

VNIVERSITAT  VALÈNCIA

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA
DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS



PRESENCIA DE IDEAS ALTERNATIVAS EN IMÁGENES DE DISTINTOS MEDIOS

Trabajo de investigación

Trabajo de fin de máster realizado por:

D. Vicent Puig Rotglà

Dirigido por:

Dr. Jaime Carrascosa Alís

Valencia, 2010

PRESENCIA DE IDEAS ALTERNATIVAS EN IMÁGENES DE DISTINTOS MEDIOS

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
	2.1.- La utilización de la imagen en la enseñanza de las ciencias.	9
	2.2.- Los errores conceptuales presentes en las imágenes.	13
	2.2.1.- Errores conceptuales presentes en los cómics e historietas.	15
	2.2.2.- Errores conceptuales presentes en recortes de prensa y otros medios de comunicación.	16
	2.2.3.- Errores conceptuales presentes en libros de texto.	18
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
IV.	HIPÓTESIS DE TRABAJO	31
	4.1.- En los cómics e historietas se presentan a menudo situaciones en las que se dan errores conceptuales, principalmente en aquellas situaciones más relacionadas con el campo de la mecánica, por ser este el dominio de la física más ligado a las experiencias sensoriales.	32

4.2.- En los recortes de prensa y otros medios de comunicación se deslizan a menudo graves errores conceptuales.	35
4.3.- Hay un porcentaje muy elevado de ilustraciones en los libros de texto que son meramente decorativas, y además, en algunas de las imágenes se cometen, a veces, errores conceptuales que apoyan la existencia de ideas alternativas muy importantes presentes en nuestros alumnos y ya conocidas por los investigadores en didáctica de las ciencias. Y aunque dichas ilustraciones estaban ya presentes en algunos libros de texto de B.U.P. y C.O.U., también las detectaremos en los libros actuales de E.S.O. y bachillerato, aunque quizás en menor medida.	37
V. DISEÑOS EXPERIMENTALES	41
5.1.- Diseño experimental para la primera hipótesis sobre ideas alternativas en cómics e historietas.	50
5.2.- Diseño experimental para la segunda hipótesis sobre ideas alternativas en prensa y otros medios de comunicación.	52
5.3.- Diseño experimental para la tercera hipótesis sobre ideas alternativas en libros de texto de la enseñanza preuniversitaria como son el antiguo B.U.P. y C.O.U. y la actual E.S.O. y bachillerato.	53

VI.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	55
6.1.-	Presentación y análisis de resultados del primer diseño experimental sobre ideas alternativas en cómics e historietas.	56
6.2.-	Presentación y análisis de resultados del segundo diseño experimental sobre ideas alternativas en prensa y otros medios de comunicación.	68
6.3.-	Presentación y análisis de resultados del tercer diseño experimental sobre ideas alternativas en libros de texto de la enseñanza preuniversitaria como son el antiguo B.U.P. y C.O.U. y la actual E.S.O. y bachillerato.	72
VII.	CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	85
VIII.	ANEXOS	91
Anexo I:	Viñetas de cómics en las que se incurre en errores conceptuales.	93
Anexo II:	Errores conceptuales presentes en los libros de la actual E.S.O. y bachillerato.	101
Anexo III:	Ilustraciones presentes en los libros de la actual E.S.O. y bachillerato para trabajar errores conceptuales originados por ideas alternativas.	139

Anexo IV: Errores conceptuales presentes en los libros del antiguo B.U.P. y C.O.U.	189
Anexo V: Ilustraciones presentes en los libros del antiguo B.U.P. y C.O.U. para trabajar errores conceptuales originados por ideas alternativas.	205
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227

I. INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.

Las representaciones externas de carácter pictórico ocupan un espacio creciente en los materiales que se proponen y utilizan para enseñar ciencia, sobre todo si se los compara con los utilizados hace una década en los cuales aparecían pocas fotografías, dibujos, diagramas, gráficos, historietas, infografías (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, se ha modificado la relación entre la información visual e información verbal, llegándose a producir una sustitución de palabras por imágenes con efectos educativos cuyo impacto merece estudiarse, tanto para los profesores, como para los estudiantes y los materiales que se usan para enseñar (Otero y Greca, 2004).

La investigación en Didáctica de las Ciencias sobre las imágenes externas y su uso docente es relativamente reciente y se plantea desde enfoques diferentes aunque complementarios (Stylianidou y Ogborn, 2002; Pintó, 2002; Testa, 2002; Otero, 2002; Otero, Moreira y Greca 2002; Otero, Greca, Silveira, 2003; Otero y Moreira, 2003; Otero y Greca, 2004).

Por otro lado, la representación de la ciencia y su entorno en otros medios como la televisión, la prensa, los cómics, la radio... no coincide con la realidad. Prueba de ello es que durante años, los científicos han sido representados como hombres de raza blanca, de avanzada edad, estrambóticos, solitarios,... Poco a poco, esto ha ido cambiando hasta ajustarse un poco más a la realidad.

A pesar de ello, se sigue teniendo una imagen distorsionada de la ciencia, lo que representa un serio obstáculo para el aprendizaje de la misma a causa de las ideas que tienen los alumnos sobre la validez y fiabilidad del conocimiento científico.

A esto hay que sumarle que los procesos del conocimiento son procesos mediatizados por el lenguaje (Vigotsky, 1996). Un símbolo, una figura, un esquema, una gráfica o una ilustración pueden ser representaciones de leyes físicas. Sin embargo, estas visualizaciones y el significado que los estudiantes les atribuyen, en ocasiones no son coherentes con los significados científicamente correctos. Esta falta de congruencia entre lo que los estudiantes piensan y las ideas científicas causa conflictos en la comprensión y aceptación de los conocimientos científicos.

En didáctica de las Ciencias, el término **error conceptual** es una respuesta equivocada que afecta a un concepto científico determinado y que responde a la existencia en la mente del sujeto que lo expresa de una representación de dicho concepto que es diferente a la aceptada dentro del cuerpo teórico de conocimientos científicos en el que está trabajando (**idea alternativa**). Dicha representación se caracteriza, a menudo, por aquel tipo de conocimiento precientífico formado según Albaladejo y Caamaño (1992) y Pozo (1996) por las experiencias y observaciones de la vida cotidiana, el profesorado, los libros y otros materiales escolares, la interferencia del lenguaje cotidiano y el científico, los medios de comunicación, y la cultura propia de cada civilización.

Tengan el origen que tengan, estas concepciones alternativas suponen en muchos casos una seria dificultad para el aprendizaje de las ciencias. Así pues, entenderemos por ideas alternativas al conjunto de conocimientos contruidos por los estudiantes, diferentes de los científicos, que persisten en el tiempo y representan su modo particular de interpretar el entorno permitiéndoles actuar en distintas circunstancias.

Por ello, todas las investigaciones realizadas en este campo tienen sentido en la medida en que la información disponible a día de hoy pueda convertirse en una herramienta útil para diseñar actividades de aprendizaje más eficaces.

En primer lugar, se trata de establecer el punto de inicio para un proceso de enseñanza que permita avanzar a los estudiantes en el desarrollo conceptual de los contenidos elegidos (Carrascosa y Gil, 1992; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Duit, 2003; Furió et al., 2006), pues el aprendizaje es como una construcción activa de significados por parte del estudiante, que conoce el mundo a través de sus propias ideas y expectativas (Driver, 1988; Gil, 1986; Pozo, 1992), por lo que el significado que se dé a la nueva información estará condicionado por las concepciones y conocimientos previos que tenga el alumno.

Por tanto, lo que aprende un estudiante no dependerá solamente de la enseñanza del profesor, sino de las ideas previas que tenga, de las estrategias cognoscitivas de que disponga y de sus propios intereses personales. De modo que, en segundo término, el conocimiento de dichas concepciones ayudará al profesorado a diseñar acciones que permitan organizar y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Furió y Gil, 1999; Guisasola y

P. de Eulate, 2001). Por tanto, situamos este trabajo dentro de un marco constructivista del aprendizaje que se caracteriza, en general, por la necesidad de entender las ideas y creencias que los estudiantes de secundaria y bachillerato poseen cuando estudian ciencias, para utilizar posteriormente este conocimiento en el diseño de una programación y de las estrategias a aplicar en un aula (Treagust et al., 1996; Gil et al., 2002).

En este trabajo nos interesa analizar la presencia de ideas alternativas en imágenes (diagramas, ilustraciones, dibujos, fotos, esquemas...) de distintos medios (libros de texto, prensa, revistas, cómics, publicidad...), y como estas contribuyen en apoyar algunos de los errores conceptuales importantes que tienen los alumnos y, posteriormente, utilizar esas mismas imágenes para cuestionar las ideas alternativas que les llevan a cometer esos errores.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

Una de las cosas que caracteriza la sociedad actual es la imagen. Vivimos inmersos entre imágenes que se producen y circulan en distintos ámbitos, en las cuales existen enormes cantidades de información, como por ejemplo las que aparecen en la televisión, internet, revistas o publicidad. De modo que la escuela se ve atrapada entre las restricciones que se originan en las formas de comunicación puesto que son muy utilizadas por los estudiantes. Dichas restricciones, acaban por afectar nuestra actividad como docentes, y más todavía si tenemos presente que no contamos con los medios adecuados dentro del aula.

Nuestra sociedad, aparece a veces descrita como “sociedad del conocimiento”. En dicho conocimiento, existe una parte significativa que se canaliza en un formato visual, sin que ello despierte un gran interés entre los educadores. No obstante, también existen síntomas de que algo se mueve en dicho terreno visual y que comienza a preocupar: es incuestionable la influencia de la imagen en nuestra sociedad, por lo que podemos aprovecharnos didácticamente del inmenso potencial que ello supone.

De ahí que en los últimos años se hayan realizado investigaciones sobre este tema identificando las diferentes funciones que cumple la información que se puede obtener de las imágenes. Las mismas pueden ser útiles para llamar la atención de quien lee, para introducir un tema, adornarlo, presentar datos, reforzar información, elaborar información, simplificar información compleja, ilustrar conceptos abstractos expresando relaciones espaciales, temporales y funcionales para facilitar la comprensión y apren-

dizaje de la información,... (Hunter, Crismore y Pearson, 1987 en Postigo y Pozo, 1999).

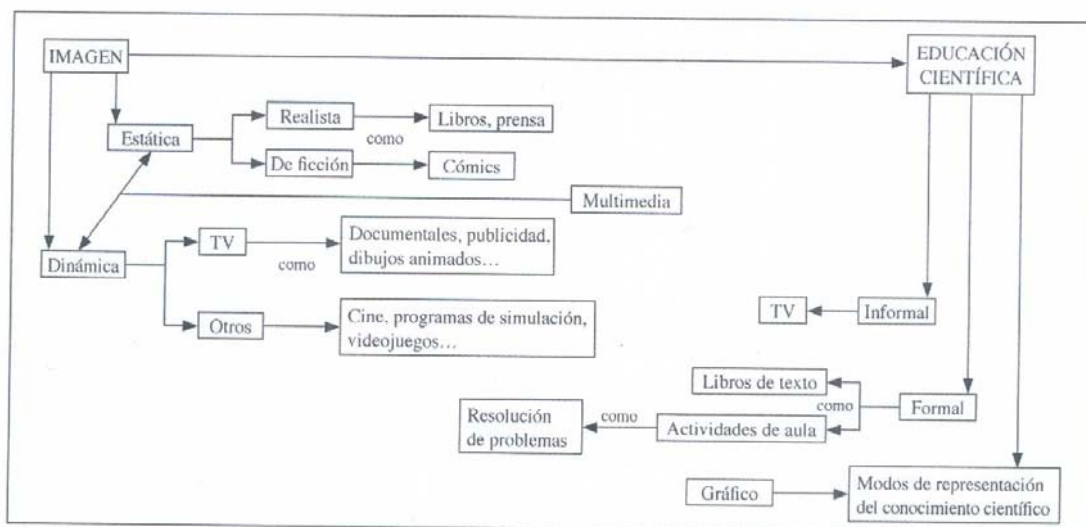
2.1.- LA UTILIZACIÓN DE LA IMAGEN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.

“La reflexión sobre el papel de <<una imagen vale más que mil palabras>>, es si esto es cierto en todas las ocasiones. ¿Qué tiene que ocurrir en nuestra mente para que unas líneas sobre un papel o sobre una pantalla nos evoquen la idea que el diseñador ha tratado de comunicar? ¿Cómo se construye el significado de una imagen?” (Pintó, 2002).

¿Realmente es posible afirmar que las imágenes facilitan siempre la comprensión y la memorización de la información? Consideramos que este procedimiento presenta varias ventajas frente a otro tipo de indagaciones. Según Jiménez y Perales (2002), la utilización de las imágenes tiene más beneficios que el texto escrito. En primer lugar, permite una lectura en superficie aportando variada información al mismo tiempo, a diferencia de la lectura secuencial que se hace de los textos (Moles, 1991). En segundo lugar, es “polisémica” por lo que resulta difícil conocer qué respuesta aportará cada alumno, puesto que no existen respuestas únicas ni relaciones exclusivas entre los elementos al analizar una imagen.

Por lo tanto, parece suficientemente contrastado que el modo de procesamiento de la información contenida en las imágenes representa ciertas ventajas frente a la lectura de los textos, ya que permite una lectura en superficie, es decir, no está limitada por la lectura secuencial característica del lenguaje verbal (Moles, 1991).

Así pues, dado que nos preocupa el papel de la imagen en su relación con la educación científica, recordaremos el nivel de jerarquía entre ambos términos dado por Perales (2006).



Esta especificidad de la imagen, como instrumento de comunicación abierto o ambiguo, plantea un problema educativo de primer orden que afecta a los editores, a los profesores que lo usan y al propio alumno.

A este respecto, cabe citar el metaestudio publicado por Levie y Lentz en 1982 en el que, aunque se recogen evidencias experimentales de que las imágenes tienen un efecto positivo sobre el aprendizaje, éste es muy específico y no cabe atribuirle un valor universal. Como resumen, los autores manifiestan que las ilustraciones mejoran el recuerdo y facilitan la comprensión de textos en los que se describen las relaciones entre diversos elementos siempre que aquellas muestren esas relaciones. Ahora bien, cuando son complejas, requieren una ayuda suplementaria para poder interpretarlas y beneficiarse de ellas.

Investigaciones posteriores (Mayer y Gallini, 1990; Mayer 1994; Mayer et al., 1996) han corroborado la especificidad de la ayuda que suponen las imágenes en los libros de texto y consecuentemente han descartado alguno de los mitos “populares” al respecto de las ilustraciones. Entre estos destacamos la falsa idea de que los libros ilustrados mejoran la “motivación” hacia el estudio (Levie y Lentz, 1982) y de que son una buena “ayuda” para los alumnos peor dotados intelectualmente (Mc Daniel y Waddill, 1994). Esta función de las imágenes de “atracción” es válida para el mundo de la publicidad o de la comunicación informal, donde la imagen actúa como cebo, pero en el ámbito de la enseñanza carece de justificación empírica.

Tampoco debemos olvidar otros roles significativos jugados por la imagen estática en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Aster 1996). Por citar algunos, se ha identificado mediante análisis de tebeos la imagen de la ciencia (Gallego et al., 2001), se ha enseñado con caricaturas cómicas (Corner y Romero, 1998) o viñetas conceptuales (Keogh y Taylor, 1998), se han analizado las ilustraciones elaboradas por los estudiantes a partir de muestras microscópicas (Diaza de Bustamante y Jiménez, 1996), se ha inducido a los estudiantes a modelizar a través de las viñetas de tebeos (Gutiérrez, 1994) o se han utilizado en pruebas de diagnóstico de las ideas previas de los alumnos, por ejemplo, las *interview-about-instances*, de Osborne y Gilbert (1980).

Por otro lado, Carney y Levin (2002), centrándose en las ilustraciones que acompañan a los textos, retoman un “metaanálisis” (Levin et al., 1987), donde, a partir de la clasificación de diversas funciones de las ilustraciones (decorativa, representativa, organizativa, interpretativa y transformacional)

evalúan su incidencia en el aprendizaje de los textos (Levin, 1981). Los resultados mostraron un efecto nulo para la función decorativa y uno creciente en el siguiente orden: representativa, organizativa, interpretativa y transformacional; por ejemplo, cuanto más difícil de comprender, más ayuda la ilustración, lo que apoya la investigación de Weidenmann (1989) que habla del peligro de que las ilustraciones sean vistas como algo fácil y, por tanto, de que se observen de forma superficial.

A pesar de ello, las ilustraciones que aparecen en los libros de texto de educación secundaria vienen a ocupar en torno al 50% de su superficie. Lo que hace que dichas imágenes influyan mucho a la hora de decidir la elección de un libro de texto frente a otras posibles, algo que conocen bien las editoriales a través de sus estrategias de marketing (la presencia de imágenes profusamente coloreadas y llamativas atrae la atención del lector primerizo).

Así pues, dado la creciente abundancia de las ilustraciones en los libros de texto en los últimos años, en el mundo de la psicología se despertó el interés, especialmente en su vertiente aplicada a la educación. Así, por ejemplo, las revistas *educational Psychology Review* y *Learning and Instruction* han dedicado sendos monográficos en los últimos años (vol. 14, núm. 1, 2002, la primera; vol. 13, núm. 2, 2003, la segunda) a abordar esta temática desde diferentes perspectivas.

En el editorial de la primera revista (Guest Editorial, 2002) se resalta la importancia de las imágenes para el procesamiento de la información de los aprendices, y se apunta el potencial que poseen incluso los textos gráficos organizados espacialmente, tales como los mapas conceptuales o los

organizadores gráficos. Así mismo, denuncia la escasa utilización que se hace de este potencial en los centros de enseñanza.

Por todo esto, volviendo al campo de la didáctica de las ciencias experimentales, debemos advertir la escasez de referencias bibliográficas relativas al uso de estrategias basadas en el trabajo con imágenes para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en particular, y del papel de las imágenes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en general.

2.2.- LOS ERRORES CONCEPTUALES PRESENTES EN LAS IMÁGENES.

Las imágenes se han utilizado comúnmente cuando se enseña ciencias, de manera espontánea y acrítica (Otero, 2004), lo que ha hecho que en los últimos tiempos cobre gran importancia la investigación sobre el uso de las ilustraciones en este área. Perales (2006) realizó una amplia recopilación de los aportes que diversos autores hicieron sobre este tema. Entre ellos se pueden destacar, las indagaciones sobre el uso y la pertinencia de las ilustraciones en los libros de textos escolares (Perales y Jiménez, 2002, 2004; Jiménez y Perales 2002), la mejor forma de incorporar ilustraciones en un texto (Mayer, 2001) y la utilización didáctica de los errores incluidos en historietas, prensa, novelas y libros de texto (Carrascosa, 2006).

La imagen es un instrumento de comunicación abierto o ambiguo y la interpretación de la ilustración es subjetiva. Por lo tanto, entendemos que es el observador el que dota de significados a la imagen, de ahí que resulte

difícil predecir cuál va a ser el razonamiento que sobre ella se vaya a realizar.

Alguna de las cualidades estéticas de la imagen interviene de forma decisiva en la interpretación que se hace de la misma por parte del observador, de manera que puede apoyar o bien ser un obstáculo para la comunicación de las ideas de la ciencia. Por ello, es importante tener en cuenta las ideas alternativas que tienen los estudiantes respecto al tema, así como las posibles interpretaciones de los elementos gráficos que se utilizarán.

De modo que, a la hora de introducir imágenes en la enseñanza de las ciencias, hay que tener mucho cuidado con la elección de las mismas. Hemos de valorar primero su idoneidad puesto que si no tenemos en cuenta esto, debido a la polisemia por la que se caracteriza la interpretación de las imágenes, éstas pueden contribuir de forma negativa sobre el aprendizaje de los alumnos, pues es posible que los estudiantes vean reforzadas sus concepciones previas.

Por ello, la corrección científica debe ser de las principales preocupaciones en la utilización de las imágenes. Todavía se pueden encontrar frecuentes errores conceptuales e inconsistencias (Lehrman, 1982; Bauman, 1992 a, 1992 b, 1992 c; Iona 1987; Fensham y Kass, 1988; Michael Machado et al., 1994; Slisko y Dykstra, 1997; De Jong, 1988; Slisko, 2000). De no ser así, errores conceptuales presentes en imágenes pueden, si no son cuestionados, apoyar ideas alternativas de una forma muy efectiva.

2.2.1.- ERRORES CONCEPTUALES PRESENTES EN LOS CÓMICS E HISTORIETAS.

Los cómics y las historietas podrían constituir unos instrumentos especialmente indicados para estudiar las ideas alternativas que poseen los estudiantes. Una cuidadosa revisión nos ha permitido constatar que esta utilización de los cómics y las historietas es, aunque abundante, bastante reciente (Gallego, 2002; González, 2006, 2007; Carrascosa, 2006; Gil, Carrascosa y Gallego, 2000).

Durante los últimos años ha ido surgiendo el interés por valorar los cómics y las historietas, no sólo desde el punto de visto físico (como ha sido nuestro caso), sino también por ejemplo, desde el punto de vista de los valores ambientales que transmiten (Kim, 1994), de las visiones deformadas de la ciencia (Gallego, 2002) o de las interpretaciones que hacen los niños al leerlos (Pertíñez, 2005).

Los conceptos científicos están expuestos a diversos agentes externos, entre los que se encuentran los cómics y las historietas, los cuales contienen numerosos errores conceptuales, convirtiéndose así en una fuente excelente para ilustrar (y tratar) ideas alternativas. Eichinger, Abell y Dagher (1997) hacen referencia a la importancia que conlleva conocer estas imágenes populares y argumentan que una estrategia efectiva para conocer las ideas que pueden tener los alumnos es hacer una discusión semanal de las imágenes populares presentadas, entre otros, en los cómics.

Además, son muchos los estudios que demuestran que las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre determinados conceptos científicos,

son compartidas por el público en general (Campanario, 1995; Azcona y Guisasola, 2002; Carrascosa, 2006; Quílez y San José, 1995; Solano y Marín, 2000).

De modo que, el uso de cómics, historietas y el trabajo cooperativo, en el marco de una metodología basada en el cuestionamiento, la indagación y la comunicación entre pares, inciden significativamente en el rendimiento académico; las estrategias de aprendizaje y las capacidades cognitivas – lingüísticas – creativas de los alumnos, permiten mejorar las relaciones vinculares y las actitudes hacia el estudio de contenidos físicos.

2.2.2.- ERRORES CONCEPTUALES PRESENTES EN RECORTES DE PRENSA Y OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

En la actualidad a los medios de comunicación social, y en particular a la prensa, se les atribuye un enorme potencial como herramientas didácticas.

La primera reflexión que nos merece este apartado es la creciente influencia de los medios de comunicación sobre los conocimientos cotidianos de los jóvenes actuales. De hecho, los sucesivos ecobarómetros (Instituto de Estudios Sociales de Andalucía 2004) y eurobarómetros (Eurobarometer 55.2, 2001), tanto en el ámbito nacional como europeo, ponen de manifiesto que la educación informal constituye su principal fuente de conocimientos científicos y medioambientales, cundiendo la sensación entre muchos

docentes de que han de educar en contra del poder de los medios de comunicación (Perales, 2006).

En un estudio sobre la imagen de la ciencia, Basalla (1976) encontró que existían influencias externas a la imagen de la ciencia proporcionada por la escuela, que se traducían en lo que denominó “imágenes alternativas” o “pop science”. Como conclusión de su trabajo afirmó que la imagen deformada de la ciencia se debe principalmente a dichas influencias externas (entre éstas, la televisión, las novelas, la prensa...) que transmiten concepciones que han sido aceptadas acríticamente. Basalla agrega que estas influencias no solo afectan a la imagen de la ciencia, sino también a todo lo que a ella se refiere.

Los medios de comunicación son fenómenos característicos de nuestro tiempo, y contribuyen notablemente a moldear la opinión de los ciudadanos, creando formas de pensamiento y razonamiento.

En los diferentes medios de comunicación, entre ellos la prensa, se utiliza la ciencia. Por un lado, presentando conceptos y principios supuestamente científicos que respaldan los razonamientos. Sin embargo, los ciudadanos no son capaces de darse cuenta de que están leyendo un mensaje erróneo científicamente, es el fenómeno conocido como “conocimiento ilusorio”, ya que consideran que entienden aquello que están leyendo (Otero y Campanario, 1990; Campanario, 1995).

Por otro lado, se presentan imágenes con errores acompañando a estos textos como experiencias sugeridas, pero que en realidad se trata de un argumento visual donde la imagen sustituye a la realidad. El mensaje sugeri-

do es algo así como: lo que aquí se dice es cierto y lo puedes comprobar si quieres, pero es tan evidente que no es necesario que te molestes (Jiménez y Perales, 2002).

Dichos errores revelan una intención persuasiva en las imágenes que, en lugar de promover una reflexión profunda, y por tanto crítica, en los lectores, propician una lectura superficial centrada únicamente en el efecto visual (Moles, 1991).

Así pues, desde el punto de vista de la Didáctica de las Ciencias, podemos decir que el uso adecuado de los medios de comunicación en general, y de la prensa en particular, como medio de aprendizaje, constituye un campo con abundantes expectativas y potencialidades en continuo crecimiento.

2.2.3.- ERRORES CONCEPTUALES PRESENTES EN LIBROS DE TEXTO.

Los libros de texto de ciencias juegan un importante papel en la enseñanza. Sánchez y Valcárcel (1999) señalan que el 92% de los profesores de ciencias de secundaria con experiencia utilizan el libro de texto como principal referencia en la planificación de las unidades didácticas, aunque la utilización en exclusiva del libro de texto disminuye cuando los profesores han realizado cursos de actualización didáctica de larga duración (Rodrigo et al., 2000). La dependencia del libro de texto es aún mayor si los profesores son principiantes o si tienen bajos conocimientos del contenido científico a enseñar (Harlen y Holroyd, 1997; Lee y Porter, 1993).

Al ser el recurso más utilizado, los libros de texto tienen gran influencia en la adquisición de conceptos científicamente aceptados pero, en determinados casos, también pueden reforzar ideas alternativas de los estudiantes y contribuir a causar dificultades de aprendizaje (Perales, 2000).

Las imágenes son elementos muy importantes en los libros de texto. En algunas áreas, como en la biología, son imprescindibles para transmitir información sobre una realidad cuya apariencia visual puede ser poco accesible, confusa o desconocida.

Las formas modernas de preparación técnica del libro de texto facilitan la inclusión de imágenes llamativas y con colorido, lo que lleva a excesos en ocasiones. Jiménez, Prieto y Perales (1997), analizando libros de texto de física y biología, concluyen que el 26 % de las imágenes introduce información complementaria de la que se podría prescindir, y el 1% es absolutamente superflua. Posteriormente, Perales y Jiménez (2002) realizaron un trabajo cuyo propósito era presentar unas bases teóricas sobre las que evaluar la adecuación de las ilustraciones en los libros de ciencias para, a continuación, proponer una taxonomía y una metodología de análisis.

Por tanto, antes de introducir cualquier imagen no vendría mal recordar el decálogo para valorar las ilustraciones presentes en libros de texto de ciencias (Perales, 2006), del cual destacamos principalmente cuatro ideas, haciendo especial hincapié en la última:

- 1) No existen pruebas experimentales que puedan atribuir a las imágenes un efecto positivo genérico debido a la motivación. Aunque a las

personas en general les atraen las ilustraciones, no se puede esperar de esto ningún efecto positivo sobre el aprendizaje.

5) En la utilización que habitualmente hacen los libros de texto de las ilustraciones, abundan las irrelevantes o las cargadas de ambigüedad, debiéndose explicar la información no compartida por los estudiantes y el ilustrador, así como eliminar todo elemento accesorio y símbolos sinónimos y polisémicos.

8) Es imprescindible dirigir el proceso de exploración de las ilustraciones mediante etiquetas verbales o tareas que obliguen a los lectores a extraer información de las mismas. La concurrencia adecuada de las imágenes y las palabras que las acompañan es un factor determinante en el aprovechamiento del potencial didáctico de una ilustración. Existen evidencias de que, sin estas condiciones, las ilustraciones se observan superficialmente sin afectar al lector.

10) El uso de las ilustraciones en el aula debe estar marcado por actividades específicas, tales como la clarificación de los propios signos gráficos, la adecuada correlación con el texto escrito, la simultaneidad de las observaciones de los planos real y simbólico, la corrección de errores, la producción de imágenes por parte de los alumnos y su integración efectiva en la evolución del aprendizaje.

Recordemos que los autores de los libros utilizan las imágenes para reforzar y confirmar las ideas que consideran más esenciales. Para ello emplean una estrategia persuasiva que trata de proponer a los lectores mensajes sencillos o evidentes. La imagen no se utiliza como acicate para la re-

flexión o la duda, sino como un apoyo, en ocasiones abusivo, de una argumentación cuyo principal objetivo es convencer.

Además, la implantación de la LOGSE y las posteriores modificaciones y reformas en los planes de estudios en España, han inducido a la renovación de los libros de texto bajo una presunta óptica constructivista, teniendo a considerar los conocimientos espontáneos de los lectores y presentando el contenido científico conectado con el entorno.

En los últimos años se está prestando más atención a los libros de texto de ciencias experimentales y se han realizado investigaciones sobre distintos aspectos, como las actividades (Campanario, 2001; García-Rodeja, 1997); los contenidos (Jiménez y Perales, 2001; Otero, 1997); el grafismo (Jiménez y Perales, 2001 b),...

Por todo ello se ha pretendido indagar sobre las concepciones de los estudiantes sobre contenidos de física a partir del análisis de imágenes. Las respuestas obtenidas reflejan las ideas de los alumnos en forma más fidedigna que los cuestionarios tradicionales, debido a que las imágenes los enfrentan al fenómeno o a su representación simbólica de forma directa. Esta metodología permite una obtención de datos más versátil en función del grado de idoneidad usado en la imagen seleccionada: a mayor grado de idoneidad, mayor posibilidad de captar el conocimiento cotidiano del observador, a menor grado de idoneidad (o mayor grado de simbología) mayor tendencia a captar el conocimiento académico (Aguilar y Maturano 2007).

Dichas concepciones generan en los alumnos una gran dificultad para librarse de lo que parece ser de sentido común, y a esto hay que sumarle que la gran mayoría de los libros presentan problemas tipo, de modo que el estudiante aprende las soluciones en vez de intentar aprender métodos que les permitan resolver cualquier problema, incluso los poco familiares, librándose así de las respuestas espontáneas y realizando un razonamiento científico, cosa que permitiría reestructurar sus ideas científicas y por tanto corregir sus errores conceptuales.

Por otro lado, Michinel Machado y D'Alessandro Martínez (1994) apuntan que, en otras ocasiones, los libros de texto transmiten las concepciones alternativas de los propios autores, transformándose en fuentes de estas concepciones en los estudiantes. Staver y Lumpe (1993), en un estudio sobre la presentación del concepto de mol en libros de texto de química, y Barrow (1990), analizando la presentación de los imanes en la mayoría de los libros de texto elementales de ciencias, notan que los libros de texto muchas veces refuerzan esas concepciones o tienden a ignorarlas.

En libros de física, Iona (1987) cita imágenes poco cuidadas que son incoherentes con lo que está escrito en el texto, llevando a errores científicos. Además, concluye que una de las razones de esto puede ser que los propios autores no conozcan los temas que escriben. Justifica esta conclusión por el hecho de que los libros de enseñanza secundaria provienen, en general, de un grupo de profesores de enseñanza secundaria y en ocasiones cuentan con la colaboración de algún profesor de Universidad. Aunque puede haber también especialistas, en general éstos no suelen ser consultados. También constata que las ideas incorrectas se propagan frecuentemente de un texto a otro. Esta propagación se atribuye a un exceso de confianza

que hace que los autores no se preocupen de prestar atención a las críticas y recomendaciones de los consultores.

Ahora bien, en cuanto a la función que puede desempeñar la imagen en la enseñanza de las ciencias, no existe un patrón único a la hora de ilustrar los libros de texto y, en todo caso, no se observa una relación entre la orientación didáctica de los textos y las ilustraciones. Destacamos este resultado porque viene a coincidir con las quejas expresadas frecuentemente por los autores del texto de los libros en el sentido de la descoordinación entre ilustradores y autores; situación que viene propiciada por el modo de producción de los libros impuestos por las editoriales (Perales y Jiménez, 2002).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Esta investigación nace principalmente de dos vertientes. Primero, de la preocupación presente en el autor por el bajo rendimiento académico que obtienen los estudiantes en la enseñanza preuniversitaria en general, y en las asignaturas de física en particular. Segundo, de la vocación docente, y como tal, de intentar acercar dos mundos que persiguen la misma finalidad, pero que están en universos paralelos, como son la enseñanza y la investigación en didáctica.

Básicamente, con este trabajo tratamos de dar un pequeño paso sobre el gran problema que es solucionar, de la forma más natural posible, los conflictos internos que tienen los alumnos a la hora de estudiar física. Para ello, hay que intentar hacerlo a través de herramientas diferentes de las que habitualmente se están empleando dentro de las aulas o utilizar las mismas de distinta forma para poder sacarle más partido al alto potencial que sabemos que tienen, pero que desconocemos cómo utilizar.

Recordando un poco lo que hemos tratado en la fundamentación teórica (concepciones erróneas, ideas alternativas, ilustraciones, dibujos, prensa, cómics...), podemos intuir cual va a ser el camino a seguir en el presente trabajo.

Esencialmente, se trata de analizar cómo las imágenes (diagramas, ilustraciones, dibujos, fotos, esquemas...) que ven nuestros aprendices, pueden contribuir en apoyar ideas alternativas importantes impidiendo de esta manera que los estudiantes puedan evolucionar científicamente,

haciendo que, en lugar de entender las leyes físicas de una forma fluida, tengan que luchar duras batallas internas con sus conocimientos previos.

Lo que nos recuerda trabajos anteriores realizados en otros ámbitos de ciencias o relacionados con los errores conceptuales, como son los de:

- Jiménez-Aleixandre (1994), que indica que en 17 libros de biología de la enseñanza secundaria, ninguno discute las ideas alternativas de los alumnos, ni las explica en actividades que permitan confrontar estas ideas con las teorías aceptadas.

- Perales de Eulate (1999), que analiza el contenido y los errores conceptuales presentes en los libros de ciencias.

- Caldeira (2005), donde sugiere que los libros de texto deberían incluir actividades con situaciones que pudiesen ser exploradas por el profesor y sus alumnos, de manera que se pusiesen de manifiesto y se desmontasen las concepciones alternativas y se promoviese la evolución conceptual.

Sin embargo, en todos ellos quedan prácticamente al margen las ilustraciones correspondientes al texto escrito. Así pues, podemos decir que nuestro **problema** a resolver es: **¿qué grado de presencia tienen las ideas alternativas, sobre distintos conceptos científicos básicos, en las imágenes de todo tipo presentes en los distintos medios?**

Al revisar diversas clasificaciones (Bernad, 1976; Duchastel, 1981; Levin et al., 1987; Feschotte y Moles, 1991; Gillespie, 1993) de las finalidades que tienen las ilustraciones en los libros de texto se extrae que todos ellos tienen en común las siguientes funciones:

1. Decorar los libros, es decir, hacerlos más atractivos para despertar el interés de los lectores.
2. Describir situaciones o fenómenos basándose en la capacidad humana de procesar la información visual (Larkin y Simon, 1987; Feschotte y Moles, 1991) y su ventaja frente a los textos escritos en la estimulación de modelos mentales (Stone y Golk, 1981; Duchastel, 1981).
3. Explicar las situaciones descritas, es decir, las ilustraciones no sólo muestran el mundo, sino que lo transforman con la intención de evidenciar relaciones o ideas no evidentes por sí mismas, a fin de facilitar su comprensión por parte del lector.

Sin embargo, ninguna de estas finalidades, es la que nos planteamos en este trabajo. **Lo que nosotros pretendemos es ir más allá y explorar la posibilidad de utilizar didácticamente los errores conceptuales que hay en las ilustraciones para cuestionar determinadas ideas alternativas que tienen los estudiantes.** De esta forma, también estamos respondiendo, en parte, a la pregunta planteada por Mottet (1996) en la investigación que presentó en la revista *Aster* (núm. 22, 1996): ¿en qué condiciones las imágenes podrían convertirse en fuentes de aprendizaje? **Además, también pretendemos averiguar si en las imágenes de los libros de texto, se ha**

producido o no alguna mejora al pasar del B.U.P. y C.O.U. antiguos a la E.S.O. y Bachillerato actuales y si en los nuevos planes de estudio disminuye el número de errores conceptuales presentes en ilustraciones incluidas en los libros de texto.

IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO

4.- ELABORACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez planteado el problema que pretendemos abordar, vamos a diseccionarlo en diversas partes, para lo cual, realizaremos tres hipótesis diferentes que posteriormente relacionaremos de forma muy estrecha.

4.1.- EN CÓMICS E HISTORIETAS SE PRESENTAN A MENUDO SITUACIONES EN LAS QUE SE DAN ERRORES CONCEPTUALES, PRINCIPALMENTE EN AQUELLAS SITUACIONES MÁS RELACIONADAS CON EL CAMPO DE LA MECÁNICA, POR SER ÉSTE EL DOMINIO DE LA FÍSICA MÁS LIGADO A LAS EXPERIENCIAS SENSORIALES.

Naturalmente, en los medios más informales o de entretenimiento como son los cómics o las historietas, la presencia de errores conceptuales que se pueda encontrar será muy elevada. Lo cual es muy comprensible, pues en muchas ocasiones se recurre a la exageración para encontrar las sonrisas y carcajadas de los lectores.

Podría argumentarse que el lenguaje cotidiano no es el lenguaje científico y que, consecuentemente, a los medios de comunicación no se les puede exigir el mismo rigor científico que a las revistas especializadas y menos todavía a aquellos medios que sirven fundamentalmente de entretenimiento como son los cómics. No obstante, aquí no se pretende reivindicar ningún cambio en los cómics recreativos, sino tan sólo buscar explicaciones a una

situación y, si fuera posible, aprovechar estos mismos medios como un instrumento más de aprendizaje (Carrascosa, 2005).

En las historietas, el discurso se caracteriza por la presencia de estímulos visuales y lingüísticos, lo cual en el contexto de un trabajo cooperativo durante las clases de Física puede resultar una estrategia orientadora que además de motivar ilustra una idea (González, 2006).

Las historietas suelen presentar situaciones cotidianas, lo que conduce a los alumnos a prestar atención al diseño de un contexto en el que se implican rápidamente analizando los discursos e imágenes, y buscando respuestas a las cuestiones que se les plantea (González, 2007).

Los cómics y las historietas son materiales que, en principio, pueden presentar mayor interés para los alumnos, de modo que si contrastamos que realmente en ellos abundan errores conceptuales que refuerzan las ideas de nuestros estudiantes, podrán realizar un análisis basándose en los conocimientos teóricos que se van desarrollando en clase. Además, como ya indicó Carrascosa (2006), este tipo de material presenta toda una serie de virtualidades, tales como:

- Resulta atractivo para los alumnos ya que la mayor parte de las veces el error tiene que ver con imágenes y no podemos olvidar el importante papel que para ellos tiene la imagen. Por otra parte, identificar un error en imágenes suele ser más sencillo que en un texto.
- Supone un cambio de rol en el que los estudiantes pasan de ser evaluados a ser evaluadores, lo que suele hacer que se esfuercen más

en el análisis y en sus argumentaciones a la vez que fomenta su autoestima.

- Practican un aspecto esencial del trabajo científico, como es el análisis crítico de algo a la luz del cuerpo de conocimientos vigente, favoreciendo la construcción de una imagen de la ciencia y del trabajo científico más próxima a la realidad.
- Contribuye a desarrollar una actitud más positiva hacia la ciencia y su aprendizaje.

Así pues, para conseguir esa formación científica que aspiramos tengan nuestros alumnos, se podría utilizar con éxito el lenguaje de los cómics y las historietas para cuestionar las ideas alternativas de física, ya que se pueden utilizar como una herramienta más para favorecer el aprendizaje significativo de los conceptos científicos y superar determinadas ideas alternativas. En ello existen escasos precedentes (Campanario, 2003) y sólo algún libro de texto aislado incorpora esta técnica en alguno de sus capítulos (Carrascosa, Martínez y Martínez Torregrosa, 2002; Carrascosa, et al. 2005 a, 2005 b).

Los resultados obtenidos durante los últimos años sugieren la conveniencia de extender y consolidar esta práctica en la enseñanza de las ciencias. Recordemos que el interés por utilizar este tipo de material dentro del aula va en aumento, no sólo desde el punto de vista físico como es nuestro caso, sino también, por ejemplo, desde el punto de los valores medioambientales que transmite (Kim, 1994), de las interpretaciones que hacen los niños de los mismos (Pertíñez, 2005) o de la contribución del cómic a la

imagen de la ciencia (Gallego, 2002). Sin embargo, en ninguno de ellos se hace referencia a la utilización de los cómics e historietas para cuestionar ideas alternativas.

4.2.- EN LOS RECORTES DE PRENSA Y OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SE DESLIZAN A MENUDO GRAVES ERRORES CONCEPTUALES.

El uso de los medios de comunicación social y singularmente de la prensa como medio de aprendizaje, es un recurso dinámico y dinamizador que permite ponernos en contacto con la realidad y comprender mejor las transformaciones de nuestro entorno y del Universo en general. Si bien es verdad que debemos emplear oportunamente la prensa contando con sus ventajas, así como, afrontando y canalizando coherentemente sus limitaciones y efectos nocivos desde una visión crítico-reflexiva indagadora y creativa.

Evidentemente, aquí no vamos a tratar de buscar errores que sean cometidos por un simple olvido o por las prisas que hayan tenido los autores a la hora de terminar su trabajo. Lo que vamos a hacer es ir en busca de errores que sean conceptuales, es decir, que sean cometidos por las ideas alternativas que tengan dichos autores.

De la misma manera, procederemos en otros ámbitos como es el de la publicidad, donde para vender más, en ocasiones se aseguran de que determinado producto tenga determinadas cualidades recurriendo a veces a la ciencia como fuente de autoridad y certeza. Sin embargo, en muchas oca-

siones, los conceptos científicos que aparecen en la publicidad se utilizan de forma inadecuada, llegándose en algunos casos a cometer errores conceptuales muy claros como por ejemplo, afirmar textualmente que el aire no pesa en un anuncio de un postre lácteo (Campanario, Moya y Otero, 2001).

Nuevamente, con esto tampoco pretendemos que el lenguaje cotidiano de un anuncio pase a ser científicamente correcto pero sí, generar a partir de los conocimientos científicos que se han aprendido en la escuela, un punto de vista crítico enriquecedor de la propia autonomía personal y grupal para generar el desarrollo de una conciencia social libre.

Donde sí seremos mucho más exigentes es en el análisis de los artículos científicos que hagamos, pues generalmente, en ellos, al igual que en los libros de texto, los lectores pierden casi por completo dicho punto de vista al considerar que no se les puede pasar ningún tipo de error a las editoriales que comercializan este tipo de producto; pero, volvamos a recordar que no sólo vamos en busca de errores que pueden ser detectados con una detenida revisión, sino que queremos detectar también aquellos ocasionados claramente por ideas alternativas que llevan a cometer específicamente unos errores y no otros.

4.3.- HAY UN PORCENTAJE MUY ELEVADO DE ILUSTRACIONES EN LOS LIBROS DE TEXTO QUE SON MERAMENTE DECORATIVAS, Y ADEMÁS, EN ALGUNAS DE LAS IMÁGENES SE COMETEN, A VECES, ERRORES CONCEPTUALES QUE APOYAN LA EXISTENCIA DE IDEAS ALTERNATIVAS MUY IMPORTANTES PRESENTES EN NUESTROS ALUMNOS Y YA CONOCIDAS POR LOS INVESTIGADORES EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. Y AUNQUE DICHAS ILUSTRACIONES ESTABAN YA PRESENTES EN ALGUNOS LIBROS DE TEXTO DE B.U.P. Y C.O.U., TAMBIÉN LAS DETECTAREMOS EN LOS LIBROS ACTUALES DE E.S.O. Y BACHILLERATO, AUNQUE QUIZÁS EN MENOR MEDIDA.

Los docentes no dudan del indiscutible valor de la utilización de los libros de texto dado que muchas veces es el principal instrumento pedagógico en las clases de ciencias (Campanario y Otero, 2000 y Perales et al., 2002). Por esto, es de fundamental importancia analizar el diseño de estos libros para poder realizar una correcta elección y uso de los mismos, ya que de no ser así, algo que elegimos para que nos ayude a mejorar los resultados académicos de nuestros alumnos, se puede convertir en una herramienta que nos dificulte seriamente nuestra tarea docente, pues como ya sabemos, si el número de profesores que utiliza únicamente el libro de texto como recurso didáctico es elevado, todavía lo es más el número de alumnos, por no decir que este último colectivo lo emplea en el 100 % de los casos.

También se tiende a suponer de forma ingenua que la información que aparece en los libros de texto es siempre correcta y por tanto está siempre libre de errores. De hecho, siempre se ha creído que este instrumento es el depósito del conocimiento correcto, o al menos, comúnmente admitido por toda la comunidad científica. Prueba de ello son las conocidas y repetidas frases como “míralo en el libro que ahí está todo”, “no ves que lo pone en el libro”, “lo tienes mal, no ves que en el libro no pone eso”, ...

Sin embargo, son muchas las evidencias que demuestran que los manuales escolares de ciencias contienen errores e imprecisiones de diverso tipo, por ejemplo, las citadas por Bauman (1992 a, 1992 b, 1992 c), Cox (1996), De Manuel (1994), Gauld (1997), Iona (1990), Michinel y krokhin (1995), Solbes, Calatayud, Climent y Navarro (1987). En general, las investigaciones en este terreno se han limitado a la enumeración, clasificación y, a veces, corrección de los errores e imprecisiones, si bien, en algún caso, los investigadores han ido más allá y han relacionado las deficiencias en los libros de texto con la comprensión inadecuada de los conceptos científicos por los alumnos, por ejemplo, Dall’Alba, Bowden, Masters y Stephanou (1993), Gil, Martínez-Torregrosa y Senent (1988, cap.3).

Así pues, siguiendo por este último camino, nosotros nos vamos a centrar únicamente en las ilustraciones que hay en dichos libros y en el texto que las acompaña o hace referencia a ellas, ya que es tal la abrumadora presencia de ilustraciones en los libros de la enseñanza obligatoria y preuniversitaria, que llega a alcanzar el 50% de la superficie impresa. Las valoraciones de estos libros han constituido una de las líneas de investigación

más concurrente en la didáctica de las ciencias experimentales, lo que paradójicamente ha afectado en escasa medida a su ámbito imaginario.

Perales (2006) concluye que dicha evaluación debería partir de un primer intento de clasificación de las ilustraciones –proceso al que denomina taxonomización – en el que se prescinda de detalles técnicos y se centre en sus características científico-didácticas. En segundo lugar se debería recurrir al establecimiento de criterios de valoración de dichas ilustraciones apoyados en los resultados de la investigación educativa (y no sólo en el ámbito de las ciencias experimentales).

Además, desde el punto de vista de la teoría de la doble codificación de Paivio (1986) como desde los modelos mentales de Jonson-Laird (1980), las imágenes producen efectos nemotécnicos y estimulan la construcción de representaciones mentales que a su vez integran la representación verbal o proposicional del contenido de aprendizaje. La mecánica de Newton puede considerarse como una representación extraordinariamente simplificada del mundo que contradice prejuicios del “sentido común” y las imágenes pueden favorecer u obstaculizar esos prejuicios.

Finalmente, insistir en que somos conscientes de que, con mucha frecuencia, las imágenes son incluidas en los libros de texto por fotógrafos y dibujantes que trabajan para la editorial, sin el conocimiento previo de los autores de los textos, por lo que puede suceder que errores conceptuales presentes en algunas ilustraciones, no sean atribuibles a los autores del libro de texto.

En última instancia, tenemos la esperanza de que las editoriales, los autores y los últimos decretos y leyes educativas, hayan tomado conciencia de ello y, por tanto, la incidencia de ideas alternativas ahora (en los libros de E.S.O. y bachillerato) sea menor que antes (en los textos de B.U.P. y C.O.U.), pues, ya son numerosas las publicaciones de los estudios en la investigación didáctica realizados en torno al tema de los errores conceptuales y las ideas alternativas. Algunas de ellas son, las selecciones bibliográficas publicadas (McDemott, 1984; Carrascosa, 1983 y 1985; Carrascosa y Gil, 1992; Varela et al., 1989; Pfundt y Duit, 1998; Duit 2004;...). También son miles los trabajos sobre ideas alternativas, dando lugar algunos de ellos, a tesis doctorales (Gené, 1986; Carrascosa, 1987; Llorens, 1987; Jiménez Aleixandre, 1990; Sanmartí, 1990; Cañal, 1990; Azcárate, 1990; Kaminski, 1991; Pérez Celada, 2003;...) y además los principales resultados obtenidos han sido ya recopilados en algunos libros (Hierrezuelo et al., 1989; Gil, Carrascosa et al., 1991;...). Es de suponer que toda esta abundante información haya tenido ya consecuencias (al menos sobre el papel) en las leyes educativas y en las editoriales que suelen publicar libros de texto.

V. DISEÑOS EXPERIMENTALES

5.- DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA CONTRASTAR LAS HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

En la actualidad, prácticamente todos los campos de las ciencias han sido analizados en busca de errores conceptuales e ideas alternativas. Nosotros sólo partiremos de aquellos destinados más concretamente a la especialidad de física, entre los que destacamos, los correspondientes a la mecánica (Mc Dermott, 1984; Sebastiá, 1984; Fernández, 1987; Acevedo, 1989), al calor (Macedo y Soussan, 1985; García Hourcade y Rodríguez de Ávila, 1985; Cervantes, 1987; Brañas et al., 2003), a la electricidad (Varela et al., 1989; Furió y Guisasola, 2001; Pontes y De Pro, 2001), al magnetismo (Guisasola, Almudí y Ceberio, 2003), ...

De todos ellos, hemos hecho una selección de los errores conceptuales causados por ideas alternativas más frecuentes a partir de los cuales analizaremos las imágenes en los distintos instrumentos que hemos comentado. De dicha selección nos ha quedado una lista como la que detallamos a continuación:

- 1) Confundir las gráficas posición-tiempo y rapidez-tiempo con la trayectoria seguida por el móvil, lo que pone de manifiesto que el alumno da a la representación una interpretación iconográfica como si fuera el gráfico de la trayectoria.
- 2) Siempre que un cuerpo frena, la aceleración es negativa.
- 3) Confundir velocidad con rapidez.

- 4) En una gráfica rapidez-tiempo no son conscientes de la proporcionalidad existente entre el valor de la pendiente y el valor de la aceleración, es decir, no asocian la pendiente con la derivada de la función.
- 5) Confunden el gráfico rapidez-tiempo con el de posición-tiempo, lo que pone de manifiesto que no son conscientes de toda la información que aparece en la gráfica.
- 6) No diferencian entre los términos posición y cambio de posición, es decir, que confunden entre un intervalo y un punto.
- 7) En una gráfica posición-tiempo no asocian la derivada a la rapidez, en cambio, sí la asocian con la ordenada.
- 8) No distinguen el significado entre pendiente y altura en una gráfica posición-tiempo, pues interpretan la forma de la gráfica como la trayectoria seguida por el móvil sin tener en cuenta la información que nos proporcionan las variables de la función que estamos representando.
- 9) Asocian rapidezces negativas a las ordenadas negativas en las gráficas posición-tiempo, volviendo a poner de relieve lo comentado en la idea anterior.
- 10) Relacionar la fuerza con el movimiento en lugar de con el cambio de movimiento.

11) Sobre todo cuerpo en movimiento debe estar actuando una fuerza de tal modo que si cesa dicha fuerza el cuerpo se para, lo que significa que no conciben el movimiento sin la aplicación de una fuerza.

12) A mayor velocidad mayor será el valor de la fuerza, lo que sigue a la idea anterior puesto que la fuerza y el movimiento van unidos y el movimiento se caracteriza por la velocidad.

13) El movimiento siempre se realizará en la misma dirección y sentido que la fuerza resultante, donde nuevamente se pone de manifiesto la misma interpretación de la fuerza.

14) Si la velocidad vale cero, la fuerza resultante sobre el cuerpo en dicho instante vale cero.

15) Un cuerpo cuanto más pesa más deprisa cae, lo que pone de manifiesto que relacionan mediante una proporcionalidad directa la fuerza peso con la velocidad de caída.

16) Los gases no pesan. Interpretan que al expandirse constantemente, estos no son atraídos por nada y por lo tanto no pesan.

17) Usar la fuerza como sinónimo de velocidad (por ejemplo, decir que iba muy fuerte, en lugar de, muy rápido, o decir, la fuerza que se le comunicó al lanzarlo, en lugar de, la velocidad inicial con que salió).

18) Creer que un cuerpo se puede acelerar a sí mismo, lo que pone de manifiesto que no se ha comprendido la ley de acción y reacción, pues cada fuerza actúa sobre un cuerpo distinto.

19) La fuerza de acción y reacción aparecen en un mismo cuerpo y por tanto se anulan (lo cual no es correcto ya que actúan en cuerpos distintos, por lo que no se pueden componer).

20) Los cuerpos tienen fuerza, es decir, que consideran la fuerza como una propiedad inherente a un cuerpo y no como una medida de la intensidad con que interacciona con otro.

21) Dificultades para representar en un dibujo las fuerzas que actúan sobre los cuerpos, lo que revela las dificultades que poseen para entender el origen y las aplicaciones de las fuerzas.

22) Consideran el peso como la fuerza que ejerce un cuerpo sobre la superficie en la que éste se halla, en lugar de la fuerza con que la Tierra lo atrae hacia su centro.

23) En el vacío no hay gravedad, pues interpretan la misma como un fenómeno existente sólo en nuestro planeta.

24) Invertir el signo de la aceleración de la gravedad en función del sentido del movimiento del cuerpo, lo que pone de manifiesto que no terminan de entender el origen de la fuerza gravitatoria.

25) No distinguen entre la presión que ejerce un cuerpo sobre una superficie y la fuerza que se aplica en un punto.

26) Los cuerpos pierden peso y las personas masa ósea en determinadas situaciones, es decir, que no diferencian entre el peso y peso aparente de un cuerpo.

27) Identificar el trabajo con esfuerzo y cansancio, en lugar de realizar cambios en la materia mediante la aplicación de fuerzas, es decir, a través de interacciones.

28) Se realiza trabajo sobre un cuerpo sólo cuando éste se desplaza bajo la acción de una fuerza capaz de vencer obstáculos que se oponen a ello.

29) Interpretan la energía como la capacidad para realizar trabajo, en lugar de como una magnitud fundamental de los sistemas, por la cual, éstos pueden transformarse, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación.

30) Consideran que la energía se gasta, se consume, se acaba, se pierde,... Lo que implica no tener claro el concepto de transformación de la energía.

31) Piensan que la energía de las personas se genera descansando mientras duermen, es decir, que asocian el recuperarse de un esfuerzo con la ganancia de energía, y no relacionan la ganancia de energía con el consumo de alimentación.

32) Identificar energía con trabajo, pues consideran que este también se puede acumular en los cuerpos, por tanto, interpretan el trabajo como una propiedad de un cuerpo, en lugar de como un proceso.

33) Los términos energía interna y temperatura los utilizan como sinónimos, pues en general, no consideran la temperatura como una magnitud que nos informa de la energía cinética promedio de las partículas que forman un sistema.

34) El calor es algo (una sustancia o una energía) que puede entrar o salir y pasar de unos cuerpos a otros. No se considera como una forma de transferencia de energía entre dos sistemas que se encuentran a diferente temperatura y, por tanto, un proceso como el trabajo.

35) Identifican el calor con la energía interna de un cuerpo o la energía térmica pues, en general, no consideran la energía interna como el conjunto de interacciones y de movimientos que hay en la estructura interna a nivel atómico.

36) Consideran como sinónimo calor y temperatura.

37) Interpretan el calor como el paso de la energía interna de un cuerpo a otro.

38) Tratan por igual a la energía térmica y a la temperatura de un cuerpo, por lo que tampoco aparece nítida la idea de temperatura como medida o indicador.

39) La corriente eléctrica se gasta al pasar por una bombilla.

40) El avance de los electrones que constituyen la corriente eléctrica continua por un cable se realiza a una velocidad enorme, asocian la velocidad de la luz a la velocidad de los electrones, no ven que lo que realmente ocurre es el efecto manguera.

41) Puede haber corriente eléctrica aunque el circuito esté abierto y no haya diferencia de potencial, no entienden cuál es la causa por la que los electrones se mueven.

42) Para generar corriente inducida es necesario que haya movimiento de un imán o una bobina, lo que indica que no saben el verdadero origen de la inducción, pues si entre los cables ponemos una f.e.m., solo con la presencia de una bobina y un imán ya se genera.

43) Consideran que las pilas y los generadores de corriente aportan electrones al circuito, por tanto, nuevamente aquí ponen de manifiesto que no entienden la función de la diferencia de potencial en un circuito.

44) La corriente eléctrica y los electrones van en el mismo sentido, lo que tiene origen en un error histórico, pues al principio se pensaba que los portadores de la electricidad eran cargas positivas.

45) La intensidad de la corriente va disminuyendo a medida que atraviesa los diferentes elementos del circuito.

46) La pila o generador proporciona una corriente constante independientemente del circuito en que esté conectada.

47) La corriente almacenada en la pila se gasta (consumo de corriente, atenuación,...)

48) Se piensa que el voltaje es una propiedad de la corriente que indica su fortaleza, fuerza o potencia.

49) La pila se concibe como un aparato que suministra corriente constante en lugar de como que mantiene una diferencia de potencial entre sus terminales.

50) Cuando tienen que hacer predicciones sobre el brillo relativo de una bombilla, confunden voltaje y corriente.

51) La luz se puede ver como si ella misma fuese un objeto ordinario.

52) Los cuerpos se hunden en los líquidos porque no existe el empuje.

53) Cuando un cuerpo flota totalmente, éste está completamente fuera del agua, pues no asocian la necesidad de que exista una parte del cuerpo sumergido sobre la que actúe el empuje, ya que al estar el cuerpo en equilibrio consideran que no deben existir fuerzas actuando sobre él, pues las fuerzas implican movimiento.

54) Un cuerpo está parcialmente sumergido cuando está mitad dentro del agua y mitad fuera, dando así un significado literal a la expresión parcialmente y quedándose con la idea más superficial.

55) Consideran que un cuerpo está totalmente sumergido cuando está en el fondo del recipiente, dando así un papel demasiado activo al sólido y demasiado pasivo al líquido.

5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA PRIMERA HIPÓTESIS SOBRE IDEAS ALTERNATIVAS EN CÓMICS E HISTORIETAS.

Vamos a analizar diversos cómics de Mortadelo y Filemón, SuperLópez y Zipi y Zape. En ellos pretendemos localizar las viñetas en las que aparezcan acciones físicamente imposibles, y destacaremos las ideas alternativas que vayamos encontrando, que son las responsables, en parte, de los errores conceptuales de nuestros alumnos.

A modo de síntesis, citaremos el total de cómics analizados y presentaremos una tabla de resultados donde indicaremos el porcentaje que presentan errores conceptuales y a qué campo de la física corresponden. De modo que la tabla tendrá el siguiente aspecto:

	Número de errores conceptuales	Porcentaje de errores conceptuales
Cinemática		
Dinámica		
Gravitación		
Fluidos		
Trabajo y energía		
Calor		
Electromagnetismo		
Partículas		
Ondas		
Óptica		

Por supuesto, no pretendemos criticar que en los cómics aparezcan cosas imposibles desde el punto de vista de la física, sino, más bien, detectar esas situaciones y aprovecharlas dentro del aula para que nuestros alumnos estén motivados y comprendan las leyes físicas que rigen el mundo donde viven.

5.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA SEGUNDA HIPÓTESIS SOBRE IDEAS ALTERNATIVAS EN PRENSA Y OTROS MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

Aquí, el análisis lo haremos de una forma más superficial para coger alguna idea y ver si merece la pena hacerlo más a fondo en otro momento. Para ello lo vamos a dividir en diferentes partes, donde en cada una de ellas abordaremos un medio de comunicación diferente:

- Con lo que respecta a prensa, hemos examinado los siguientes periódicos: La Verdad, La Razón e Información, correspondientes al período del 8 al 19 de noviembre de 2010.

- En cuanto a revistas, nos hemos centrado únicamente en algunas de investigación didáctica que hemos utilizado al documentarnos para hacer el presente trabajo (consultar bibliografía en página 227).

- Por último, para analizar la publicidad, a causa de la escasez de tiempo, nos hemos centrado en la televisión. La manera de proceder ha sido ver anuncios durante varios días en diferentes sesiones horarias de las distintas cadenas televisivas.

5.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA TERCERA HIPÓTESIS SOBRE IDEAS ALTERNATIVAS EN LIBROS DE TEXTO DE LA ENSEÑANZA PREUNIVERSITARIA COMO SON EL ANTIGUO B.U.P. Y C.O.U Y LA ACTUAL E.S.O. Y BACHILLERATO.

En este apartado, el análisis será algo más riguroso. Empezaremos confeccionando una tabla para cada uno de los libros de texto que analicemos, en la que constarán los siguientes datos: el total de temas de la especialidad de física, el global de ilustraciones, la parte de imágenes que únicamente tienen finalidad decorativa, las que cometen errores conceptuales o apoyan y refuerzan ideas alternativas de los estudiantes, y por último, las que se utilizan para cuestionar las ideas alternativas o las que no dejan lugar a ellas. De modo que tendrá el siguiente aspecto:

Temas de física	Total de imágenes	Solamente decorativas	Presentan errores conceptuales	Se utilizan para cuestionar ideas alternativas

A partir de ella iremos analizando los resultados, de varias maneras, sacando porcentajes, mirando si ha cambiado o no la función de las imágenes, si hay diferencias entre los distintos autores, si los autores mejoran la calidad cuando hacen nuevas ediciones, si hay diferencia entre el B.U.P. y C.O.U. antiguos y la E.S.O. y bachillerato actuales, qué tipos de errores conceptuales se cometen con mayor frecuencia, si en los autores persisten dichos errores a pesar de las múltiples investigaciones que se hacen en el campo de la didáctica,...

VII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

7.- CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA.

Como hemos visto, con el cambio de plan de estudios del antiguo B.U.P. y C.O.U. a la actual Secundaria y Bachillerato, los libros de texto han cambiado mucho su formato. Las editoriales han apostado muy fuerte por la introducción de imágenes en sus materiales, pues han llegado por un lado a duplicarlas, y por otro, a reducir seriamente las ilustraciones esquemáticas incrementando las fotográficas.

Sin embargo, antes de seleccionar fotografías bonitas y coloridas para la inclusión en un libro de texto, las editoriales, o mejor dicho, los autores, deberían preguntarse sobre el interés real que tiene esta inserción o si se trata de un efecto meramente decorativo, es decir, que deben elegirse de acuerdo con la función que requieren que desempeñen a la luz de los resultados de aprendizaje deseados. Aunque esta cuestión no les preocupa lo más mínimo a las editoriales, pues únicamente ven su fin comercial.

Además, el formato y la cantidad de imágenes no debe ser tal que el texto quede perdido entre ellas como ocurre alguna vez, hasta el punto que llegamos a encontrar imágenes que nada tienen que ver con el texto. Pero la teoría no sólo queda perdida, sino que a veces es tan escasa que no permite entender aceptablemente aquello que se pretende enseñar.

Estamos de acuerdo con la idea de que las ilustraciones ayudan en la enseñanza aprendizaje, pero depende de cómo se usen, en ningún momento consideramos que la imagen por si sola enseñe, por tanto no deberíamos transformar los libros de texto en meras “colecciones de cromos”.

En las imágenes, como en el medio natural, la diversidad es un indicio de calidad. La multiplicidad de tipos y funciones didácticas posibles debe aprovecharse en el ámbito didáctico en función de las necesidades de los estudiantes. En especial, los contenidos complejos, como es el caso de las ideas alternativas, suelen ser los más favorecidos por su representación icónica.

Así pues, centrándonos en esto último, vemos que los errores conceptuales y las ideas alternativas siguen presentes casi en el mismo grado que antes de que se realizasen investigaciones al respecto. Dichas investigaciones se puede decir que únicamente han servido para aquellos que las han realizado, lo que indica que se deben de dar más a conocer en el ámbito editorial y docente.

Se debe hacer en ambos casos al unísono, porque hemos comprobado que ni un libro puede quitar por si sólo las ideas alternativas a los estudiantes si no son guiados por un profesor, ni un único profesor puede quitar las ideas alternativas de todos los alumnos, y mucho menos, si por otro lado compañeros de profesión, ajenos al problema, las apoyan y sustentan.

Por tanto, es evidente la conveniencia de introducir en el aula actividades específicas de enseñanza que tengan como referente las imágenes. De hecho, como decían Perales y Jiménez (2002) las posibilidades son múltiples: visión retrospectiva de las formas de representación gráfica a

través de libros de texto antiguos; análisis crítico de las ilustraciones con distinto grado de idoneidad, separando los planos realista y simbólico; trabajo con material real y contraste con los símbolos con que es representado habitualmente; incorporación al aula de las ilustraciones sobre fenómenos científicos utilizadas en la prensa escrita o en las revistas de divulgación e incremento del número de problemas gráficos a resolver por los estudiantes, favoreciendo su resolución cualitativa. A dichas posibilidades, habría que añadir la de utilizarlas para resolver errores conceptuales.

Así pues, cuando se elabora un libro, aparte de consultar los diez mandamientos mencionados por Caldeira (2005), entre los que destacamos, no contener incorrección científica alguna, propiciar el desmontaje de concepciones alternativas y contener imágenes para analizarlas con la debida parsimonia, correctas, legibles, y bien integradas en el texto, añadiríamos el de utilizar parte de las imágenes que acompañan al texto para cuestionar las ideas alternativas, lo que concuerda con la idea de Perales (2006) de que las imágenes no deben analizarse superficialmente.

Esto último es fácil de hacer, pues en los libros ya hay ilustraciones adecuadas para esto pero, sin embargo, no lo hacen. De hecho, consideramos que en los libros deberían aparecer literalmente los conceptos “idea alternativa” y “error conceptual” ya que en ninguno de los analizados aparece y creemos que sería una buena forma para llamar la atención de nuestros alumnos.

Por ejemplo, podría incluir imágenes de las que hemos encontrado con errores y plantear actividades del estilo *¿encuentras algún error conceptual en esta imagen? Si la hubiera, indica en qué consiste*. De modo que el objetivo sería analizar con mayor profundidad la situación ante una sospecha

de error y expresar ideas discrepantes con lo observado en la imagen. Además, también podríamos incluir textos que se puedan refutar ya que constituyen excelentes materiales para que el profesor los utilice con el propósito de desmontar las concepciones alternativas de los alumnos.

Otro de los problemas que hemos detectado, es que no se es consciente de la gran cantidad de información que nos puede proporcionar una imagen, de ahí también que se sigan detectando errores conceptuales en los libros, pues los autores utilizan la ilustración porque cumple lo que les interesa, pero no se dan cuenta de que comete errores en otras cosas. Un ejemplo de ello lo hemos encontrado al analizar los artículos de investigación didáctica.

Hablando de autores, cabe destacar que, como hemos visto, son los que más pueden influir en la resolución de lo que nos acontece, pues son ellos los que arrastran consigo mismo sus propios errores conceptuales y que plasman en los libros de texto. Como hemos podido comprobar, las editoriales se mantienen al margen de este tema, dejando caer toda la responsabilidad sobre los escritores, pues no hemos visto ninguna editorial que mantenga su línea de publicaciones por ese camino.

Las editoriales simplemente obligan a los autores de los textos a secuenciar sus materiales para ayudar a los alumnos a superar sus dificultades previsibles de aprendizaje, sin embargo los diseñadores gráficos no están en condiciones de ofrecer un complemento gráfico sugerente y comprensible, lo que hace que en ocasiones ambos no vayan por el mismo camino, camino que debería marcar la editorial.

Cierto es que últimamente se han publicado más libros que traten lo que nos atañe, pero siguen siendo una pequeñísima minoría. Y aunque se van despejando determinadas ideas alternativas, sobre todo en dinámica, cinemática y gravitación, aún siguen sobreviviendo algunas, pues como hemos comprobado son precisamente las que más presentes están en los otros medios (cómic, publicidad, revistas,...). Y, además, mencionar las que quedan por abordar como son las relacionadas sobre todo con el calor, los fluidos y la electricidad.

De modo que, a partir de ahora, como bien ha sido remarcado por Duschl (1994), director de la revista *Science Education*, y por Sanmartí y Azcárate (1997), directora y directora adjunta, respectivamente, de la revista *Enseñanza de las Ciencias*, ya está bien de buscar concepciones alternativas, pues conocemos ya demasiadas. Pongámonos manos a la obra para cambiarlas.

Una forma de hacerlo sería ampliar y profundizar el presente trabajo extendiendo la búsqueda a más libros, revistas, cómic,... y, cuando tengamos una buena colección de ilustraciones, utilizarlas como herramienta para abordar los errores conceptuales cuestionando las ideas alternativas que los provocan a partir de las imágenes.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.- BIBLIOGRAFÍA.

- ACEVEDO, J.A. (1989). Comprensión newtoniana de la caída de cuerpos. Un estudio de su evolución en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), pp. 241-246.
- AGUILAR, S., MATURANO, C. y NÚÑEZ, G. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 691-713.
- BAÑAS, C., MELLADO, V. y RUIZ, C. (2003). Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura. *Campo abierto*, 24, pp. 99-126.
- BARRAL, F.M. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), pp. 244-250.
- CALDEIRA, M.H. (2005). Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? *Tarbiya*, nº 36, pp. 167-184.
- CAMPANARIO, J.M. (1995). Concepciones erróneas en el área de la mecánica de varios grupos de estudiantes universitarios nicaragüenses. Ponencia. I Jornadas Hispano-nicaragüenses de Física. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. UNAN-León.

- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 155-169.
- CAMPANARIO, J.M., MOYA, A. y OTERO, J.C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 45-46.
- CAMPANARIO, J.M.(2003). De la necesidad, virtud: cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), pp. 161-172.
- CARRASCOSA, J. (1983). Errores conceptuales en la enseñanza de las ciencias: selección bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 63-65.
- CARRASCOSA, J. (1985). Errores conceptuales en la enseñanza de la física y la química: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), pp. 230- 234.
- CARRASCOSA, J. (1987). Tratamiento didáctico en la enseñanza de las ciencias, de los errores conceptuales. Tesis Doctoral. Valencia: Servei de Publicacions de la Universitat de Valencia.

- CARRASCOSA, J., FERNANDEZ, I., GIL, D. y OROZCO, A. (1991). Diferencias en la evolución de las preconcepciones científicas: un instrumento para la comprensión de su origen. *O Ensino de Física*, 13, pp. 104-134.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1992). Concepciones alternativas en mecánica. Dinámica: Las fuerzas como causa del movimiento. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), pp. 314-328.
- CARRASCOSA, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 183-208.
- CARRASCOSA, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), pp. 388-402.
- CARRASCOSA, J. (2006). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización de la didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), pp. 77-88.
- CERVANTES, A. (1987). Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, pp. 66-70.

- DOLORES, F., ALARCÓN, G. y ALBARRÁN, D.F. (2002). Concepciones alternativas sobre las gráficas cartesianas del movimiento: el caso de la velocidad y la trayectoria. *Relime*, 5(3), pp. 225-250.
- FANARO, M.A., OTERO, M.R. y GRECA, I.M. (2005). ¿Qué ideas tienen los profesores acerca de las imágenes en los materiales educativos? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII congreso.
- FANARO, M.A., OTERO, M.R. y GRECA, I.M. (2005). Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 45-69.
- FANARO, M.A. y OTERO, M.R. (2007). Conversaciones de un grupo de profesores de física acerca de las imágenes de los libros de texto: un estudio exploratorio. *Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 85-114.
- FERNÁNDEZ, J.M. (1987). Estudio del grado de persistencia de ciertos preconceptos sobre la estática de fluidos en alumnos de 2º curso de B.U.P. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), pp. 27-32.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). Contribución del cómic a la imagen de la ciencia. *Tecne, Episteme y Didaxis* (7), pp. 22-35.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA J, et al. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. 20(3), pp. 477-488.

- FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 441-452.
- GALLEGO TORRES, A.P. (2002). Contribución del Cómic a la Imagen de la Ciencia. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València.
- GARCÍA-HOURCADE, J.L. y RODRÍGUEZ DE ÁVILA, C. (1985). Preconcepciones sobre el calor en 2º de B.U.P. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), pp. 188-194.
- GONZÁLEZ, A. (2005). El uso de la imagen para la construcción de conceptos en física. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII congreso.
- GUIASOLA, J., ALMUDÍ, J.M y CEBERIO, M. (2003). Concepciones alternativas sobre campo magnético estacionario. Selección de cuestiones para su detección. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp. 281-293.
- GUIASOLA, J., MONTERO, A. y FERNÁNDEZ, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto “olvidado” en la enseñanza de la electricidad: la fuerza electromotriz. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), pp. 47-60.

- GUISASOLA, J., ZUBIMENDI, J.L., ALMUDÍ, J.M. y CEBERIO, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la electricidad: estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), pp. 177-192.
- JIMÉNEZ, J.D. y PERALES (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la E.S.O. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp. 3-19.
- JIMÉNEZ, J.D. y PERALES (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de física y química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), pp. 88-105.
- MANRIQUE, M^a J., VARELA, P. y FAVIERES, A. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), pp. 292-295.
- MATURANO, C., AGUILAR, S. y NÚÑEZ, G. (2009). Propuestas para la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Iberoamericana de Educación*, n° 49, pp. 10-23.
- MICHINEL, J.L. y D’ALESSANDRO, A. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 369-380.

- OTERO, M.R., MOREIRA, M.A. y GRECA, I.M. (2002). El uso de la imagen en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria. *Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 127-154.
- OTERO, M.R., GRECA, I.M. y LANG, F. (2003). Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en física: un estudio comparativo. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1).
- PANDIELLA, S., CALBÓ, P. y MACÍAS, A. (2004). Las características de los textos de física y su incidencia en la comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 27-35.
- PERALES, F.J. y JIMÉNEZ, J.D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 369-386.
- PERALES, F.J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), pp. 13-30.
- RICOY, M.C. (2002). La educación de los adultos y el uso didáctico de la prensa. *Científica de Comunicación y Educación*, pp. 184-191.
- SEBASTIÀ, J.M. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), pp. 161-169.
- SOLER, V.F. (2002). El problema de la imagen en la enseñanza de la física. *Alambique*, 32, pp. 92-100.

- VÍLCHEZ, J.M. y PERALES, F.J. (2005). Enseñando física con dibujos animados. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII congreso.

Este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la contribución de muchas personas. Por ello, aunque sea de forma breve, quisiera agradecerse en las siguientes líneas.

A mis padres, Salvador y Emilia, por el gran esfuerzo realizado para darme la educación y formación académica que tengo, además de su apoyo y confianza incondicional.

A mi hermano, Salvador, quien para mí ha sido siempre un referente a seguir en cuanto a superación personal se refiere y, aunque sin decirlo, he sabido que siempre lo tenía a mi lado.

A mi mujer, Ana, por su paciencia y ánimo, además de permitirme revisar parte de su extensa colección de cómics de la que siempre me he quejado, porque el papel sí ocupa lugar.

Al Doctor Jaime Carrascosa Alís, por despertar en mí la inquietud de los errores conceptuales y las ideas alternativas, además de por la aportación de sus orientaciones, ideas, sugerencias, consejos y material.

A mis abuelos: Vicente, Emilia, Salvador y Julia.