 1998). Las características de las representaciones externas, específicamente de las imágenes, que se emplean para favorecer el proceso de comprensión y su influencia en la construcción de representaciones mentales apropiadas, se han venido investigando desde distintas perspectivas cognitivas y en diversos campos del saber (Barlow, 1990; Duchastel, 1981, 1988; Johnson-Laird, 1983, 1990, 1996; Vezin J. F y Vezin L., 1988; Zimmermann et. Al, 1991; Denis, 1989, 1996; Denis y de Vega, 1990; Davis, 1993; Dreyfus, 1992; Shin, 1994; Bosch i Casabó, 1994; Schwartz, 1999; Schwartz & Moore, 1998; Shwartz & Black, 1996).

Aprender Física requiere construir las representaciones mentales adecuadas para comprender un sistema físico, predecir su evolución y explicar correctamente su funcionamiento, con relación a una teoría física. Esta estructura representacional sería adquirida fundamentalmente a partir de la instrucción, mientras que una parte considerable del proceso instruccional y del proceso de transposición (Chevallard, 1999) inherente a él, se realiza a través de los textos escolares. Este trabajo forma parte de un proyecto (Otero, 1999 a) que se propone investigar la influencia que determinadas representaciones externas proporcionadas al sujeto, podrían tener en las representaciones mentales que construye para comprender un fenómeno físico, adoptando una perspectiva cognitiva sustentada en la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (1983, 1990, 1996) y la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel D., Novak J., Hanesian H, 1983; Moreira, 2000).

La idea de modelo mental formulada originalmente en la Teoría de los Modelos Mentales para el razonamiento de Johnson-Laird (1983, 1990, 1996), se ha extendido a campos como el lenguaje, la comprensión, la cognición visio-espacial y la resolución de problemas, resultando de un enorme potencial explicativo en una amplia variedad de tareas cognitivas. La pertinencia y potencialidad de este referencial teórico para la investigación en enseñanza de las ciencias ha sido establecida por trabajos pioneros en este campo (Moreira 1996, Greca, 1995, Greca y Moreira, 1997) y por otros que les sucedieron adoptando el mismo referencial (Rodríguez Palmero, 2000, Otero, 1998; Otero y Banks Leite, 1998; Otero, 1999 b).

El problema de la naturaleza de las representaciones mentales que usamos para razonar y comprender el mundo que nos rodea, ha estado presente desde siempre en Psicología Cognitiva. No ajenos a cierta influencia racionalista, los psicólogos cognitivos han debatido acerca de la existencia de dos clases de representaciones: proposicionales y analógicas. Algunos teóricos proposicionalistas adhieren a las denominadas Teorías de Reglas de Inferencia para explicar el razonamiento, como ellas basan su explicación en las reglas de la Lógica, también son llamadas **racionalistas** (de Vega, 1984), pero resultan limitadas para explicar los errores cometidos al razonar. Oponiéndose a tales teorías y estableciendo la insuficiencia de la lógica formal para dar cuenta del razonamiento, Johnson-Laird (1983,1990,1996) propone que nuestro modo de hacer inferencias es analógico, es decir basado en representaciones de carácter analógico. La clave del razonamiento es la construcción de un modelo de trabajo en la mente de quien aprende, denominado Modelo Mental. Se trata de "*una representación interna de un estado de cosas del mundo externo*" (Johnson-Laird, 1993).

Según Johnson-Laird (1996) las proposiciones, imágenes mentales y los modelos mentales son representaciones internas con funciones y estructuras diferentes. Su teoría recupera los aspectos analógicos del pensamiento, que parecerían tener un peso muy grande en nuestro modo de hacer inferencias, permite dar cuenta de los errores en el razonamiento y también del pensamiento racional. Todo nuestro conocimiento y comprensión del mundo dependerá de nuestra capacidad de construir modelos mentales. Comprender implica elaborar un modelo mental y razonar, es manipular nuestros modelos para extraer una conclusión. "*el razonamiento humano depende de*

modelos mentales que se construyen a partir de estas representaciones proposicionales"(Johnson-Laird, 1996: 123).

Si bien los modelos mentales se construyen por la vía del discurso y de la percepción, la estructura del modelo no es determinada por la estructura lingüística del discurso, sino por la estructura de la situación que este representa. Los modelos mentales son análogos estructurales de aquello que representan y mantienen una relación por lo menos homomórfica con el objeto representado. Esta es una diferencia fundamental con las representaciones proposicionales, los modelos mentales son específicos, provisionales, inestables, indeterminados, no se elaboran de una sola vez y están sometidos a cambios permanentes. Los sujetos, comienzan formando un modelo provisorio de la situación que integra los elementos considerados relevantes, luego pueden introducir modificaciones incorporando nuevas informaciones, o manipulando los aspectos espaciales o físicos de una situación.

Los modelos mentales son diferentes de las imágenes mentales. Los modelos no son un conjunto de imágenes, ni tampoco serían "imágenes mentales complejas". Pero entonces ¿Qué son las imágenes mentales? ¿Cómo se distinguen de los modelos mentales? ¿Cuál es su relevancia y función en la cognición?, ¿Porqué se les concede tanta importancia?, ¿Por qué quienes elaboran textos y materiales instruccionales parecen relacionar las imágenes externas con las imágenes internas, de un modo "directo"?

Según Johnson-Laird, las imágenes mentales comparten casi todos los atributos de los modelos, pero a diferencia de ellos, son apenas una visual y no poseen capacidades explicativas. Son producto de la percepción o de la imaginación y representan aspectos perceptibles de los objetos del mundo real. Pero existen infinidad de relaciones no visualizables, que no pueden ser capturadas por una imagen mental y que pueden representarse en un modelo mental (cuantificadores, causalidad, negación). Experimentos sobre el razonamiento silogístico con premisas disyuntivas y la negación (Johnson-Laird, 1996) mostraron que los modelos podían representar las relaciones abstractas y no visualizables, diferenciándolos de las imágenes mentales a partir de este atributo.

Las imágenes mentales no poseen un valor de verdad. Es decir, no se puede afirmar que una imagen es verdadera o falsa, atributo que sí tienen los otros dos tipos de representación. Imágenes y modelos mentales son específicos, pero mientras las imágenes se corresponden con una única situación, los modelos pueden representar una clase de situaciones (por ejemplo, se puede tener un modelo mental de resorte, en donde el color, el material, el grosor, etc, son variables en principio no determinadas, mientras que la imagen de un resorte en particular, especifica los valores de esas variables).

Las imágenes mentales visuales, representan cómo algunas cosas se ven desde el punto de vista de un observador particular. Johnson-Laird (1996) realizó un experimento para mostrar que ciertos diagramas pueden mejorar el razonamiento. Los diagramas presentaban un problema de doble disyunción, acerca de personas que se hallaban en ciertas localidades. Según su interpretación, los sujetos formaron imágenes mentales a partir de los diagramas y operaron con ellas para formular sus conclusiones. Así, las imágenes mentales pueden tener una función simbólica, las operaciones realizadas sobre ellas permiten derivar información y construir nuevas posibilidades, mejorando la comprensión, la eficiencia y la velocidad en el razonamiento (Johnson-Laird, 1996). Si bien las imágenes mentales pueden intervenir en el razonamiento, es perfectamente posible que una persona razone en alguna circunstancia sin emplear imágenes, mientras no es posible razonar y extraer conclusiones sin construir modelos mentales.

El desarrollo de los estudios de cognición visuo-espacial (de Vega M., Intons - Peterson M., Johnson-Laird P., Denis, Marscharck, 1996) y del imaginamiento (Kosslyn, 1986, 1996) que incluyen la discusión del sustrato analógico de la representación visio - espacial, sugieren que las imágenes externas podrían mejorar la comprensión y el desempeño, en un variado espectro de tareas cognitivas. Johnson-Laird (1996) presenta estudios que sugieren que las imágenes pueden aventajar a las proposiciones y hacer el razonamiento más eficiente (Bauer & Johnson-Laird, 1993; Larkin & Simon, 1987; Barwise & Etchemendy, 1992).

"Manipulando una imagen visual quienes razonan pueden construir las posibles alternativas de manera más efectiva que cuando lo hacen a partir de premisas verbales. De esto se sigue que los diagramas no se codifican sólo en representaciones proposicionales equivalentes a las construidas desde premisas verbales" (Johnson-Laird, 1996:124).

Nuestro trabajo supone que además del razonamiento, también el proceso comprensivo basado en la construcción de modelos mentales a partir del discurso, puede ser influenciado por la contribución de otras representaciones externas como las que emplean los libros de texto, que son muy utilizados en la enseñanza de la Física. En esta instancia, presentamos un análisis de las características particulares de las imágenes externas, que proponen estos libros. Para interpretar la categorización que ellos originen, vamos a discutir algunas formas de concebir las relaciones entre las imágenes externas y la comunicación del conocimiento y entre las imágenes externas y las representaciones internas o mentales. Estas relaciones nos permitirán describir y comprender los rasgos que emergen del conjunto de textos a ser considerado y las posibles concepciones subyacentes a la utilización de imágenes externas con fines instruccionales.

II- Las imágenes externas y la comunicación de conocimiento en contextos educativos

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. En el ámbito de la Matemática, el modelo formalista imperó sobre todo a fines del siglo XIX y comienzos del XX. Las geometrías no euclidianas originaron una gran desconfianza en la intuición, y las polémicas en torno a la Teoría de Conjuntos de Cantor, condujeron a los matemáticos a poner énfasis en los aspectos formales que les proporcionaban seguridad (de Guzmán, 1996).

"La influencia del formalismo en la presentación de los resultados de la investigación se hizo la norma ineludible. La estructura de los libros de texto tendía a conformarse con los imperativos de la misma corriente, no solo al nivel de la Enseñanza Superior, sino lo que es peor, en muchos países también a nivel secundario, e incluso primario"(de Guzmán, 1996:31)

También en algunos textos de Física que se analizan en este trabajo, se reconoce cierta "desconfianza" en el uso de imágenes externas para representar conocimiento (Bachelard, 1969; Jacobi, 1988). Por otra parte, los medios tecnológicos a disposición de la industria editorial, tampoco facilitaban la inclusión de representaciones externas visuales. Durante la segunda mitad del siglo XX, se masificaron los soportes tecnológicos y los dispositivos que colaboraron con el auge de la denominada "cultura de la imagen". En la última década, esta ha sido subsumida por la omnipresencia de la "sociedad de la información", materializada por medio de las NTIC (nuevas tecnologías de la comunicación y de la información) como "Internet". Tanto una como otra,

revitalizarían la utilización de imágenes externas. *"Los dispositivos CMC (Computer Mediated Communication) ponen en contacto a los interlocutores distantes según modalidades sincrónicas o asincrónicas que autorizan la transmisión de textos, mensajes orales e imágenes"* (TECFA report NTIC, citado por Rickenmann, 2001).

Como emerge de la categorización que presentamos en este trabajo de los textos analizados, la utilización de recursos propios de herramientas multimedia, donde las imágenes y animaciones externas adquieren una importancia fundamental, también parecería haber impactado en el estilo que siguen los libros de texto educativos. *"Un ejemplo sintomático de la mutua influencia es la modificación espectacular de la tabla de contenidos de las publicaciones impresas tanto a nivel del formato de presentación (abundancia de iconos e imágenes) como de las funcionalidades (puesta en evidencia en las lógicas hipertextuales)"* (Rickenmann, 2001).

Tradicionalmente, en los textos 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. Más recientemente y de manera progresiva los libros han adoptado una presentación fuertemente basada en recursos visuales analógicos. Además de razones de marketing y adaptación a los tiempos de la industria editorial, cierta "creencia" en las ventajas del uso de recursos visuales integraría el "imaginario pedagógico". Los profesores suelen seleccionar los libros que emplean en sus clases (en general eligen sólo uno), tomando en cuenta la cantidad y calidad visual de las imágenes, por ejemplo en la escolaridad básica (da Silva Carneiro, 1997). Sin embargo, no es posible afirmar que la sobreabundancia de imágenes externas, mejore de suyo, el desempeño de los estudiantes de Física, mas bien interesa estudiar cómo a partir de un trabajo apropiado con las representaciones imagísticas externas se podría favorecer la comprensión en Física, entendida como la construcción de representaciones mentales adecuadas. Parecería que la manera en que se conciben las relaciones entre representaciones imagísticas externas y la representación interna, podría ayudarnos a interpretar el uso de la imagen que se manifiesta en los libros de texto que serán analizados. En la sección siguiente, como sustrato teórico del presente trabajo, discutimos desde un punto de vista psicológico las relaciones entre imágenes mentales e imágenes externas y el papel que se les ha asignado en el desarrollo cognitivo.

III - Imágenes mentales, desarrollo cognitivo y la metáfora de la figura

Algunos psicólogos cuyas teorías han tenido importante influencia educativa (Bruner, Olver y Greenfield, 1966; Piaget e Inhelder, 1971 a, 1971 b), sostuvieron que las imágenes mentales y el pensamiento figurativo en general son propios de la infancia. La idea de un gradiente representacional: desde lo figurativo hasta lo abstracto, desde lo icónico hasta lo simbólico, desde lo imagístico hasta lo proposicional, se encuentra en las discusiones y formulaciones de los psicólogos cognitivos, remontándose a los orígenes mismos de la Psicología.

Desde de la Psicología Cognitiva y mas recientemente desde la Neurociencia Cognitiva, Kosslyn (1986, 1996) analizó detalladamente si el pensamiento de los niños pequeños se basaría casi exclusivamente en imágenes mentales, sobre todo en las etapas tempranas del desarrollo. Se preguntó si ¿existe una transición desde un modo representacional basado predominantemente en imágenes, hasta un uso creciente de representaciones proposicionales / verbales?. Según Kosslyn (1986:407) una formulación adecuada de esta idea sería: *"Los niños pequeños dependen predominantemente de imágenes para acceder a la información almacenada en la memoria, mientras que la gente mayor tiende a utilizar más proposiciones abstractas o representaciones verbales"*.

Otros psicólogos cognitivos como Bruner, Olver y Greenfield (1966) afirman que los niños comienzan con representaciones en acto, que se emplean para representar acciones o un objeto. Esta

representación llamada "enactiva" sería para ellos, el único formato hasta el fin del primer año de vida. El paso siguiente en el desarrollo representacional, consistiría en el acceso a las imágenes mentales, y surgiría cuando el niño comienza a ser capaz de representar el mundo por la vía imaginaria, concebida como relativamente independiente de la acción. Las imágenes mentales no incluirían todos los detalles de lo que sucede, sino que representarían sólo las características importantes. Esta representación "icónica" se parecería a "un dibujo en la cabeza" y según Bruner, dominaría el pensamiento del niño hasta los siete años de edad o más. Recién cuando se adquiere la competencia lingüística que se usaría en el razonamiento abstracto, se alcanzaría el estadio de representación "simbólica".

Según Bruner (1966) los modos de representación enactiva, icónica y simbólica se relacionan entre sí evolutivamente, cada uno requiere del anterior y exige mucha práctica, antes de que se lleve a cabo la representación siguiente, concebida como más evolucionada y abstracta. Así, la representación icónica se consideraría como el origen de la inflexibilidad del pensamiento del niño y las imágenes mentales se concebirían como estáticas y relativamente integrales. A causa de estas propiedades, el niño no podría relacionar independientemente las partes con el todo y más aún, el pensamiento abstracto tendría lugar, sólo si estas clases de representaciones están disponibles. Como para Bruner el intelecto se desarrolla en los modos: enactivo -icónico-simbólico, propone enseñar los conceptos en ese orden.

"La distinción entre [representación enactiva, icónica y simbólica] se puede concretar en forma muy conveniente en términos de una balanza(...) Un niño muy pequeño puede actuar claramente sobre la base de los principios de la balanza, y lo demuestra por el hecho de que sabe jugar con un 'sube y baja'. Sabe que para que su lado baje más se tiene que alejar del centro. Un niño algo mayor, puede representar la balanza, ya por medio de un modelo en el que se pueden colgar anillas y equilibrar el aparato o por medio de un dibujo. La imagen de la balanza se puede ir refinando de forma muy variada, presentando cada vez menos detalles irrelevantes, como en los típicos diagramas de los libros de texto de física elemental. Por último se puede describir la balanza en lenguaje puro y simple, sin ayuda de un diagrama, por medio de una referencia a los momentos de las fuerzas..." (Bruner, 1966:45).

En la propuesta de enseñar los conceptos empleando representaciones externas que acompañen el desarrollo mental, el uso de dibujos e imágenes externas en general, aparece preponderantemente vinculado al pensamiento infantil. También desde la psicología popular, se considera a las imágenes más sencillas que las palabras, y más adecuadas para comunicar conocimiento. En correspondencia con esta idea, nuestro análisis detecta que en los textos de Física dirigidos a los estudiantes del Tercer Ciclo de la Educación General Básica, predominan las fotografías, dibujos y representaciones icónicas, quizás, porque se atribuiría a los estudiantes un pensamiento que aún conserva rasgos infantiles, cuya "rigidez" requiere de representaciones externas "mas sencillas" como se suele considerar a las imágenes. Sin embargo, esta "restricción" de las imágenes al pensamiento infantil, se da de bruces con la relevancia que ellas tendrían en los procesos de descubrimiento y creación científica (Sutton, 1992), tal como Einstein asegura "mi capacidad, mi destreza particular reside en visualizar los efectos, consecuencias y posibilidades" (Holton, 1972:110).

Si consideramos la formulación de Piaget e Inhelder (1971 b) la representación es en sus inicios una imitación interiorizada. A medida que los objetos asimilados modifican los esquemas del sujeto, es decir a medida que aparece la acomodación, la actividad se emprende en la dirección de la imitación. "El problema de la imitación conduce al de la representación: en la medida en que esta constituye una imagen del objeto, se la puede concebir como un especie de imitación interiorizada, es decir como una prolongación de la acomodación". Piaget e Inhelder (1971 b)

afirman que en el período sensorio-motor, los niños pequeños representan objetos en términos de las acciones que pueden ser realizadas sobre ellos. Las imágenes no serían usadas como representaciones internas hasta que los niños rondan el año y medio de edad, antes del advenimiento de imágenes, el pensamiento del niño es como si fuera "presentacional", sólo opera con objetos presentes. Después que la representación (imágenes, imitación, juego) se hace posible, en el período preoperatorio, el niño es considerado como **representacional**, capaz de pensar las cosas en su ausencia. Alrededor de los 18 meses el niño puede realizar una imitación diferida y como ha progresado en el pensamiento, puede imaginar e imitar cosas y acciones en su ausencia.

En contraste con la concepción de Bruner, Piaget e Inhelder enfatizan que la imagen misma cambia con la edad, así como la manera en que las imágenes representan información, cambia en el curso del desarrollo. Después de los siete u ocho años de edad, las denominadas operaciones concretas son utilizadas conjuntamente con la imaginación, las imágenes se vuelven anticipatorias, capaces de ser transformadas según las expectativas, antes de esta edad las imágenes eran meramente reproductivas y estáticas. Para Piaget existirían dos momentos diferentes con relación a la imagen mental, uno vinculado a la rigidez inicial del período sensoriomotriz, y otro que posibilita la acomodación y la interiorización de las acciones. En ambos momentos, el pensamiento figurativo se concibe como subordinado al desarrollo de las estructuras operatorias. Tanto Piaget como Bruner, parecen aceptar parcialmente la supuesta rigidez de la imagen mental, derivada de la metáfora de la figura, además de sostener la idea de un desarrollo representacional que comienza en lo figurativo y acaba en lo simbólico, privilegiando esta última forma de representación.

La respuesta a la pregunta por el desarrollo representacional, proveniente del paradigma cognitivo-computacional es diferente. En primer lugar, debido a la poca relevancia concedida a cuestiones genéticas, en beneficio de una mayor atención a los procesos de cognición situada. En segundo lugar, porque se establece desde el inicio, el carácter horizontal de las distintas clases de representación, considerándolas permanentemente disponibles al sujeto, en la medida en que la adopción de la metáfora del ordenador impone el requisito de una arquitectura funcional fija, donde las funciones cognitivas son las que resultan modificadas.

Pero el pensamiento infantil ¿depende exclusivamente, o no, del uso de imágenes mentales?. Para Kosslyn (1986) la hipótesis del desarrollo representacional no significa que los niños siempre usan imágenes mentales, sería sorprendente que no memorizaran ocasionalmente entradas lingüísticas (especialmente cuando se les describe algo), más bien se podría afirmar que *"los niños pequeños basan predominantemente sobre imágenes mentales el acceso a la información de la memoria"* (Kosslyn, 1986: 433). Según Kosslyn (1986) las imágenes mentales se emplearán necesariamente, cuando al preguntar a una persona acerca de un objeto concreto, ésta no posee la información pertinente almacenada explícitamente en un archivo proposicional, ni la puede deducir a partir de otro archivo proposicional. Pero si el proceso de generación e inspección de la imagen mental es más rápido que el proceso de recuperación y utilización de la información proposicional, se usarán imágenes. Por otra parte, si pocos hechos se codifican explícitamente, o si la deducción es difícil, las imágenes se usarán crecientemente.

La metáfora "de la figura en la cabeza" sostiene la idea de que las imágenes mentales son rígidas y estáticas y se almacenan como "fotos o dibujos en la cabeza". En alguna medida, esta concepción identifica erróneamente la percepción de una representación visual externa, con su codificación y utilización cognitiva en el mismo formato. Por el contrario, las imágenes externas no originarán imágenes mentales necesariamente, percepción e imaginación son procesos diferentes, aunque estén estrechamente relacionados. La comprensión e interpretación de representaciones externas verbales o icónicas, es fruto de un complejo proceso "top down", que supone la representación interna de la información externa de manera personal, constructiva, integrando tanto representaciones de carácter semántico como analógico. Por otra parte, aunque los niños utilicen

preponderantemente imágenes mentales, esto no implica que las imágenes externas les resulten más sencillas y más fácilmente comprensibles e interpretables que la información verbal. Sin embargo, los usos educativos de las imágenes externas que se detectan en los libros de Física analizados, se pueden interpretar a la luz de estos modos de concebir la relación entre imágenes externas e internas.

Es necesario tomar en cuenta que existe una intuitiva y documentada relación, entre el uso de imágenes externas, imágenes mentales y la mejora del recuerdo en el aprendizaje de materiales verbales (Paivio, 1971, Schnorr y Atkinson, 1969; Bugelsky, 1974; Bower, 1970, 1972). La mejora del aprendizaje con dibujos, se estableció por comparación con sus respectivos referentes verbales y bajo la suposición de que los dibujos requerirían la mediación de imágenes mentales, de modo mucho más directo que sus etiquetas verbales (Paivio, 1971; Postman, 1978; Nelson et. al., 1977). También se ha sostenido que los dibujos poseen mayor contenido informativo sobre propiedades físicas y sobre relaciones espaciales no explícitas (Rosenberg, 1977) y que en consecuencia, ofrecen muchos más rasgos diferenciadores que las palabras (Rosenberg, 1977; Friedman y Bourne, 1976; Nelson, Reed y Mc. Evoy, 1977).

Como se ha señalado en la sección II y en este breve recorrido, tanto desde las primeras investigaciones en Psicología Cognitiva que se dedicaron al estudio sistemático de la imagen mental, como desde la psicología popular, se dio sustento a la idea de que las imágenes mentales y las imágenes externas facilitaban el recuerdo y el aprendizaje. El carácter mnemónico tradicionalmente atribuido a la imagen externa e interna y las concepciones originadas en la metáfora de la figura, permiten interpretar tanto la importancia numérica (densidad de imágenes) concedida al uso de representaciones externas que encontramos en los textos escolares, como la ausencia de intentos por relacionar la información representada en la imagen externa, con el contenido textual. Además, los supuestos que atribuyen mayor sencillez a los dibujos que a las palabras - considerando que las imágenes externas serían más adecuadas cuando los sujetos se encuentran en niveles inferiores del desarrollo representacional- resultan coherentes con la sobrecarga de imágenes encontrada en ciertos textos de Física dirigidos al Nivel EGB 3 y con la disminución de la cantidad de imágenes que suelen presentar aquellos destinados a los estudiantes del Polimodal y de la Universidad.

Cabe destacar que después de casi tres décadas de investigación psicológica, parecería que la clave en la mejora del recuerdo y del aprendizaje no es inherente a la representación imagística en sí (de Vega & Marschark, 1996, Marschark & Surian, 1992) ni a la codificación dual postulada por Paivio (1971). Más bien la comprensión y memorización de materiales verbales complejos, parecen basarse en la construcción y adaptación de alguna clase de modelo mental de la situación descripta, que incluye no sólo información visio-espacial, sino también relaciones temáticas acerca de los protagonistas y sus intenciones. Esta representación mental compleja provee a los lectores una estructura rica y flexible del significado global del texto y juega un papel central en ambas: comprensión y memoria (Marschark, 1985; de Vega & Marschark, 1996).

En síntesis, hoy se asume en Psicología Cognitiva que la imagen mental es una representación independiente, funcional y estructuralmente distinguible de las proposiciones (Paivio, 1971; Shepard & Cooper, 1982; Marschark et. al., 1987; Kosslyn, 1986, 1996; Johnson-Laird, 1996; Denis, 1996, Intons-Peterson, 1996). Dado el carácter estrictamente analógico y simbólico de las imágenes mentales ellas son muy importantes en la cognición, pero su construcción debe diferenciarse adecuadamente de la percepción de imágenes externas. El razonamiento, la comprensión, el lenguaje, la toma de decisiones y todos los procesos de asignación de significado no pueden explicarse sólo a partir de imágenes mentales y proposiciones, se requiere la noción de modelo mental (Johnson-Laird, 1996, Denis, 1996, de Vega, 1996, Moreira, 1996). El modo en que las representaciones externas articulan información verbal y pictórica, ciertamente influye en la

construcción de las representaciones mentales adecuadas para aprender Física. En consecuencia, parece relevante investigar cómo se usan las imágenes externas con fines educativos, y más específicamente, como ellas se emplean en los libros de texto de Física. A continuación, analizamos un conjunto de libros de texto correspondientes a distintos niveles educativos, para describir cómo usan las imágenes externas y para responder las preguntas que se formulan en la sección siguiente.

IV- Preguntas de la investigación

1. ¿Cómo se caracteriza el uso de imágenes externas en los textos de Física que integran el conjunto considerado, a partir de las concepciones de la imagen externa y sus relaciones con la representación interna y la comunicación de conocimiento, discutidas en las secciones precedentes?
2. ¿Es posible realizar una clasificación y obtener una tipología del conjunto de textos y de sus características distintivas?
3. ¿Qué implicaciones vinculadas con la Investigación y la Enseñanza de las Ciencias pueden realizarse?.

V- Diseño del estudio, construcción de categorías de análisis y variables

Se analizan (N = 41) libros de texto (véase el Anexo I) correspondientes a los Niveles Secundario y Universitario Básico. La reforma del Sistema Educativo Argentino vigente desde 1995, segmentó la antigua Educación Secundaria en: la Educación General Básica de Tercer Ciclo (en adelante EGB 3) (7mo, 8vo. y 9no. año) y en el Nivel Polimodal (I, II, III año). Esto originó la sustitución o reformulación de la mayoría de los libros de texto, para adecuarlos a las nuevas características del Sistema Educativo y a los nuevos diseños curriculares propuestos. Se consideran mayoritariamente textos secundarios editados a partir de 1995 correspondientes a la EGB 3 y al Nivel Polimodal. Se incluyen algunos textos editados antes de 1995, correspondientes a Tercero, Cuarto y Quinto año de la "antigua escuela media".

Se realiza una categorización inductiva, es decir que las categorías surgen de los propios textos analizados y son interpretadas y descriptas en función de nuestro marco teórico. El Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (Benzécri, 1980; Lebart, 1985) se realizó sobre las variables nominales con sus respectivas modalidades que se detallan en la Tabla I . Luego, se efectuó una clasificación (Benzécri, 1985) que procuró la formación de clases que surgen de los datos mismos, permitiendo identificar las similitudes y diferencias entre los libros de texto de Física, con relación al tratamiento dado a las imágenes externas. Se busca encontrar una partición del conjunto de textos en partes bien separadas y que a su vez reúnan a los libros más próximos entre sí. El resultado esperado es una tipología, entendida como el conjunto coherente de clases formadas por agrupamiento de los textos relativamente homogéneos, cuando cada clase es un tipo, o entidad de características conocidas (Lebart, 1994).

| <i>Tabla I</i> | |
|---|------------------------------------|
| <i>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA IMAGEN EXTERNA</i> | |
| 1- ÉNFASIS NOTACIONAL | 1.1- ICON (Fotografías / Dibujos) |
| | 1.2- GRAF (Esquemas / Graficas) |
| 2- ESTETICA-MOTIVACIONAL | 2.1- ESNO (No estética) |
| | 2.2- ESSI (Es Estética) |

| | |
|--|--------------------------------|
| 3- ILUSTRATIVA-FACILITADORA | 3.1- FANO (No ilustra) |
| | 3.2- FASI (Ilustra y facilita) |
| 4- COMUNICACIÓN VISUAL | 4.1- TRAD (Tradicional) |
| | 4.2- INTR (Introdutoria) |
| | 4.3- IMAG (Imagística) |
| <i>RELACION ENTRE IMÁGENES EXTERNAS E INFORMACIÓN VERBAL</i> | |
| 5- ASOCIATIVA | 5.1-ASNO (Poco asociativo) |
| | 5.2-ASSI (Asociativo) |
| 6- DESCRIPTIVA | 6.1- DEME (Poco Descriptivo) |
| | 6.2- DEAL (Descriptivo) |
| 7- INTERACTIVA | 7.1- INNO (No interactivo) |
| | 7.2- INAL (Interactivo) |
| <i>CARACTERÍSTICAS DEL LIBRO DE TEXTO</i> | |
| 8- COLOR | 8.1- SICO (Colorido) |
| | 8.2- NOCO (Blanco y Negro) |
| 9- NIVEL EDUCATIVO | 9.1- EGB 3(Egb 3) |
| | 9.2- SECU (Polimodal) |
| | 9.3- UNIV (Universidad) |
| 10- ESTILO | 10.1- TEXT (Texto) |
| | 10.2- HTEX (Libro Hipertexto) |

Características Generales de la Imagen Externa

1- Énfasis Notacional: Los textos se caracterizan según el tipo de notación que predomina en cada uno de ellos. Esta variable presenta dos modalidades:

1.1- Icónico (ICON): Representa a los libros de texto que adoptan Fotografías e Ilustraciones como recurso visual predominante. Si bien las fotografías no son exactamente íconos, se incluyen en esta categoría por su similitud con aquello que representan. Cuando un libro se identifica en esta modalidad no significa que no utilice ningún esquema, caricatura o gráfico, sino que su discurso visual enfatiza el uso de fotografías e ilustraciones. Estos recursos claramente icónicos, se usarían para reducir la abstracción y para producir efectos motivadores y estéticos. Se codificaron en esta modalidad 18 textos (T1, desde T3 hasta T13 y T14,T16,T18,T20 y T22).

1.2- Simbólico (GRAF): Indica el predominio de Esquemas y Gráficas en el libro de texto. Es la modalidad propia de los libros que adoptan un discurso visual basado en esquemas y gráficas. Se codifican en esta categoría 22 textos (T2, T13, T15, T17, T19, T21 y desde T22 A T40). En los libros dirigidos al nivel Polimodal, se usan representaciones externas más abstractas como esquemas y aparecen más gráficas. La adopción de un lenguaje más matemático se profundiza en los libros de texto correspondientes al nivel universitario.

2- Estético - Motivador

Las representaciones externas suelen emplearse como un recurso **Estético - Motivador**, que se traduce en un uso decorativo, ornamental y motivador de la imagen. El objetivo sería embellecer

el texto y tornarlo visualmente atractivo para el lector, más que facilitar el aprendizaje y la comprensión. Este estilo caracteriza a los textos que privilegian el uso del color y presentan imágenes no estrictamente relacionadas al contenido. Podría decirse que se trata de libros para "ver", que posiblemente asignen importancia a los aspectos perceptivos en la construcción de conocimiento. Se consideran dos modalidades de la variable.

2.1- ESNO (No estético) Caracteriza a los textos que casi no emplean imágenes con fines ornamentales, o para atraer la atención del lector. Un ejemplo claro sería el libro de Richard Feynmann (T40), que concede muy poco peso a los recursos visuales. Baja preocupación por cuestiones estéticas, se identifica también en la edición 1976 del texto universitario de Paul Tipler (T36), como en sus textos para el secundario (T13). También integra esta modalidad el texto de Paul Hewitt (T17) que no usa color y basa su estrategia comunicativa en recursos no estéticos, privilegiando el discurso verbal con respecto al visual. Se agrupa en esta modalidad a 16 textos.

2.2- ESSI (Estético) Identifica a los textos que presentan alguna preocupación estética y motivadora, en algunos casos es prioritaria y en otros no tanto. Entre los que tienen cierta preocupación estética, se encuentran las re-ediciones en color de ciertos textos clásicos, que emplean fotografías en papel brillante a doble página como el de Paul Tipler (T32). Otros textos que también se incluyen en esta modalidad, privilegian el uso de la imagen como recurso estético (por ejemplo desde T1 hasta T12, T14, T16, T28 y T38). Son libros con gran predominio del color, con páginas en las que diversas ilustraciones aparecen como woollpaper, además de las fotos, dibujos etc. También es frecuente encontrar dibujos, que no necesariamente se vinculan con un tema en especial. Se trata de libros que ofrecen al lector gran cantidad de estímulos visuales. Se agrupan en esta modalidad 25 textos.

3- Ilustrar- Facilitar

Las imágenes externas también se pueden usar para **Ilustrar- Facilitar** la comprensión del texto, haciéndolo más accesible al lector. Nuestra discusión conceptual de las tres primeras secciones, nos permite interpretar que cuando sistemáticamente no se explican las imágenes, se las consideraría evidentes, transparentes, o auto- explicativas de por sí, como si ellas fueran "directamente cognoscibles", en alguna correspondencia con la metáfora de la figura en la cabeza. En esta categorización, se califica como facilitadores a los textos que sí explican las imágenes, mientras los que no lo hacen son considerados más "oscuros", en la medida en que no colaboran ni orientan la de-construcción del discurso visual. Se definen dos modalidades:

3.1- FASI (Facilitador) Identifica a los libros en los la imagen está "al servicio" del texto y del contenido. Se utilizan imágenes de manera analizada y sistemática. Las fotografías, figuras, esquemas y diagramas se describen y se relacionan explícitamente con el texto escrito a través del cuerpo textual y por epígrafes que en esta modalidad son detallados. Esto caracteriza a los clásicos libros de Física básica del nivel Universitario tanto en sus ediciones antiguas como nuevas (T37, T36 y T32, T34, T33). También un grupo considerable de libros de texto dirigidos al nivel Polimodal, que siguen esa línea. Se han identificado en esta modalidad 23 textos.

3.2- FANO (No facilitador) Caracteriza a los libros que si bien utilizan imágenes y refieren a ellas en el texto escrito, no las explican detalladamente. Corresponden a esta categoría, ciertos textos que aún empleando abundante cantidad de imágenes, no facilitan la comprensión, por la selección, por la distribución, por la falta de descripción. Esto no significa que no usen imágenes externas, sino que ellas no ilustran el discurso verbal. En estos libros las imágenes serían consideradas evidentes y resultarían poco ilustrativas del texto, porque no se hace explícita la

relación que guardan con el contenido. Esta relación quedaría en manos del lector, o tendría que ser objeto de tratamiento didáctico. Se codificaron en esta modalidad 18 textos.

4- Comunicación Visual

Se refiere a las tres formas de utilizar la imagen que surgieron de la categorización de los textos del conjunto considerado. Cada una de ellas constituye una modalidad de la variable.

4.1- TRAD (Tradicional) Identifica a los textos que emplean muy pocas imágenes externas, o lo hacen otorgando al discurso visual un status inferior al de la representación verbal. La información se presenta de manera predominantemente verbal. Este sería el estilo adoptado por la antigua edición del libro de Paul Tipler, T36, y por la edición 1999 del texto Física preuniversitaria del mismo autor. Algo similar sucede con T34 y T41, que son la edición nueva y antigua, respectivamente, del conocido libro de Sears. Encontramos esta modalidad en 10 de los textos analizados. Estos libros no se plantean en ningún caso "introducir un tema empleando imágenes".

4.2- INTR (Introductoria) Se emplea cuando la imagen se usa para introducir un tema o una Unidad. La presentación puede ser más o menos espectacular, dependiendo de la tecnología que emplea la edición. Así, los libros más recientes tienen presentaciones a doble página color, con imágenes muy bellas y cuidadosamente elegidas, como por ejemplo la edición mas nueva del texto de Paul Tipler (T32). Se destaca el uso de imágenes sólo para introducir el tema, y enfatizando aspectos perceptivos, prosiguiendo luego con un uso de la imagen, que podría considerarse "más clásico". Se encontró esta modalidad en 17 de los textos analizados.

4.3- IMAG (Imagística) Es la modalidad que designa a un estilo de comunicación que enfatiza el uso de un discurso visual y una concepción de la imagen externa como recurso comunicacional. Sin embargo, muy pocos textos de los que integran esta categoría, se preocupan por generar interpretaciones de las imágenes. Las imágenes tendrían un estatus por lo menos igual o mayor que las representaciones verbales. Los libros de texto que adoptan este estilo presentan en cada capítulo secciones especiales denominadas: "Temas con Imágenes", "Infografías", "Lectura de Imágenes". Según los autores, estarían destinadas a que el estudiante "aprenda con imágenes". Esta característica es predominante en los libros de EGB 3, editados a causa de la reforma, mientras se presenta sólo en algunos libros de texto dirigidos al Nivel Polimodal, y no se encuentra en ninguno de los textos universitarios analizados. Encontramos esta modalidad en 13 textos.

Relación entre imágenes y texto

Esta categoría describe la relación existente entre la información visual y la información textual. Como discutimos en las secciones II y III de este trabajo, en las concepciones que identifican la percepción de una imagen externa con su representación interna, las imágenes son consideradas evidentes, sencillas, sin necesidad de interpretación. En otros casos es a la inversa, subyace cierta "desconfianza" en la imagen - mas epistemológica que psicológica - que origina alguna subordinación de la imagen al texto. La relación interactiva entre el discurso visual y el verbal es poco frecuente en los libros considerados . Se generaron tres variables:

5- Asociativa Esta variable identifica a los libros que proponen una contigüidad espacial entre imágenes y texto, esperando producir una vinculación por asociación entre ambos. En general se trata de libros con poca descripción de la imagen. La vinculación con el texto escrito es escasa y la imagen esta sobrevaluada con respecto al texto. Se definen dos modalidades:

5.1- ASSI (Asociativa) Identifica a los textos que son claramente asociativos en la relación entre imagen y texto. Esta característica suele aparecer acompañada de muy pocas referencias a las imágenes dentro del texto, es decir de un bajo nivel de descripción. Esta modalidad, no se encontró en los textos Universitarios considerados. Sólo se presentó en los textos de EGB3 y del Nivel Polimodal, en mayor o menor medida. Se codificaron 9 textos.

5.2- ASNO (No asociativa) No presentan imágenes vinculadas al texto de manera asociativa.

6- Descriptiva Se refiere a los libros que sobrevalúan el texto escrito por sobre la imagen. Las imágenes son descriptas y explicadas, su interpretación no queda librada al lector. Existen referencias a las imágenes tanto en el cuerpo del texto como en los epígrafes que se presentan. Se definen dos modalidades:

6.1- DEAL (Muy Descriptiva) Incluye a los textos que sobrevalúan el texto con respecto a la imagen. Las imágenes se explican siempre. Textos como el de Tipler (T31 y T35), asignan a la descripción explicativa de la imagen un lugar muy importante. Esto se evidencia tanto en el cuerpo textual, como en la abundancia y extensión de los epígrafes de las figuras. Se controlaría la interpretación de la imagen, a partir de su descripción. Se codificaron 30 textos de todos los niveles.

6.2- DEPO (Poco Descriptiva) Se refiere a textos que describen muy poco las imágenes.

7- Interactiva

Esta variable designa una relación especial e infrecuente entre imágenes y texto. Indica si la relación de la imagen con el texto está o no, orientada a derivar conocimiento y a interpretar la imagen. Se definen dos modalidades:

7.1- INSI (Interactiva) Cuando la relación es interactiva, la imagen externa se emplea como fuente de información, a partir de la cual el conocimiento puede ser derivado. A veces la imagen se utiliza para responder preguntas formuladas en el texto y derivar algún conocimiento a partir de ellas. Tales libros intentarían vincular texto e imagen a partir de preguntas (7 textos). También se reunieron en esta categoría los textos que por medio de cuestiones, historietas y caricaturas, presentan de representaciones pictóricas sobre las que formulan cuestionamientos y proponen discusiones solicitando explícitamente al estudiante, el uso y la interpretación de las imágenes. Sólo dos textos del total son claramente interactivos (T1 y T18).

7.2- INNO (Poco Interactiva) Se refiere a los textos en los que las imágenes sólo se explican y describen o nunca se explican ni describen, considerándolas autoevidentes. En ambos casos, la relación texto imagen no es interactiva.

Características del Libro de Texto

8- Color Se refiere a si el texto es en colores o en blanco y negro, escalas de grises o sepias. Se consideran las modalidades:

8.1- NOCO Sin Color

8.2- SICO En colores

9- Nivel Educativo Se refiere al Nivel del Sistema Educativo al que se dirigen los libros de texto. Las modalidades son:

9.1- EGB 3 Egb 3. (12 textos).

9.2-SECU Polimodal. (19 textos).

9.3- UNIV Universitario. (10 textos).

10- Estilo Identifica si el libro adopta el modo de usual de un texto, o si emplea características propias de los hipertextos. Se definen las modalidades:

10.1- TEXT (Texto) Se refiere a una concepción clásica de los libros de texto, básicamente secuencial. Las secciones son de información conceptual y a lo sumo problemas y temas de profundización. Se identificaron 32 textos.

10.2- HTEX (Hipertexto) Se refiere a una relación entre contenidos y secciones que intenta vincular transversalmente los temas y que no sigue una estructura secuencial. Se propone una iconografía particular, que se parece a la que adoptan los materiales hipertextuales. Esta modalidad agrupa a los libros que, sin disponer del soporte multimedial, intentan privilegiar los vínculos (links) y las relaciones con otras secciones del propio texto. Estas secciones son fijas, y se encuentran presentes en 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. Se identificaron 9 textos en esta modalidad.

VI - Análisis de Datos y Discusión

Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPAD 3.5. La técnica de reducción factorial proporciona una simplificación y síntesis de la información que permite analizar las principales conjunciones-oposiciones entre las variables. La representación gráfica de las diferentes modalidades de las variables en planos factoriales, proporciona una visión directa y global, de los principales aspectos de la información a tener en cuenta. Se introducen en el análisis la totalidad de las variables de la Tabla I, los tres primeros factores acumulan el 66,8 % de la varianza explicada. Las variables que más contribuyen a la conformación del primer factor son: Nivel Educativo, Color, Comunicación Visual, Énfasis Notacional y Asociativa. Esto significa, que las mayores diferencias relativas al tratamiento de las imágenes en el conjunto de textos considerados, se relacionan con el nivel educativo al que se dirigen, con el colorido de la edición, con el papel concedido a la imagen y con la preferencia por una cierta clase de notación: icónica o simbólica. En menor medida, también contribuye a este factor el carácter asociativo entre imágenes y texto, o no, que pueda adoptar el libro. El Gráfico1, muestra el plano factorial en el que se representan todas las modalidades de las diez variables activas.

Atendiendo al primer factor en el eje de abscisas, las variables pueden ubicarse en tres zonas: La zona central en la que podemos decir que se halla el comportamiento general o la norma del grupo. La zona extrema derecha en donde se ubica la modalidad (EGB3), en oposición a las modalidades Polimodal (SECU) y Universitario (UNIV), referidas a la variable Nivel Educativo, que se visualizan en extremo opuesto. También en la zona derecha del eje uno, se identifica la modalidad Imagística (IMAG) de la variable Comunicación Visual y la modalidad Icónica (ICON) a la que se opone en el otro extremo la modalidad Tradicional (TRAD), y con una coordenada menos importante la modalidad Introdutoria (INTR) de la misma variable. La modalidad Colorido (SICO) también se ubica en el extremo derecho del eje uno. La zona izquierda del eje uno presenta a la modalidad No colorida (NOCO). La modalidad No Asociativa (ASNO) de la variable Asociativa también se ubica en el extremo izquierdo, oponiéndose a la modalidad Asociativa

(ASSI) en el lado derecho. La modalidad Esquemas y gráficas (GRAF) de la variable Énfasis Notacional, también está ubicada en este sector izquierdo, en oposición a la modalidad Icónica (ICON) en el extremo opuesto.

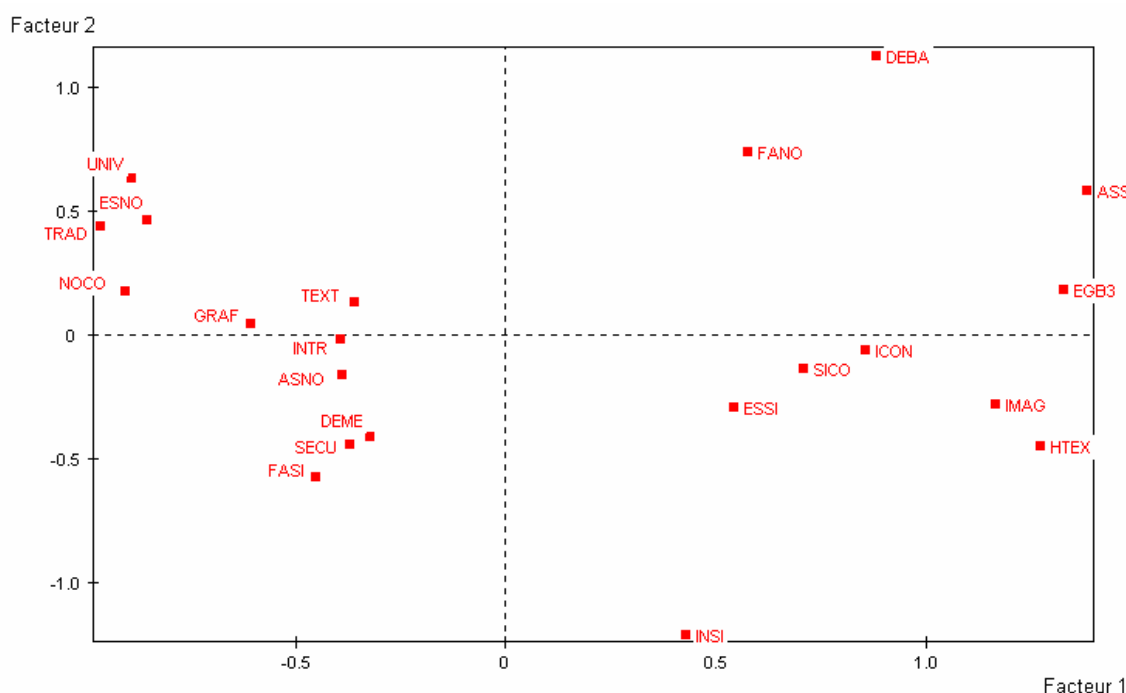


Grafico 1: Plano Factorial que representa las modalidades de todas las variables activas

El primer eje factorial separa en el extremo derecho, las modalidades que describen el uso predominante y sobrevaluado de imágenes en los textos del Nivel EGB 3, junto con el uso irrestricto del color y la adopción de un estilo de comunicación basado en imágenes. Además enfatizan el uso de notaciones icónicas y establecen una relación asociativa entre imágenes y texto. En el extremo contrario, se ubican las modalidades que describen un uso de imágenes bastante menos privilegiado, adoptado por los textos de Polimodal y Universidad. El uso del color es reducido. No se identifican relaciones asociativas entre texto e imágenes y se privilegian las notaciones basadas en esquemas y gráficas.

La contribución a la conformación del segundo factor, viene dada por las variables: Descriptiva, Ilustrar- Facilitar, e Interactiva. La zona superior del eje dos, presenta a la modalidad Baja (DEBA) de la variable Descriptiva, a la modalidad Baja (FANO) de la variable Ilustrar - Facilitar. Las modalidades opuestas de ambas variables se encuentran en la zona opuesta del eje. Con una coordenada menos importante, poco vinculada y espacialmente alejada de las otras dos variables, se ubica en la zona positiva del eje dos la modalidad Poco Interactiva (INNO) y en la opuesta, la modalidad Interactiva (INSI) de la variable homónima.

El factor dos reflejaría la categoría Relación entre Imágenes e Información Verbal, y separa un uso caracterizado por la subordinación de las imágenes al texto, de la concepción opuesta. En consecuencia, las modalidades de las variables que identifican una descripción elevada de la imagen, aparecen en la zona inferior del eje dos, junto con las que identifican alta intención de facilitación e ilustración. Así, las imágenes que se describen extensa y detalladamente, se emplean para ilustrar y facilitar el texto. Mientras en la zona opuesta del eje, se ubican las modalidades correspondientes a la ausencia de explicación y descripción de las imágenes.

Si se consideran conjuntamente los dos ejes principales, se puede interpretar el plano factorial del Gráfico 1. En el semiplano derecho se encuentran las modalidades de las variables que caracterizan a los libros correspondientes al Nivel EGB3. Utilización de mucho color, una concepción basada en recursos imagísticos, con adopción de un lenguaje basado en dibujos y fotografías y en algunos casos un estilo de "libro hipertexto". Todo esto enmarcado por un uso estético-motivador de las imágenes, con poca descripción y facilitación y elevado nivel de asociación entre texto e imagen.

Es preocupante que los textos de Física dirigidos al nivel inferior de la escolaridad media, sean paralelamente los que adoptan menos prevención acerca de cómo las imágenes integrarán el proceso comprensivo y el de conceptualización. Subyacente a este uso de la imagen se puede suponer la adopción de una concepción epistemológica que sobrevalúa, la representación imagística como expresión de conocimiento. Esta forma de usar la imagen es coherente con ideas vinculadas a la "metáfora de la figura", que consideran un isomorfismo de primer orden entre figuras e imágenes internas, ideas estas coincidentes con los "presupuestos" de la psicología popular. Si se asume que las imágenes externas se perciben y se procesan luego como imágenes internas tipo "fotos o dibujos en la cabeza", entonces las imágenes externas no necesitan descripción ni explicación, porque son evidentes y se "graban" en la memoria.

En el semiplano izquierdo, se ubican las modalidades de las variables que caracterizan un uso de la imagen subordinado al texto escrito, mas identificado con el Nivel Universitario y el Nivel Polimodal. Se trata de un estilo verbal, donde la palabra y las notaciones más abstractas tienen un papel principal. En el cuadrante superior izquierdo, se reconocen las modalidades características de un estilo tradicional de comunicación visual, propio del nivel Universitario, con pocas imágenes, sin color y con baja preocupación por aspectos estéticos y "motivadores". En el cuadrante inferior izquierdo, se ubican las modalidades que caracterizan un papel menos tradicional para el uso de imágenes, que les concede un lugar introductorio, más relacionado con el nivel Polimodal y con mayor intención facilitadora e ilustrativa.

Clasificación

El análisis factorial es un requisito previo para encontrar alguna tipología de los libros de texto y asociaciones de variables, o características relacionadas con ellos. La clasificación es inductiva y se basa en la búsqueda de semejanzas. Se parte de los individuos (en nuestro caso los textos) y se procede por agrupamientos sucesivos, tratando de descubrir tras los detalles, las grandes líneas que describen al conjunto. Este método de clasificación ascendente origina clases politéticas (Benzécri, 1980). Es decir, las clases no se forman por la estricta conjunción lógica de propiedades correspondientes a todos los textos que las componen (clase monotética), sino por aquellos con un alto grado de semejanza (clase politética). Se intenta encontrar una partición del conjunto de libros en partes bien separadas y que a su vez reúna a los libros más próximos entre sí, a partir de sus distancias en una representación espacial.

La metodología para construir una tipología no consiste en la mera aplicación mecánica de los procedimientos apropiados, es un trabajo recursivo, que requiere de la consideración de varias alternativas hasta lograr una, que resulte satisfactoria por su coherencia lógica. En este caso se seleccionó una partición en tres clases, según se aprecia en el Gráfico 2. Los Textos aparecen identificados según la clase a la que pertenecen y se representa a los parangones dentro de cada una. Los parangones son los individuos (en este caso los textos) característicos de cada clase, que se encuentran a la menor distancia respecto de su centro de gravedad. Las clases tienen asociadas ciertas características que se detallan a continuación.

La clase 1/3 reúne a 13 libros. Se caracterizan por adoptar un tipo de comunicación visual imagística y privilegiar el uso de imágenes. En la mayor parte de los libros de esta clase se sobrevalúa la imagen con relación al texto. Fundamentalmente se trata de textos dirigidos al Nivel EGB 3. Emplean en mayor medida fotografías y dibujos, más que esquemas y gráficas. Dos de ellos son del Nivel Polimodal (T16 Y T19), según se observa en el Gráfico 2.

El estilo de "libros hipertexto" identifica a un número considerable de individuos de esta clase. El estilo "hipertexto" se caracteriza por el uso intensivo de color, fotografías, dibujos y recursos visuales poco discriminados. Estos libros poseen una elevada "densidad de imágenes" que a simple vista serían una sobrecarga para la memoria de trabajo. La lectura de los textos realizada para generar las categorías, variables y modalidades de este análisis, revela que ninguno de los libros identificados con esta modalidad, presenta un "mapa de navegación". Como un libro no dispone de los recursos de segmentación de la información, navegabilidad e interactividad, propios de un verdadero hipertexto, el resultado es un sistema icónico de posibles vínculos entre secciones y una compleja estructura, que permanece implícita para el lector.

Los textos de esta clase son intensamente coloridos, visualmente muy atractivos con predominio de aspectos motivacionales y estéticos. La relación entre información verbal y pictórica es asociativa en la mayor parte de los textos de la clase. Esto se refleja en baja descripción y explicación de las imágenes así como en una vinculación establecida por la proximidad espacial entre texto e imágenes.

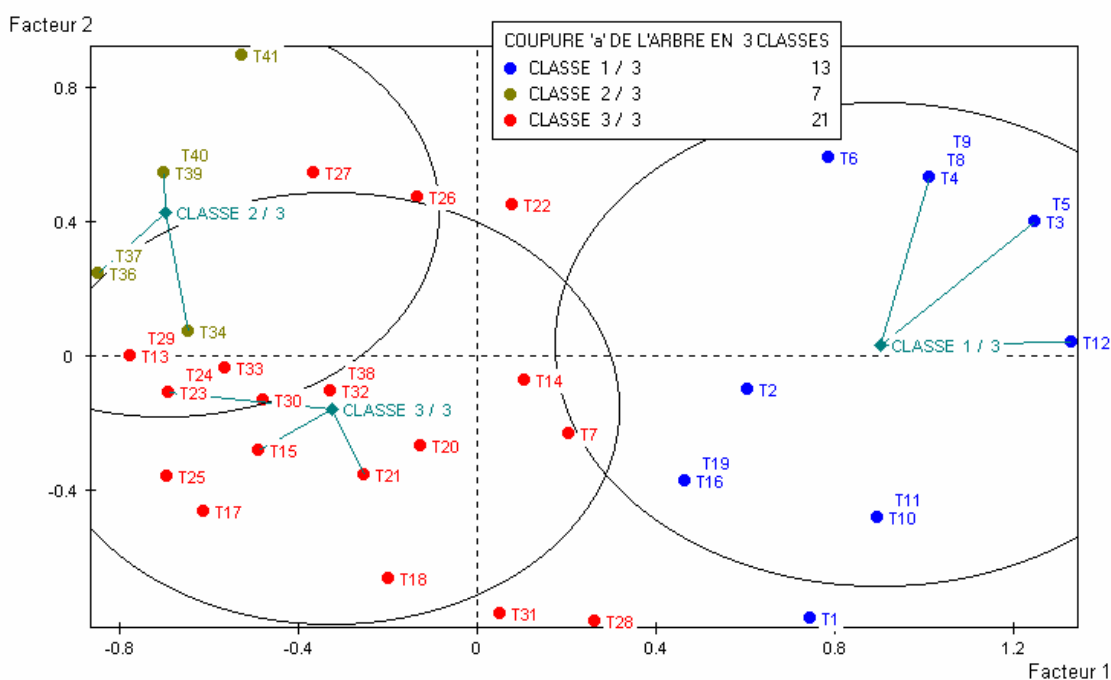


Gráfico 2 Representación de los individuos en cada clase y de los parangones.

La Clase 2 / 3 agrupa a sólo 7 textos del conjunto. Corresponde a libros dirigidos al nivel Universitario. Las imágenes que predominan son esquemas y gráficas de funciones. El tratamiento de la imagen que realizan es el que se ha denominado Tradicional. Las imágenes son sólo un complemento del texto. Estos textos no privilegian el uso de imágenes y no emplean color. Privilegian el uso de recursos verbales y simbólicos en la comunicación.

La Clase 3/3 reúne a 21 libros que casi en su totalidad corresponden al nivel Polimodal y algunos pocos al Nivel Universitario. Estos libros adoptan una manera de comunicar conocimiento que emplea imágenes asignándoles un papel introductorio, ilustrativo y subordinado al texto. Tienen

un estilo básicamente textual y sobrevalúan la información verbal por sobre la información pictórica. Son libros en los que las imágenes se usan para ilustrar al texto, para hacerlo mas sencillo, es decir para facilitar la comprensión. Si bien la mayoría de los individuos son libros para el nivel medio, están en este conjunto por el modo de tratar la imagen, dos textos para el nivel Universitario (T32 y T33).

Para despejar la posibilidad de una distribución aleatoria de los datos, atendiendo a que se trata de un estudio basado en un número pequeño de individuos, se realizó un test de Montecarlo. Primero, se generaron aleatoriamente 100 matrices (muestras) de datos de 41 filas por 10 columnas, correspondientes a los individuos y a las variables del estudio respectivamente. Luego se realizaron los Análisis Factoriales en cada una de las muestras, generando los tres primeros autovalores, los porcentajes de la varianza explicada por cada uno de ellos y el porcentaje de la varianza acumulada por los tres primeros factores. Posteriormente se calculó la media y la desviación típica del porcentaje total de la varianza explicada en cada una de las cien muestras, así como los valores extremos del porcentaje de la varianza explicada, obteniéndose los resultados siguientes:

$$\bar{x} \approx 42,9\% \quad s \approx 1,9\% \quad x_{\min} \approx 38,7\% \quad x_{\max} \approx 42,7\%$$

Con los valores del porcentaje total de la varianza explicada en las cien muestras aleatorias, se construyó el histograma que fue ajustado por una curva Normal. Según el Gráfico 3, la distribución de frecuencias del porcentaje total de la varianza explicada es aproximadamente Normal. Resulta evidente que para valores superiores al 49%, el porcentaje total de la varianza explicada tiene probabilidad casi nula. Como en los datos reales de nuestro estudio, los tres primeros factores acumulan el 66,8 % de la varianza explicada, entonces es casi cero la probabilidad de que nuestros datos sean aleatorios ($p \approx 0,006$).

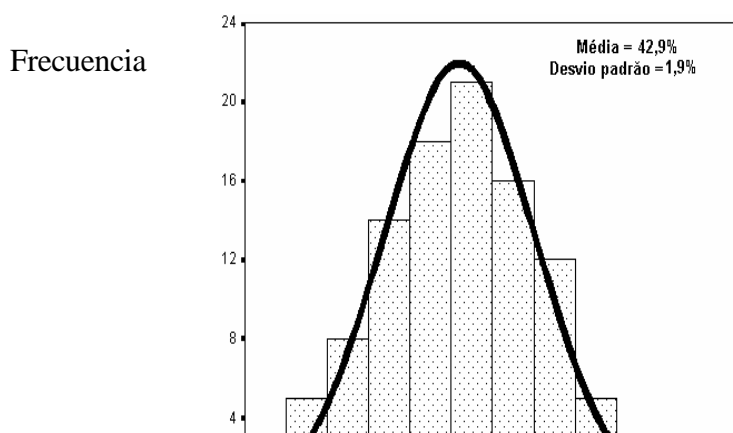


Gráfico 3: Histograma de frecuencias del Porcentaje total de la Varianza explicada por los tres primeros

Además del test de Montecarlo, se realizó un análisis de contingencia que mostró la existencia de asociación estadísticamente significativa ($p \approx 0.001$) entre la variable: Nivel Educativo y las variables: Color, Énfasis Notacional, Comunicación Visual, Estilo, Estético- Motivador y Asociativa. Además la variable Color está significativamente asociada ($p \approx 0.001$) con las variables Comunicación Visual, Énfasis Notacional, Estilo, Estético-Motivador y Asociativa. Este alto nivel de asociación, también fundamenta la pequeña probabilidad de que nuestros datos sean aleatorios.

Con el objetivo de visualizar algunas de las relaciones existentes entre las variables significativamente asociadas y sus modalidades, se presentan los siguientes gráficos obtenidos a partir de la tabla de contingencia de Burt de perfiles horizontales (Crivisqui & Villamonte, 1997). Esta tabla permite analizar como se construyen las modalidades de una variable en términos de las

modalidades de cada una de las variables relacionadas con ella. El Grafico 4 muestra que entre los textos de EGB 3, el 100% de ellos es color, mientras en el Polimodal sólo el 47% de los libros es en color y en la Universidad apenas el 20 % de los textos no es colorido. El color se relaciona claramente con el nivel al cual se dirige el texto. El Gráfico 5 muestra que para EGB 3, el 100% de los textos es motivador y realza aspectos estéticos. El 53% de los textos del nivel Polimodal, identificados con la modalidad SECU, no utiliza recursos motivacionales estéticos, mientras que entre los textos universitarios el porcentaje es similar al nivel anterior llegando al 60%.

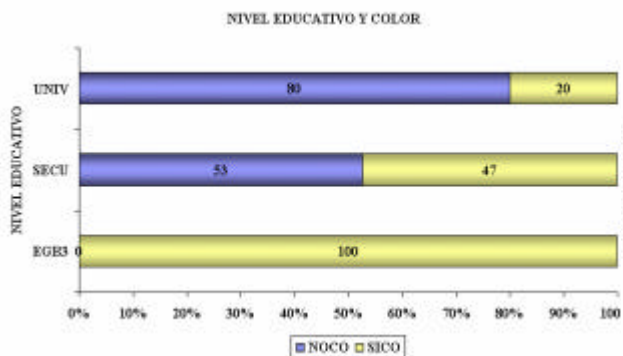


Grafico 4: Relaciones entre el uso de color y el Nivel Educativo.

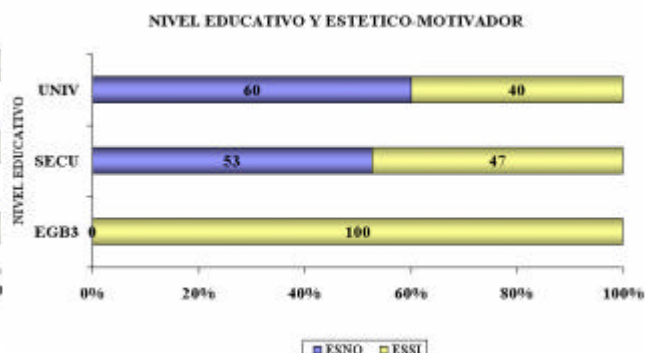


Grafico 5: Relación entre Estético-Motivador y Nivel Educativo.

El Gráfico 6 muestra que en EGB 3, sólo el 17 % de los textos usa las imágenes para ilustrar -facilitar la comprensión, en el nivel Polimodal (SECU) lo hace el 79% de los textos y en la Universidad, el 60% de los libros las usa con dicha finalidad. El Gráfico 7 muestra que en EGB 3, el 83 % de los textos enfatiza el estilo imagístico y el 17% el estilo Introdutorio, mientras no se encuentra el estilo Tradicional. En Polimodal (SECU), el 21% enfatiza el uso de imágenes, el 58 % usa imágenes de manera introductoria y el 21 % es tradicional. En la Universidad el 60 % es tradicional, el 40 % es introductorio y ninguno es imagístico. Nuevamente, el nivel orienta el uso de la imagen.

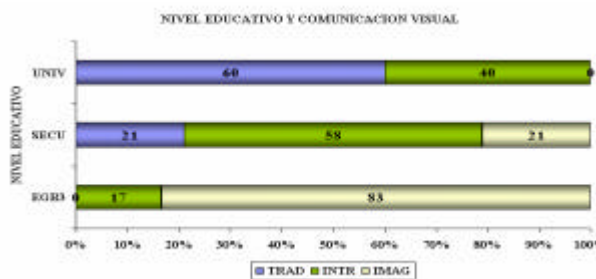


Grafico 7: Comunicación Visual y Nivel Educativo.

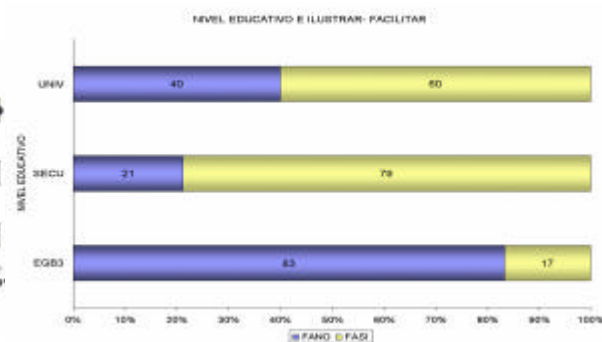


Grafico 6: Ilustrar - Facilitar y Nivel Educativo

El Gráfico 8, muestra que cuando los textos pertenecen al nivel EGB3, el 92% emplea fundamentalmente fotografías y dibujos mientras que sólo el 8 % de ellos utiliza esquemas y gráficas. En los libros para el nivel Polimodal (SECU), el 32% prefiere notaciones icónicas, y el 68 % utiliza esquemas y gráficas. Entre los libros del Nivel Universitario el 100% emplea preponderantemente como imágenes externas, esquemas y gráficas. El nivel, dirige la adopción de recursos imagísticos más pictóricos -dibujos y fotografías- o más esquemáticos y abstractos -esquemas y gráficas-.

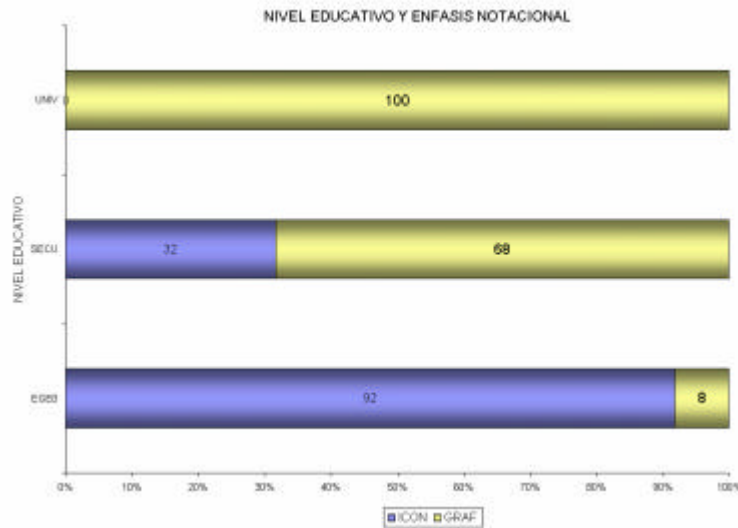


Gráfico 8: Relación entre Nivel Educativo y Énfasis Notacional

La variable Descriptiva está significativamente asociada ($p < 0.001$) con las variables Ilustrar- Facilitar y Asociativa. El Gráfico 9, muestra que cuando los textos describen poco las imágenes, el 64 % de ellos es asociativo. Si los textos describen la imagen, el 93 % no es asociativo. Descripción y Asociación tienen comportamientos opuestos.

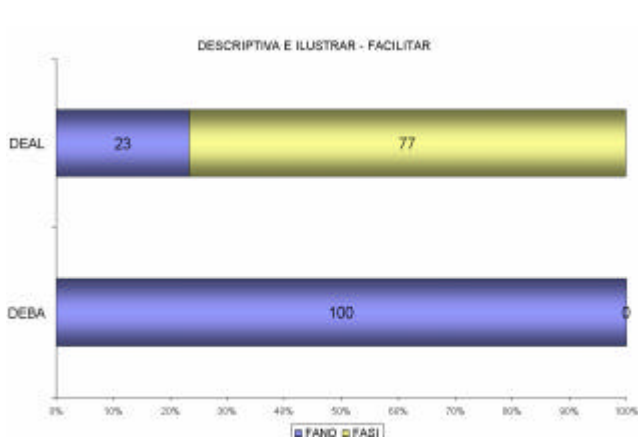


Gráfico 9: Relación entre Descriptiva y Asociativa

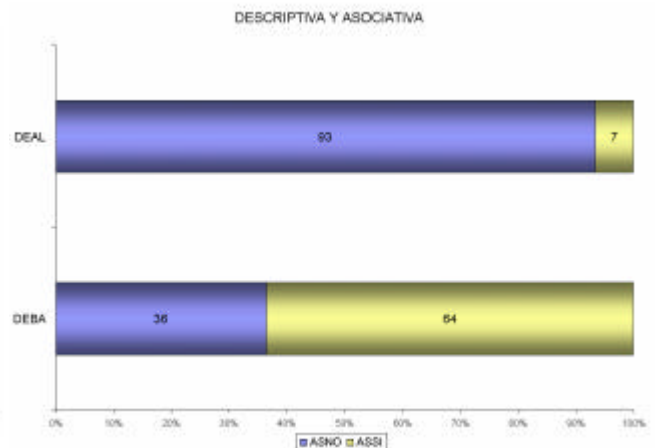


Gráfico 10: Relación entre Descriptiva e Ilustrar-Facilitar

El Gráfico 10 muestra que cuando los textos describen poco la imagen, ninguno de ellos la usa para ilustrar y facilitar sino para ornamentar y motivar. Entre los textos que describen la imagen se registra el comportamientos opuesto.

VII - Conclusiones

Las complejas y no siempre explícitas relaciones epistemológicas y cognitivas concebidas entre las imágenes externas e internas, que fueron discutidas en las tres primeras secciones de nuestro trabajo, permiten interpretar posibles orígenes de los usos de la imagen, detectados en los libros de Física analizados. Tales usos pueden derivarse de las concepciones relacionadas con la metáfora de la "figura en la cabeza" que concibe a las imágenes externas como evidentes,

transparentes y más sencillas que otras formas de representación, también los dibujos y las fotografías se usan con fines estéticos y motivadores, enfatizando aspectos perceptivos e ignorando las dificultades de la representación interna del conocimiento -que no tiene relación directa con la representación externa-. El hecho de que el Nivel Educativo al que se dirigen los textos esté significativamente asociado con las características generales de la imagen y con la relación entre imágenes y texto, es coherente con la idea de que el uso de imágenes -externas e internas- se atribuye a los niveles inferiores del desarrollo representacional. También se detecta la ausencia un uso de las imágenes externas que se corresponda con los resultados más recientes de las investigaciones cognitivas y con posturas que re-significan el papel de la imagen en las prácticas discursivas dirigidas a la comunicación del conocimiento.

Así, el Nivel Educativo al que los textos serán destinados parecería orientar el uso de los recursos visuales, el estilo de comunicación y el tipo de notaciones que se privilegian. En menor medida, el Nivel Educativo se relaciona con la adopción de un estilo hipertextual, que es una novedad de las ediciones de los últimos seis años. Por otro lado, las relaciones entre texto e imagen se establecen en dos formas básicas: el texto se sobrevalúa con relación a la imagen y predomina la descripción, o bien la imagen es preponderante y prevalece la asociación entre ella y el texto. En ambos casos, está ausente una relación de colaboración mutua entre imágenes y texto que hemos denominado "interactiva" y que sería más adecuada para facilitar una representación mental apropiada del conocimiento. Es decir que los libros de texto de Física analizados no usan las imágenes para derivar el conocimiento "encapsulado" en ellas. Sólo dos, de los cuarenta y un textos considerados, evidencian un tratamiento que relaciona las figuras con el texto, de una manera que podría calificarse como plenamente interactiva.

La relación asociativa aparece significativamente relacionada con el Nivel educativo. Los libros dirigidos a los estudiantes de menor edad y menor conocimiento en Física, son los que más "esperan" de la imagen externa y los que más la utilizan sin explicarla como si las imágenes fueran "evidentes". Al parecer, desde las perspectivas cognitivas actuales el tratamiento de los recursos visuales que se ha identificado, no reportaría demasiados beneficios cognitivos. El análisis revela que en los libros considerados, las imágenes externas se utilizarían sin explotar su enorme potencialidad y de modo poco controlado en los tres niveles, pero fundamentalmente en EGB 3. En los textos para el nivel Universitario tampoco se advierte que las imágenes se utilicen con relación a su potencialidad, pero se reconoce un tratamiento más cauteloso y riguroso. Los innegables esfuerzos invertidos en el diseño de una cantidad importante de materiales educativos que enfatizan el uso de imágenes (Astolfi, 1988; Jacobi, 1988), sobre todo para facilitar el acceso de los estudiantes de menor edad y/o preparación al conocimiento físico (Arnaud, 1988) no parecen obtener los resultados pretendidos (Duchastel, 1988; Giordan, 1988).

Nuestros alumnos están rodeados por imágenes e informaciones (Rickenmann, 2001), sin embargo, en general pocos estudiantes parecen representar internamente de manera adecuada el conocimiento relevante y usarlo en situaciones que requieren máxima transformación (Greca y Moreira, 1997, 1998, 2000; Otero, Greca y Silveira, 2002) . Como se ha señalado en las secciones iniciales, el sistema cognitivo tiene una tendencia a la economía y a la selectividad, la construcción de modelos mentales a partir del discurso esta perceptivamente dirigida y los modelos se construirían más fácilmente cuando se reducen las ambigüedades. Es posible que la sobreabundancia de imágenes encontrada en muchos de los textos analizados, no colabore en la construcción de modelos, y sin ellos, no es posible comprender, ni razonar, ni generar representaciones mentales más estables. En consecuencia, deberíamos investigar en qué medida los textos con elevada carga visual -aun cuando sean muy bellos- favorecen la comprensión.

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 en 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 (ej.: cuando se realiza un análisis gramatical de la estructura de un texto, aplicando correctamente las reglas del análisis sintáctico). 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.

Como se ha señalado en la introducción, la investigación psicológica establece que las imágenes externas pueden contribuir en una variedad de tareas cognitivas complejas, la cuestión es ¿en cuáles de ellas?, ¿cuáles imágenes?, ¿cuántas?, ¿cómo hay que utilizarlas?, ¿en qué momentos y situaciones?, ¿colaboran las imágenes externas con la visualización mental de una situación física?, ¿es adecuado el uso de materiales de simulación para colaborar con la comprensión de fenómenos físicos?, ¿mejora el desempeño de los estudiantes de física cuando el profesor utiliza muchas imágenes?.

La respuesta a las preguntas anteriormente formuladas requieren considerar que desde la investigación en Psicología Cognitiva se está mostrando que la relación entre la visualización mental (imaginamiento físico) y la generación de imágenes mentales no es directa ni inmediata y que estos procesos, exceden considerablemente el procesamiento de imágenes externas (Shwartz, 1999; Johnson- Laird, 1996). Saber cuánto y de qué manera, las representaciones visuales externas usadas para enseñar, pueden contribuir al imaginamiento físico y a la comprensión en física, genera nuevos desafíos interdisciplinarios a la Investigación en Enseñanza de las Ciencias.

Bibliografía

- ARNAUD, P. (1988) *Forme et fonction des elements figuratifs dans la littérature didactique en chimie*. Bulletin de Psychologie, XLI, Nro. 386, 577-582.
- ASTOLFI, J.P.; GINSBURGER-VOGEL, Y.; PETERFALVI, V. (1988) *Aspects de la schématisation en didactique des sciences*. Bulletin de Psychologie, XLI, Nro. 386, 694-700.
- AUSUBEL D., NOVAK J., HANESIAN H. (1983) *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas. Mexico.
- BACHELARD, G. (1969) *La formación de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- BARLOW H. (1990) *Images and Understanding*, Cambridge: Cambridge University Press.
- BARWISE, J. & ETCHEMENDI, J. (1992) *Hyperproof: Logical reasoning with diagrams*. In N. H. Narayanan (Ed.) *AAAI Symposium on reasoning with diagrammatic Representations* pp. 8-40, Stanford, CA.
- BAUER M. I. & JOHNSON-LAIRD, P. (1993) *How diagrams can improve reasoning?*. Psychological Science, 4, 372-378.

- BENZÉCRI, J. P. (1980) *Practique de l'Anályse des Donneés T 1 y 2*. Paris, Dunod.
- BOSCH i CASABÓ M. (1994) *La dimensión ostensiva en la actividad matemática. El caso de la proporcionalidad*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- BOWER, G. H. (1970) *Organizational Factors In Memory* . Cognitive Psychology 1, 18-46.
- BOWER, G. H. (1972) *Mental Imagery and Associative Learning*. En GREGG, L. W. Cognition in Learning and Memory. Wiley & Sons.
- BRUNER, J. S. (1966) *Toward a theory of instruction*. Cambridge Mass.: Harvard University Press.
- BRUNER, J. S., OLVER, R. R., GEENFIELD, P.M. ET. AL. (1966) *Studies in cognitive growth*. NY, Wiley.
- BUGELSKI, B. R. (1974) *Images as mediators in one-trial paired associate learning*. III Sequential functions in serial lists. *Journal Experimental Psychology*, 103, 298-303.
- CHEVALLARD, I. *La Transposición Didáctica. Del saber sabio al Saber enseñado*. Editorial Aique, 1999.
- CISIA. SPAD. 3.5 (1998) Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées, Francia.
- CRIVISQUI E. & VILLAMONTE G. (1997) *Presentación de los métodos de análisis factorial de correspondencias múltiples*. PRESTA Programme de recherche et d'enseignement en statistique appliqué, Bruxelles, Belgique.
- da SILVA CARNEIRO, M. H. (1997) *As Imagens no livro Didático* Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, pp 366- 373, Brasil.
- DAVIS, P. J. *Visual theorems*. (1993) Educational Studies in Mathematics, 24: 333-344.
- DENIS, M (1989) *Image et cognition*, Paris: PUF.
- DENIS M. ET DE VEGA M. (1990) "Modèles mentaux et imagerie mentale", in Ehrlich M. F. *et al, Les modèles mentaux: Approches cognitives des représentations*, Paris: Masson, p. 79-100.
- DENIS, M. (1996) *Imagery and the Description of Spatial Configurations* in: Models of Visuospatial Cognition, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap 4 pp 128-197, New York, Oxford, Oxford University Press.
- de GUZMÁN M. (1996) *El Rincón de la Pizarra, Ensayos de Visualización en Análisis Matemático Elementos del Análisis*. Editorial Pirámide, España.
- de VEGA, M. (1984) *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Alianza Editorial. Madrid.
- de VEGA M. & MARSCHARK, M. (1996) *Visuospatial Cognition: An Historical and Theoretical Introduction*. En de VEGA, M., INTONS PETERSON M. J, JOHNSON-LAIRD P., DENIS M., MARSCHARK, M. *Models of Visuospatial Cognition*. New York, Oxford, Oxford University Press.

- de VEGA, M., INTONS PETERSON M. J, JOHNSON-LAIRD P., DENIS M., MARSCHARK, M. (1996) *Models of Visuospatial Cognition*. New York, Oxford, Oxford University Press.
- DREYFUS, T. (1992) *Imagery and Reasoning in Mathematics and mathematics Education*, ICME-7, Selected lectures, 107-123. Les Presses de l' Université Laval.
- DUCHASTEL, P. C. (1981) *Illustrations in text: a retentional role*. Programmed Learning and Educational Technology, 18 (1), 11-15.
- DUCHASTEL, P. C. (1988) *Roles cognitifs de l' image dans l'apprentissage scolaire*. Bulletin de Psychologie, XLI, Nro. 386, 668-671.
- FRIEDMAN, A. & BOURNE, L. E. Jr. (1976) *Encoding the Levels of Information in Pictures and Words*. *Journal of Experimental Psychology General*, 105, 2, 169-190.
- GIORDAN, A. (1988) *Les enzymes de l' estomac concassent, pétrissent, malaxent la nourriture ou...préalables pour une didactique de l' image*. Bulletin de Psychologie, XLI, Nro. 386, 672-686, 1988.
- GLENBERG, A. & LANGSTON W. E. (1992) *Comprehension of Illustrated text: Pictures Help to build mental models*. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151.
- GRECA, I. M. *Tipos de representações mentais - modelos, proposições e imagens - utilizadas por estudantes de física geral sobre o conceito de campo eletromagnético*. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Física - UFRGS. 1995. Diss. maestr. Física.
- GRECA, I.; MOREIRA M. A. (1997) The kinds of mental representations- models, propositions and images- used by college physics students regarding the concept of electromagnetic field. *International Journal of Science Education*, 19 (6): 711-724.
- GRECA, I. M, MOREIRA, M. A. (1998) Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 289-303.
- GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. (2000) Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, London, v. 22, n. 1, p. 1-11, Jan.
- HOLTON, G. *On trying to understand Scientific genius*. *American Scholar*, 41,95-110, 1972.
- INTONS PETERSON, M. J. (1996) *Integrating the Components of Imagery* in: *Models of Visuospatial Cognition*, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird, Michel Denis y Marc Marschark, Cap 2 pp 20-89, New York, Oxford, Oxford University Press.
- JACOBI, C. (1988) *Les images et la vulgarisation scientifique*. Bulletin de Psychologie, XLI, Nro. 386, 559-570.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1983) *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1990) *El ordenador y la mente*. Barcelona: Ed. Paidós.
- JOHNSON-LAIRD, P. (1996) *Images, Models, and Propositional Representations*, in: *Models of Visuospatial Cognition*, Manuel de Vega, Margaret Jean Intons Peterson, Philip Johnson-Laird,

Michel Denis y Marc Marschark, Cap 3 pp 90-126, New York, Oxford, Oxford University Press.

KOSSLYN S. AND BOWER, G. H. (1974) *The role of imagery in sentence memory: a developmental studie*. Child Development 45: 30-38.

KOSSLYN, S. (1986) *Image and Mind*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

KOSSLYN, S. (1996) *Image and Brain*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

LARKIN, J. & SIMON, H. (1987) *Why a diagram is (sometimes) worth 10000 words?*. Cognitive Science, 11, 65-99.

LAGRECA, M. do C. B., MOREIRA, M. A. (1999) Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de física geral na área de mecânica clássica e possíveis modelos mentais nessa área. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 202-215.

LEBART, L.; MORINEAU A.; FENELON, J. P. (1985) *Tratamiento Estadístico de Datos* Marcombo, Barcelona.

LEBART, L.; MORINEAU A. SPAD (1994) *Système portable d'Analyse des Données Numeriques*, CISIA, Saint Mandé.

MARSCHARK, M (1985) *Imagery and organization in the recall of prose*. Journal of Memory and Language. 24, 734-745.

MARSCHARK, M., RICHMAN, C. L., YUILLE, J. C. & HUNT, R. R. (1987) The role of imagery in memory: On shared and disctintive information. *Psychological Bulletin*, 102, 28-47.

MARSCHARK, M. & HUNT, R. R. (1989) A re-examination of the role of imagery in learning and memory. *Journal of experimental Psychology: Laerning, Memory and Cognition*, 15, 710-720.

MARSCHARK, M. & SURIAN, L. (1992) *Concreteness effects in free recall: The effects of relational and distinctive information*. Memory & Cognition, 20, 612-620.

MOREIRA M. (1996) *Modelos Mentais*. Publicado en la revista electrónica Publicaciones en Investigación en Enseñanza de las Ciencias Vol 1, Nro 1. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

MOREIRA, M. A., LAGRECA, M. do C. B. (1998) Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 3, n. 2 p. 83-106. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

MOREIRA M. A. (2000) *Subversive meaningful learning* Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, pág. 33-45, Lisboa, Peniche.

NELSON, D. L., REED, V. S., MC EVOY, C. L. (1977) *Learning to order pictures and words: A model of sensory and semantic encoding*. J. of Experimental Psychology Human Learning and Memory, 3, 5, 485-497.

NORMAN, D. A. (1983) *Some observations on mental models*. In Getner, D. and Stevens, A. L.(Eds.). Mental Models. Hillsdalle, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- NORMAN, D. A. & RUMELHART, D. (1975) *Explorations in Cognition*. San Francisco: Freeman.
- NOVAK J. D. Y GOWIN B. D. (1988) *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca.
- OTERO, M. R.; PAPINI, M. C. ELICHIRIBEHETY, I. (1998) *Las representaciones mentales y la resolución de un problema: un estudio exploratorio*. Revista Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. Instituto de Física, Universidad Federal de Rio Grande do Sur, Porto Alegre ,Brasil.
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol3/n1/7indice.htm>.
- OTERO, M. R y BANKS LEITE L. (1998) *Buscando Modelos Mentales*, Disertación de Maestría, Fac. Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro.
- OTERO, M. R (1999 a) *Representaciones Mentales y Significados en el Aprendizaje de la Física*. Proyecto de Tesis de Doctorado. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España.
- OTERO, M.R. (1999 b) *Psicología Cognitiva, Representaciones Mentales e Investigación en Enseñanza de las Ciencias* Artículo Invitado. Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. Instituto de Física, Universidad Federal de Rio Grande do Sur, Porto Alegre, Brasil.**
http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol4/n2/v4_n2_a2.htm
- 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* . Aceptado para publicación en la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Vigo, España.
- PAIVIO, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York.
- PIAGET, J. Y INHELDER, B. (1971 a) *El Desarrollo de las Cantidades en el Niño*.
- PIAGET, J. Y INHELDER, B. (1971 b) *Mental Imagery in the Child*. New York: Basic Books.
- POSTMAN L. (1978) *Picture Word Differences in the acquisition and retention of paired associates*. Journal of experimental Psychology, 4(2), 146-157.
- RICKENMANN, R (2001) *Distancias y cercanías académicas en la web: la mutua influencia del contexto y de la actividad*. III Simposio Internacional de Educación a Distancia, Bogotá, Colombia.
- RODRÍGUEZ PALMERO M. L. (2000) *Modelos Mentales De Célula: Una Aproximación A Su Tipificación Con Estudiantes De Cou*. Tesis Doctoral, La Laguna, Tenerife, España.
- ROSENBERG S. (1977) *The separation and integration of related semantic Information*. En NICHOLAS, J. M. (ED) *Images Perception and Knowledge*. Ruidel Publishing Company.
- SHEPARD, R. & COOPER (1982) *Mental Image and their transformations*. Cambridge, Mass. MIT PRESS.
- SHIN, S. J. (1994) *The Logical Status of Diagrams*, Cambridge University Press.

- SCHNORR, J. A. & ATKINSON, R. C. (1969) *Repetition versus imagery instructions in the short and long term retention of pairs associates*. *Psychonomic Science*. 15, 183-184.
- SCHWARTZ, D. & MOORE, J. (1998) *On the role of Mathematics in Explaining Material World: Mental Models for Proportional Reasoning*. *Cognitive Science*, 22 (4): 441-516.
- SCHWARTZ, D. (1999) *Physical Imagery: Kinematic versus Dynamic Models*. *Cognitive Psychology*, 38, 433- 464.
- SUTTON, C. (1992) *Words, Science and learning*. Buckingham: Open University Press.
- van DIJK, T. A. (1992) *Cognição, Discurso e Interação*. Editora Contexto, S. Paulo.
- VEZIN J.-F, VEZIN L. (1988) *"Illustration, schématisation et activité interprétative"* in *Bulletin de Psychologie*, XLI, 386, pp. 655-666.
- ZIMMERMANN, W., CUNNINGHAM, S. (eds.) (1991) *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*. Mathematical Association of America, Washington.

Recebido em 27.04.2002

Aceito em 18.06.2002

Anexo I

| Tabla II | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|------|----------|
| 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 TEC. | PERLMUTER, S. | AIQUE | 1998 | T6-EGB3 |
| CIENCIAS NAT. | RUBINSTEIN, J. | A-Z | 1997 | T7-EGB3 |
| EL LIBRO DE LA NATURALEZA | 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 | FEYNMAN | FONDO EDUCATIVO INT | 1971 | T40-UNIV |
| FUNDAMENTOS DE FISICA | SEARS-ZEMANSKY | AGUILAR | 1960 | T41-UNIV |