

# Una propuesta metodológica para la enseñanza y el aprendizaje de la Electricidad y el Magnetismo en Educación Secundaria

Antonio de Pro Bueno  
Octavio Saura Llamas  
Departamento Didáctica Ciencias Experimentales (\*)  
Universidad de Murcia



## RESUMEN

*En un momento de reforma de nuestro sistema educativo, parece esencial conocer las nuevas exigencias del currículum y cómo se pueden incorporar al aula. Este trabajo plantea cómo enseñar unos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en Educación Secundaria. La propuesta metodológica se ha aplicado al tema de "Electricidad y Magnetismo".*

## Introducción

Una de las exigencias derivadas de la actual reforma del sistema educativo es el cambio metodológico que debe afectar profundamente a la realidad de las aulas. Esta transformación no es fácil por muy variados motivos pero, sobre todos, destaca el asentamiento que tienen las concepciones del profesorado y de los propios alumnos sobre la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias y, lógicamente, la resistencia que ofrecen al cambio.

Por otro lado, se percibe un contexto de desorientación; así, algunos creen que el constructivismo se reduce a determinar los "disparates" que se responden ante unas preguntas rebuscadas y otros insisten en la investigación sobre áreas suficientemente indagadas...; creemos que esto puede dar una imagen distorsionada del tema. Se han difundido tal cantidad de trabajos, que es difícil encontrar un tópico científico del que "no existan ideas previas". Pero, después de conocer las características de los conocimientos de

(\*) Facultad de Educación. Campus de Espinardo. 30100 Murcia.  
Teléfono: 968-307100 Ext. 2730 y 2725.



sus alumnos, *¿Qué hace el profesor en su aula?*

Es el momento de reflexionar sobre esta cuestión; no con la intención de ofrecer recetas pero sí para disponer de un punto de partida... aunque sea para la crítica. Nos vamos a centrar en los contenidos de Electricidad y Magnetismo que pueden abordarse en la Educación Secundaria; queremos resaltar que el modelo de intervención es extrapolable a otros temas de Ciencias de la Naturaleza (Valcárcel y otros, 1990).

### **Fundamentos de nuestra propuesta de aula**

Basamos nuestra propuesta en el análisis de los contenidos científicos implicados en el curriculum oficial, en la reflexión sobre la problemática didáctica que tienen para el aprendizaje de los alumnos y en unos supuestos metodológicos que tratan de utilizar las ideas de los alumnos en su propio proceso de aprendizaje. Asumimos el modelo de planificación de Sánchez y Valcárcel (1993) que sintoniza con nuestro planteamiento.

#### **Análisis de los conocimientos científicos y sus implicaciones en la selección de contenidos**

Hasta ahora se ha contemplado el estudio de la Electricidad y el Magnetismo en el Ciclo Superior de la EGB y en los primeros cursos de las EEMM. Sin entrar en un análisis exhaustivo (idoneidad de los conceptos seleccionados, distribución o jerarquía establecida entre ellos,...), quisiéramos hacer unas consideraciones:

- se presentan dos ámbitos en el estudio de la Electricidad sin aparente conexión (¿qué relación establece el alumno entre la electrización por frotamiento de un bolita y una bombilla que se enciende en un circuito eléctrico?)

- no se justifica, entre otras cosas, la asociación de la energía potencial ni del potencial eléctrico a las fuerzas electrostáticas (¿cómo reconocer que son fuerzas conservativas?).

- el concepto de diferencia de potencial (d.d.p.) aparece en tres acepciones sin aparente relación (¿derivado del potencial electrostático, relacionado con la fuerza electromotriz -f.e.m.- o como variable en la Ley de Ohm?).

- hay referencias indistintas al término resistencia (R) (¿es un elemento en un circuito, una "fuerza eléctrica" o un coeficiente que relaciona la d.d.p. y la intensidad de corriente?).

- no se aclara qué es el campo magnético (¿es el mismo en la imantación natural y en los fenómenos electromagnéticos? ¿es posible un potencial magnético?).

Son muchos los factores que inciden en el éxito de una propuesta didáctica pero, sin duda, uno es la coherencia científica con la que se presenten los conocimientos. En los nuevos programas de la ESO aparecen en el Bloque Temático 11 (MEC, 1989); su formulación resulta ambigua y va a exigir al profesorado - creemos que afortunadamente- unas decisiones personales y colectivas que afectarán a su intervención en el aula. Analizaremos qué contenidos podemos enseñar ya que son un referente obligado del *Qué hacer* con las ideas de nuestros alumnos.

#### **A) Respecto a los contenidos conceptuales**

Los contenidos C.1 de los programas oficiales se refieren a Electrostática. Ya aludimos en un trabajo anterior la problemática científica y didáctica de los mismos (Valcárcel y otros, 1990) por lo que no entraremos en una discusión detallada. Desde el propio curriculum, se reconoce que las características de los conceptos implicados y sus condicionamientos matemáti-

cos dificultan mucho un aprendizaje significativo (estructurado y útil para el que aprende) con los alumnos que hoy tenemos. Sólo la introducción al concepto de carga (necesidad, reglas asociadas,...) no presenta problemas; tampoco el resto son "esenciales" para abordar otros conocimientos. Puesto que hay que seleccionar los contenidos a enseñar (consabido es el problema del tiempo para el profesorado), optamos por no incluirlos en nuestra propuesta.

Los contenidos C.2 se refieren al estudio de los Circuitos Eléctricos y parecen los más prioritarios en este bloque; en la Figura 1 aparece el esquema conceptual correspondiente. Se pueden apreciar cuatro niveles en el estudio: conexión de elementos de un circuito, conceptualización de la corriente eléctrica, profundización conceptual y efectos de la corriente (ver figura 1).

El concepto más relevante es el de circuito eléctrico pero el auténtico eje de nuestra intervención será el de corriente eléctrica, como veremos más adelante. Hay otros, como f.e.m., R eléctrica, I de corriente y d.d.p., que son también importantes. Los interrogantes centrales a los que dar respuesta en la propuesta, desde una perspectiva científica, serían:

- ¿Qué es un circuito eléctrico?. ¿Es la corriente eléctrica un fluido que llega a los elementos a través de los conductores?. ¿Qué modelo usamos para interpretar la corriente eléctrica?

- ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen los montajes con bombillas, con pilas y con resistencias?. ¿Qué es un cortocircuito?.- ¿Por qué se crean los conceptos de I y d.d.p.?. ¿Son dos magnitudes que miden lo "mismo"?. ¿Hay corriente en una pila que no está conectada a un circuito?

- ¿Es la R un elemento del circuito, un valor característico de los conductores o la pendiente de la recta en la ley de Ohm?

- ¿Es la f.e.m. una fuerza?. ¿Es diferente a las estudiadas en la Mecánica?. ¿Por qué tiene las mismas unidades que la d.d.p.?

- ¿Por qué se inventa la Ley de Joule para relacionar d.d.p. e I si ya estaba la Ley de Ohm?. ¿Qué diferencias hay entre la ley y el efecto Joule?

- ¿Qué son las leyes de Kirchoff?. ¿Son fenomenológicas o formulaciones matemáticas?. ¿Existe la intensidad de malla?

- ¿Cómo estudiamos los circuitos eléctricos energéticamente?. ¿Qué significa que la energía eléctrica puede transformarse?

En principio, no hay "grandes" condicionamientos para abordar estas cuestiones. La no inclusión de los contenidos implicados puede deberse a una limitación temporal o a una exclusión intencionada del profesor, pero no a su dificultad científica como en la Electrostática. En nuestro caso, los distribuimos en dos cursos para no alargar la unidad temática (con sus efectos desmotivadores) y para no hipotecar el desarrollo de otros bloques; nos referiremos prioritariamente a la propuesta que hacemos para el primero de ellos.

Los contenidos C.3 se refieren a la Iniciación al Magnetismo y al Electromagnetismo; en la Figura 2 aparece un esquema conceptual básico de estos. Se pueden establecer tres niveles en su estudio: identificación de los fenómenos, conceptualización del campo magnético y profundización conceptual. Al igual que ocurría en la Electrostática (leyes de Gauss, Laplace,...), los conocimientos matemáticos implicados (leyes de Lorentz, Biot-Savart, Ampere,...) son complejos para estos niveles educativos (ver figura 2).

Los conceptos más relevantes son los de propiedad magnética y electromagnética. Por las limitaciones señaladas, sólo nos centraremos en aspectos descriptivos; por lo que tendríamos los siguientes interrogantes:

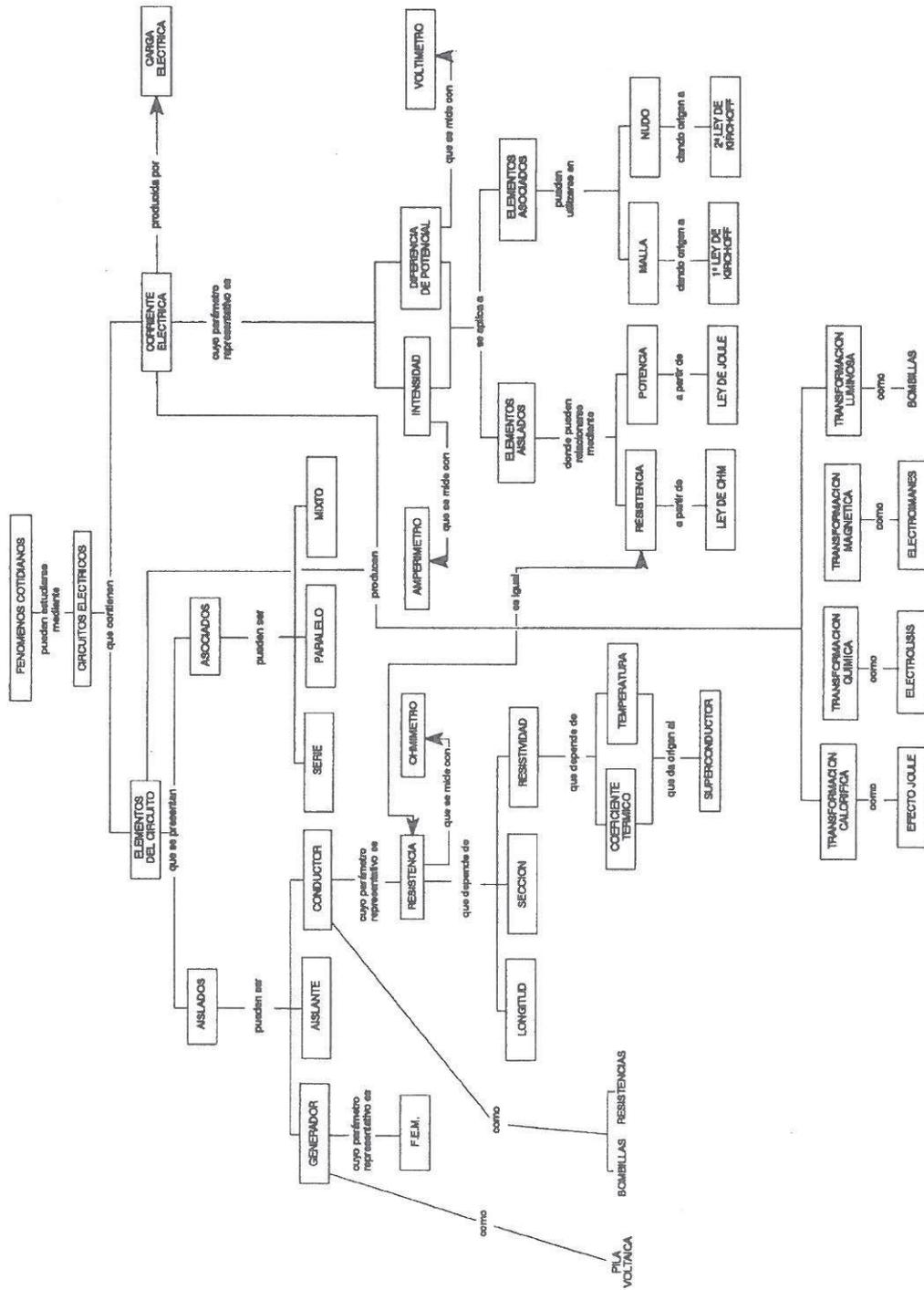


Fig. 1.

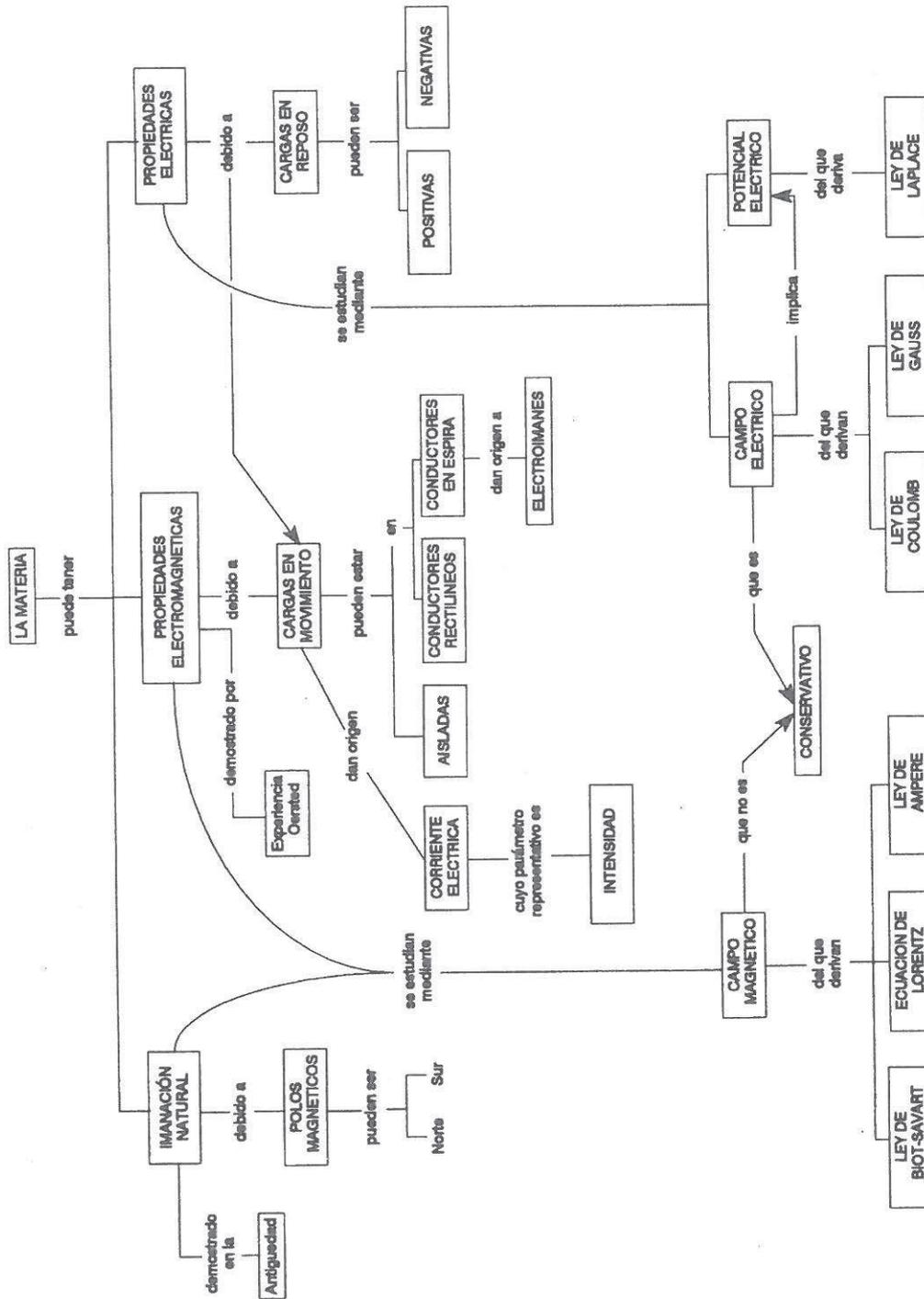


Fig. 2.

- ¿Qué diferencias hay entre los fenómenos magnéticos y los electrostáticos? ¿Y entre los polos magnéticos y las cargas eléctricas?

- ¿Qué es el electromagnetismo? ¿Qué lo diferencia de la imanación natural?

- ¿Qué son los electroimanes? ¿De qué dependen sus efectos? ¿Qué son las corrientes inducidas? ¿De qué depende la Intensidad de corriente inducida?

#### *B) Respecto a los contenidos procedimentales*

Siguiendo nuestro análisis de los contenidos propuestos institucionalmente (MEC, 1989), observamos que P.1 se refiere a la explicación de situaciones cotidianas relacionadas con el tema. Para que se produzca un aprendizaje es preciso que el alumno relacione la nueva información con lo que sabe o con experiencias próximas, y que vea una utilidad clara a lo que está aprendiendo. Aunque sólo sea por este motivo, quedaría justificada sobradamente la presencia de actividades que cumplan esta función. Sin embargo, creemos que se confunden los contenidos procedimentales con las actividades de aprendizaje (Pro, 1995).

Dejando a un lado el acierto en su formulación, el alumno debe aprender a identificar y dar respuesta a situaciones-problemas de su entorno (¿es cierto que hay cintas que eliminan la electricidad estática?, ¿por qué las bombillas están encerradas en cápsulas de vidrio?, ¿por qué cuando se funde una bombilla en un árbol de Navidad se apagan las demás?, ¿cómo se explica el recibo de la luz?,...) La aproximación del contenido objeto de enseñanza al que aprende resulta esencial, con independencia del cómo lo hagamos.

Los contenidos implícitos en P.2 incluyen habilidades manipulativas como el manejo de material de laboratorio, empleo de instrumentos de medida o la realiza-

ción de montajes. Habría que señalar que los equipos didácticos habituales de los centros contienen amperímetros, voltímetros y polímetros obsoletos que dificultan la propia manipulación; nos parece más adecuado acudir a aparatos comerciales de más simple estructura, que no tienen problemas de escalas o de lectura y que son más precisos. La utilización de las "cajas de montaje de circuitos" favorece el desarrollo de capacidades espaciales y de representación de elementos figurativos, pero puede también complicar la adquisición de otros contenidos. Trabajaremos sólo circuitos simples en serie, en paralelo y mixtos.

Además de estas destrezas prácticas, la unidad didáctica (U.D.) se presta a la inclusión de otros contenidos procedimentales (Pro, 1995): observación de fenómenos, registro de datos, identificación y control de variables, elaboración de diseños, análisis de tablas de valores, comprobación y comparación de resultados, interpretación de situaciones, establecimiento de conclusiones,... Muchas veces se identifican los procedimientos científicos con la realización de montajes experimentales; sin considerar que hay otros contenidos específicos de la Ciencia que tienen un valor formativo, más allá de las destrezas manuales.

Los contenidos P.3 y P.4 están incluidos en los anteriores. Quizás, lo que se pretende con los calificativos de "elementales" o "sencillas" es recalcar que no es suficiente hablar de contenidos procedimentales, en términos de existencia o no-existencia, sino de su grado de dificultad. En efecto, si hablamos de relaciones entre dos variables, es más fácil hacerlo entre dos relacionadas de forma proporcional y directa (I y d.d.p. en la ley de Ohm), que en una relación multivariable e inversa (R y la sección en los conductores lineales). Esto nos exige una secuenciación "escalonada" de los

mismos atendiendo a su complejidad (Shayer y Adey, 1984).

La formulación de P.5 introduce contenidos conceptuales que no se habían especificado; en concreto, las transformaciones energéticas. La identificación de las mismas en aparatos y máquinas suponen una transferencia muy interesante de los aprendizajes (¿por qué se puede encender una calculadora con la luz solar?, ¿cómo diseñarías una ducha de agua caliente que aproveche la energía eléctrica?...), pero ya estaban incluidos en P.1.

La inclusión de la problemática energética amplía significativamente la extensión de esta U.D., a costa obviamente de otros bloques. Para no alargarla puede haber dos alternativas: incluir en ella el Magnetismo y el Electromagnetismo (estudiando los contenidos energéticos, junto con los de otros bloques temáticos, en una U.D. global denominada "Energía y recursos energéticos" como realizan Brooks y otros, 1987) o abordar las transformaciones de la energía eléctrica en la vida cotidiana (haciendo una U.D. específica de Magnetismo y Electromagnetismo descontextualizada de los fenómenos eléctricos). Hemos optado por la primera.

Los contenidos P.6 y P.7 se refieren al análisis de las formas de producción y consumo de energía eléctrica. Aunque no seleccionemos los contenidos conceptuales implicados, la formulación de ambos da una dimensión nueva a los procedimentales, al tener que partir de datos no obtenidos manipulativamente por el alumno. La utilización de otras fuentes de información es un procedimiento no exclusivo de las Ciencias pero de gran importancia para ella. Sin embargo, su escaso aprendizaje por nuestros alumnos nos obliga a una elección cuidadosa y bastante dirigida de los documentos, textos, tablas y gráficas, etc., sin perder de vista su intencionalidad educativa. En nuestra propuesta utili-

zamos, como veremos, fuentes diversificadas.

La introducción de contenidos procedimentales, de forma explícita, en el currículum oficial supone una innovación importante. No obstante, creemos que no deberíamos caer en el error de intentar incluir todos los posibles en cada una de las actividades que se realicen. Igual que en los conceptuales, es preciso seleccionar, en función de su idoneidad y coherencia científica, y en orden a la oportunidad didáctica (Pro, 1995).

### *C) Respecto a los contenidos actitudinales*

En primer lugar, habría que indicar que nos parecen insuficientes las actitudes planteadas para este bloque temático, considerando las posibilidades del mismo. Creemos que el problema está en la utilización del término "actitud", bastante alejado del modelo de Fishbein y Ajzen (1980) en sus tres acepciones: las actitudes científicas (próximas a los procedimientos), ante la Ciencia (uno de los fundamentos del movimiento C-T-S) y ante la disciplina académica (la más conocida por el profesorado).

Los contenidos A.1 y A.3 indican la necesidad de huir de los "aprendizajes rápidos" en la realización de las experiencias o en el planteamiento de problemas, en favor de acciones más pausadas, rigurosas, críticas,.. y bien seleccionadas; A.2 parece más un contenido conceptual.

Echamos en falta actitudes que, para nosotros, son muy relevantes: el respeto a los demás en los contrastes de ideas, la colaboración y la cooperación en las tareas, la coherencia entre los resultados obtenidos y las conclusiones que se derivan, la voluntad para cambiar opiniones, la autoestima, el espíritu crítico y democrático,.. Lógicamente la selección de estos contenidos tiene repercusiones en los principios metodológicos, en la forma de

trabajar en el aula, en el papel del profesor y de los alumnos, etc.

### **Análisis de la problemática del aprendizaje de la Electricidad y Magnetismo**

Como ya dijimos, otro de los fundamentos de nuestra propuesta son las concepciones de los alumnos sobre los contenidos implicados. Se han realizado muchos estudios e investigaciones en el ámbito de la Electricidad y del Magnetismo que son interesantes para el diagnóstico y para la intervención didáctica. No obstante, en algunos trabajos, parece que se pone más énfasis en detectar los errores que en buscar qué conocimientos pueden ser utilizados o completados en el aula...

Dentro del paradigma piagetiano, resaltaríamos las aportaciones de Shayer y Adey (1984). A partir de dos taxonomías (Desarrollo de la interacción con el mundo y Esquemas de comprensión científica) los autores secuencian los contenidos de Electricidad en función del desarrollo evolutivo de los alumnos. Aunque sea discutible el paralelismo con la edad biológica, la ordenación resulta muy útil para el diseño del currículum.

Con marcos teóricos diferentes, se ha encontrado que el alumno suele "adornar" sus razonamientos con concepciones "mágicas" o con ciertos "aires de peligrosidad". Creemos con Oldham y otros (1986) que existe una relación entre ideas y experiencias vividas con anterioridad (pequeños accidentes, prohibiciones de los adultos, roles sociales,...).

Donde se han centrado los mayores esfuerzos ha sido en el concepto de corriente eléctrica: la consideración de que es un fluido o algo sustancial que va atravesando los elementos del circuito subyace en muchas interpretaciones de los alumnos. Shipstone (1984), Anderson (1986), Varela y otros (1988), Acevedo (1989),... han

identificado los modelos unipolar, concurrente, de atenuación y de reparto, ampliamente difundidos en la literatura científica. Curiosamente hay otros (Bullock, 1979) que no consideran problemática la idea de fluido en los niveles elementales. Nosotros creemos necesario establecer un modelo interpretativo, coherente científicamente (aunque no sea completo) y útil para el estudiante, por muchas dificultades que implique.

No sólo la corriente eléctrica plantea esquemas alternativos. Así, se han estudiado las concepciones respecto a las baterías (Osborne y Gilbert, 1980), a las resistencias (Shipstone, 1985) o a las bombillas (Sebastia, 1993). En estos casos, la influencia del modelo de fluido y la consideración de "cajas negras" de los elementos dan una gran consistencia a las ideas que se mantienen en universitarios y en profesores en ejercicio.

También se han estudiado las concepciones de los alumnos sobre la R y su relación con otras magnitudes en los conductores lineales; sobre la d.d.p. y su confusión con f.e.m.; sobre la utilización de la ley de Ohm como ley fenomenológica en el estudio de los circuitos,... que revisa en su trabajo Brna (1988) y que completa con sus propias aportaciones.

Nos parece útil el trabajo de Johsua (1984) sobre el uso de diagramas y representaciones simbólicas en la Física, resaltando la dependencia icónica en el aprendizaje de la electricidad. O los de Solomon y Black (1987) que aluden a la disyuntiva en el estudiante cuando se solapan el lenguaje cotidiano y la terminología científica (electricidad-corriente, energía-potencia eléctrica, intensidad-voltaje,...).

Nosotros hemos realizado exploraciones diagnósticas sobre las ideas que los alumnos tienen en nuestro contexto educativo (Pro, 1984; García-Estañ y otros, 1988). Si bien se reconocieron la mayoría

de las aportaciones ya señaladas, no siempre se realizaban con la misma frecuencia y, sobre todo, no eran las únicas. Quisiéramos añadir algunas, de forma sintetizada:

- en el campo de la electrostática, menos estudiado que los circuitos, los alumnos consideran las cargas como partículas y no como propiedad de la materia; hay dificultades para diferenciar campo y de fuerza eléctrica; el concepto de potencial carece de significado para ellos.

- además de los modelos de corriente señalados, hemos detectado el que llamamos interruptor-fuente, que considera al interruptor como una fuente de alimentación y no como un elemento que cierra el circuito; también hemos constatado la dependencia del tipo de montaje (en serie o paralelo) en los razonamientos correspondientes.

- utilizando bombillas, el modelo de fluido distorsiona algunas percepciones (qué bombilla se enciende antes al cerrar un circuito o cuál brilla más, p.e.).

- se confunden los conceptos de I y d.d.p. (voltaje); no ven justificación para usar los dos en el estudio de la corriente.

- tienden a "memorizar" cómo se utilizan y se conectan los amperímetros y voltímetros en un circuito; tienen problemas con las lecturas, escalas, unidades,... pero no tanto con la realización de montajes; no siempre realizan representaciones gráficas a partir de una tabla de valores y menos aún infieren una ley inductiva.

- asocian el término R a una fuerza que se opone al paso de la corriente y la f.e.m. a una fuerza a favor de la misma; no consideran que un cable tenga una R.

- dotan a los fenómenos electrostáticos, magnéticos y electromagnéticos de un esoterismo que les impide diferenciarlos; la existencia de cargas aisladas les lleva a la idea del monopolio.

- en sus interpretaciones sobre las transformaciones de energía eléctrica sub-

yacen las dificultades de los conceptos energéticos (fluido sustancial que va de un lugar a otro).

Los trabajos citados en este apartado no nos sirven para establecer las limitaciones sino las condiciones de los alumnos. Pensamos que la coherencia de las ideas (estructuración de los conocimientos) y la vehemencia con que se defienden (implicación personal del alumno), aunque sean equivocadas, son factores que pueden favorecer la evolución de las mismas y, en definitiva, el aprendizaje. Los estudios diagnósticos deberían profundizar en cuáles son los esquemas con los que se identifican los estudiantes, buscar sus causas y, sobre todo, indagar en qué estrategias didácticas podrían solventarlas. Este último aspecto no ha sido suficientemente atendido por lo que la repercusión de los hallazgos de la investigación en el aula ha sido mínima.

### Propuesta de intervención en el aula

En los apartados anteriores hemos analizado las ideas iniciales que pueden tener los alumnos y los esquemas hacia los que deben evolucionar sus conocimientos. Nos parece imposible establecer "una" forma universal de conseguirlo; vemos más asequible clarificar unas pautas generales y ejemplificarlas en una propuesta concreta. En síntesis, las nuestras serían:

- el alumno, no sólo el profesor, debe identificar y explicitar sus propias ideas, contrastarlas con las de otros compañeros y darse cuenta de las coincidencias y de las discrepancias.

- deben cuestionarse, de forma concluyente para el alumno, aquellas ideas que condicionan su proceso de aprendizaje (p.e., el modelo de corriente); otras veces falta alguna información o debe recontextualizarla.

- el estudiante tiene que percibir claramente que se está trabajando con sus ideas y que los nuevos conocimientos se van relacionando con las concepciones que identificó.

- el que aprende debe encontrar una utilidad inmediata a la nueva información; para ello hay que utilizarla en situaciones próximas a su entorno o a sus intereses; pero aprender es ser capaz de transferirla a otras más alejadas (de ahí la importancia de la resolución de problemas).

- es necesario que, al final de un proceso, el alumno reconozca que sus concepciones iniciales se han modificado, sustituido o ampliado, es decir, que ha aprendido algo.

Desde los programas oficiales, se aboga por la concepción constructivista del aprendizaje y sus correspondientes consecuencias en la enseñanza. Aunque el constructivismo, como cualquier marco teórico, tiene diferentes enfoques prácticos (Needham, 1987; Osborne y Freiberg, 1985) y haya sido discutido (Hashweh, 1988), resulta una buena referencia para plantear nuestra propuesta didáctica; en ningún caso lo consideramos excluyente de las aportaciones realizadas en otros ámbitos (p.e., los modelos sistémicos, las teorías de procesamiento de la información,...). Por ello, utilizamos los esquemas habituales en los trabajos del proyecto CLIS en la descripción de la misma, sin "encorsetarnos" a una secuencia rígida de enseñanza que la propia práctica educativa matiza con cada grupo de alumnos y en cada aula.

No obstante, de cara a nuestra intervención en el aula nos parecen también interesantes las aportaciones que, en este campo, han realizado otros autores (Grup Recerca, 1980; Gega, 1982; Karplus y otros, 1988;...). No es el objeto de nuestro trabajo entrar a debatirlas pero, desde luego, suponen siempre un elemento de contraste, de reflexión y de nuevas ideas.

La distribución de contenidos en nuestra propuesta -como ya dijimos, sólo se refiere al primer curso- nos lleva a distinguir cuatro partes en el desarrollo de la U.D.:

- se inicia con el estudio de los Circuitos Eléctricos desde una perspectiva cualitativa: reconocimiento de elementos, normas de uso, representación simbólica, conexión en serie y paralelo (Cuadro 1).

- después abordamos la conceptualización de la corriente eléctrica a partir del concepto de carga eléctrica: carga eléctrica, corriente eléctrica, I y d.d.p. (Cuadro 2).

- posteriormente establecemos las relaciones entre I y V, a partir de una ley fenomenológica y de otra no empírica: R, ley de Ohm, P y ley de Joule (Cuadro 3).

- por último, introducimos el magnetismo y el electromagnetismo en los términos señalados: imanación natural, polos magnéticos, electroimanes y corrientes inducidas (Cuadro 4).

En todos los esquemas aparecen tres columnas que tratan de sintetizar los contenidos, las estrategias y los recursos de nuestra propuesta. En la denominada "Secuencia de Enseñanza" se aluden a las fases de la secuencia constructivista, según el planteamiento de Needham (1987), con su intencionalidad educativa.

La segunda columna se denomina "Preguntas-clave". Como su nombre indica, son los ejes de la información y de las actividades que trabajamos; no son las cuestiones que se plantea a los alumnos sino el hilo conductor de la propuesta a partir de unos interrogantes en los que subyacen la secuenciación de los contenidos conceptuales y procedimentales.

- en la primera parte (Cuadro 1), imprescindible para el desarrollo de lo demás, trabajamos aspectos más tecnológicos que físicos; sólo utilizaremos bombillas y pilas, de manera que los razonamientos se realicen en términos de luminosidad y brillo, que no precisan de una conceptualiza-

ción. Incluimos contenidos identificativos, manipulativos, interpretativos,... pero, en gran medida, todos se ven condicionados por los conocimientos previos, escolares o extraescolares, del grupo.

- en la segunda (Cuadro 2) introducimos el concepto de carga desde una perspectiva histórica (Du Fay, Franklin, Coulomb,...) para evitar la incursión en la Electrostática. La importancia científica y didáctica del concepto de corriente centra nuestra intervención; para nosotros es prioritario establecer un modelo interpretativo (aunque no sea completo) que sirva para que el alumno explique o prediga situaciones. Nos parece más adecuado trabajar antes la I que la d.d.p., por su proximidad a los esquemas que tienen los estudiantes. La utilización de aparatos de medida (amperímetros y voltímetros) nos permite el uso de resistencias en los montajes experimentales y paliar, en parte, las limitaciones debidas a la "caja negra". Para justificar la necesidad de la d.d.p., planteamos la imposibilidad de medir con un amperímetro la corriente de una pila aislada, mientras que es posible hacerlo con un voltímetro.

- en la tercera (Cuadro 3) relacionamos I y d.d.p. a través de dos magnitudes que, en su justificación, son muy diferentes: la R proviene de una ley fenomenológica y la P de un modelo energético, lo que tiene unas repercusiones metodológicas importantes. En el primer caso, permite la realización de diseños, el control y la exclusión de variables, la realización e interpretación de gráficas,...; y, en el segundo, hay que justificar su utilidad (sobre todo, por su implantación en la vida cotidiana), incidir en la significación e interpretación de resultados numéricos en problemas domésticos,... Es la parte de la propuesta que se presta más a conectar con situaciones próximas, tanto experimentalmente como en tareas de papel y lápiz.

- en la última parte (Cuadro 4) pretendemos incidir en los aspectos descriptivos del magnetismo, más que en los conceptuales; esto no nos impide hacer estudios multivariados (dependencia de la fuerza en un electroimán o intensidad de corrientes inducidas). Otro aspecto fundamental es la diferenciación entre los fenómenos electrostáticos, magnéticos y electromagnéticos; dada la novedad de los aparatos para el alumno, el profesor debe realizar algunas experiencias de cátedra.

La tercera columna se denomina "Tipo de actividad". No hay una actividad "emblemática"; tratamos de utilizar las estrategias y los recursos al servicio de unos planteamientos metodológicos y no al revés. Hay acciones en las que el profesor interviene de forma explícita, como cuando organiza la dinámica de la clase, justifica el estudio de algún fenómeno, expone o explica una información, realiza alguna experiencia de cátedra, plantea problemas, elabora documentos, etc. Pero, incluso, en estos momentos, se busca un ambiente que facilite la utilización de las ideas del alumno ya que pensamos que el protagonismo debe ser del que aprende.

Hay otras acciones en las que se percibe más claramente la participación del alumno en su proceso de aprendizaje: explicitación y contraste de ideas, elaboración de trabajos prácticos, resolución de problemas de papel y lápiz, realización de ejercicios de búsqueda, revisión de lo que ha aprendido, etc. En todos ellos, se observa la importancia que tiene el trabajo en pequeño y gran grupo como un elemento contextualizador del aprendizaje individual. Al respecto quisiéramos resaltar que, para nosotros, esta forma de trabajar es positiva pero que la acomodación de nuestros alumnos a este cambio metodológico requiere tiempo y no se realiza de forma "automática".

Para nosotros también juega un papel fundamental el cuaderno de trabajo de

los alumnos; no queremos que sirva para contestar una serie de preguntas de forma obligada, copiando respuestas en las que no se vea implicado; pretendemos que sea un elemento de reflexión y de comunicación personal, lo que exige un seguimiento continuado por el profesor,

que sea percibido claramente por los estudiantes. Asimismo, consideramos fundamental que el ambiente de aula favorezca la implicación real de estos en el proceso y, para este logro, el profesor tiene que estar convencido de su utilidad.

| SECUENCIA ENSEÑANZA                           | PREGUNTAS CLAVE   | TIPO DE ACTIVIDAD  |
|---|---|--|
| <b>ORIENTACION</b>                            | * Organización del trabajo y de la dinámica de la clase (¿cómo vamos a trabajar este tema?).<br>Explicitación de criterios de evaluación (¿cómo podemos aprobar?).  | Planteamiento del profesor al gran grupo.  |
| <b>EXPLICITACION IDEAS</b>                    | * ¿Cómo interpreta el alumno que al accionar un botón se enciende una bombilla?. ¿Qué semejanzas y diferencias tiene respecto a otros compañeros?   | Elaboración de banco de ideas ante una situación real. Trabajo individual y en grupo con tarjetas de acuerdo/desacuerdo/no sabe.   |
| <b>CONSTRUCCION APRENDIZAJES</b>              |   |  |
| * Elementos de un circuito<br>* Reglas de uso | * ¿Cuáles son los elementos del circuito?. ¿Qué podemos decir sobre ellos?. ¿Cuáles son aislantes, conductores y generadores?.<br>* ¿Cómo montamos un circuito?. ¿Qué es un cortocircuito?  | Explicación del profesor.<br>Lectura documento sobre elementos circuito.<br>Puesta en común gran grupo.<br>Experiencia de cátedra. |
| * Representación simbólica                    | * ¿Cómo representamos un circuito?  | Explicación del profesor.<br>Realización de ejercicios (a partir de montajes reales).  |
| * Circuito en serie<br>* Circuito en paralelo | * ¿Qué es un circuito de bombillas en serie y en paralelo?. ¿Cómo lo montamos y representamos?<br>* ¿Cuál brilla más en serie o en paralelo?<br>* ¿Qué ocurre si desconectamos una bombilla en algunos de los circuitos?. ¿Y si cortocircuitamos una bombilla?. ¿Y si conectamos más bombillas? | Realización de hojas de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en gran grupo.                         |
| <b>Aplicación inmediata</b>                   | * ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen estos montajes?. Estudiar ejemplos de ambos.  | Planteamiento del profesor al gran grupo.  |
| <b>APLICACION</b>                             | * Problemas abiertos: encender una habitación con doble conmutador, juego respuesta correcta,...  | Trabajo práctico: diseño, elaboración y realización práctica en pequeño grupo.   |

Cuadro 1.

| SECUENCIA ENSEÑANZA   | PREGUNTAS CLAVE   | TIPO DE ACTIVIDAD   |
|---|---|---|
| <b>ORIENTACION</b>  | * ¿Por qué necesitamos estudiar un circuito de forma cuantitativa? ¿De qué consta? ¿Qué tendremos que conceptualizar?   | Explicación del profesor.   |
| <b>EXPLICITACION IDEAS</b>  | * ¿Qué idea tiene el alumno sobre la corriente eléctrica (modelos unipolar, concurrente, atenuación, de reparto, interruptor-fuente,...)? ¿Son similares o diferentes a las de sus compañeros?  | Prueba experiencial de circuitos eléctricos.<br>Trabajo en pequeños grupos y elaboración de mural.<br>Puesta en común para reconocer las ideas similares y las diferentes.                                |
| <b>CONSTRUCCION APRENDIZAJES</b>  |   |   |
| * <b>Carga eléctrica</b>  | * ¿Por qué es necesario el concepto de carga eléctrica?<br>* ¿Qué reglas tiene la construcción de este concepto?  | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.<br>Lectura documento sobre carga eléctrica.<br>Puesta en común en gran grupo.  |
| <b>Aplicación inmediata</b>   | * ¿Es la carga una partícula? ¿Pueden moverse las partículas cargadas en un conductor?  | Planteamiento del profesor al gran grupo.   |
| * <b>Corriente eléctrica</b><br>* <b>Intensidad</b><br>* <b>Amperímetro</b> | * ¿Cómo estudiar la corriente eléctrica? ¿Cómo se mide con un amperímetro? ¿Qué unidades tiene I?<br>* ¿Qué son las resistencias (elemento de circuito)?<br>* Estudiar I en circuitos con resistencias (en serie y paralelo) y representar sus diagramas. | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.<br>Lectura documento sobre resistencia.<br>Realización de hoja de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en gran grupo. |
| <b>Aplicación inmediata</b>   | * ¿Son ciertos los modelos de corriente mencionados?  | Planteamiento del profesor al gran grupo.   |
| * <b>Diferencia de potencial</b><br>* <b>Voltímetro</b>                     | * ¿Es suficiente el concepto de I para estudiar la corriente? ¿Cómo se mide con un voltímetro? ¿Qué unidades tiene la d.d.p.?<br>* Estudiar la d.d.p. en circuitos con resistencias (en serie y en paralelo) y representar sus diagramas.                 | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.<br>Realización de hoja de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en gran grupo.   |
| <b>Aplicación inmediata</b>   | * ¿Qué modelo de corriente eléctrica podemos considerar para nuestras interpretaciones sobre la corriente eléctrica?  | Planteamiento del profesor al gran grupo.   |
| <b>APLICACION</b>   | * Estudiar cuantitativamente los valores de I y d.d.p. en circuitos mixtos. Representar sus diagramas.  | Realización de hoja de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en el gran grupo.  |
| <b>REVISION</b>   | * ¿Qué hemos cambiado de nuestras ideas iniciales? ¿Qué hemos aprendido? ¿Qué nos ha llamado la atención?   | Revisión de las respuestas de la explicitación. Puesta en común en el gran grupo.   |

Cuadro 2.

| SECUENCIA ENSEÑANZA                     | PREGUNTAS CLAVE   | TIPO DE ACTIVIDAD   |
|---|---|---|
| <b>ORIENTACION</b>                      | * ¿Por qué es necesario relacionar I y d.d.p.?<br>¿Sólo se utilizan estos conceptos en la vida cotidiana?.  | Explicación del profesor.   |
| <b>EXPLICITACION IDEAS</b>              | * ¿Qué ideas tiene el alumno respecto a hechos de la vida cotidiana donde estén implicados aspectos relacionados con los circuitos eléctricos?. ¿Son similares o diferentes a las de sus compañeros? .  | Cuestionario sobre circuitos en la vida diaria.<br>Trabajo en pequeños grupos y elaboración de hoja inicial.  |
| <b>CONSTRUCCION APRENDIZAJES</b>        |   |   |
| * Resistencia eléctrica<br>* Ley de Ohm | * ¿Qué relación hay entre I y d.d.p. en un circuito simple?. ¿Cómo representamos d.d.p. frente a I?. ¿Qué es R?. ¿Qué unidades tiene?<br>* ¿Depende el valor de R del tipo de montaje (en serie, paralelo o mixto) que utilicemos?. ¿Y de la posición que ocupe la resistencia en los mismos?<br>* Deducir experimentalmente la ley de Ohm. | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.<br>Realización de hoja de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en el gran grupo.<br>Planteamiento del profesor al gran grupo. |
| <b>Aplicación inmediata</b>             | * Problemas de la vida cotidiana (cálculo de la R de una bombilla comercial, justificación de lo que pasa si V es mayor que el Vmax. de un aparato,...).  | Realización de hoja de trabajo (experiencia de búsqueda).<br>Puesta en común en el gran grupo.  |
| * Potencia eléctrica<br>* Ley de Joule  | * ¿Qué otra relación podemos hacer entre I y d.d.p.?. ¿Qué es P eléctrica?. ¿Qué unidades tiene?<br>* ¿Qué es la ley de Joule?. ¿Es una ley fenomenológica?. ¿Qué principios lleva consigo?.  | Explicación del profesor.   |
| <b>Aplicación inmediata</b>             | * Problemas de la vida cotidiana (significado que un aparato sea de P watos, cálculo de I en una bombilla comercial a partir de sus características,...)  | Realización de hoja de trabajo (experiencia de búsqueda).<br>Puesta en común en el gran grupo.  |
| <b>APLICACION</b>                       | * Estudiar energéticamente los circuitos utilizados para la deducción experimental de la ley de Ohm.<br>* Ejercicios y problemas donde se pongan en juego las leyes de Ohm y de Joule.  | Realización de hoja de trabajo en pequeño grupo (papel y lápiz).  |
| <b>REVISION</b>                         | * ¿Qué hemos cambiado de nuestras ideas iniciales?. ¿Qué hemos aprendido?. ¿Qué nos ha llamado la atención?.  | Revisión de las respuestas de la explicitación. Puesta en común en el gran grupo.   |

Cuadro 3.

| SECUENCIA ENSEÑANZA                                     | PREGUNTAS CLAVE   | TIPO DE ACTIVIDAD   |
|---|---|---|
| <b>ORIENTACION</b>                                      | * ¿Por qué es importante estudiar los fenómenos magnéticos?. ¿Es posible transformar la energía eléctrica en magnética y viceversa?.                                | Explicación del profesor.   |
| <b>CONSTRUCCION APRENDIZAJES</b>                        |   |   |
| * <b>Imanación natural</b><br>* <b>Polos magnéticos</b> | * ¿Qué es la imanación natural?. ¿Cómo podemos estudiarla?<br>* ¿Qué es un polo magnético?. ¿Existen los monopolos aislados?.                                       | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.  |
| <b>Aplicación inmediata</b>                             | * ¿Qué diferencias y analogías hay entre los fenómenos electrostáticos y los magnéticos?. ¿Y entre la carga eléctrica y el polo magnético?.                         | Planteamiento del profesor al gran grupo.   |
| * <b>Electroimán</b>                                    | * ¿Es posible hacer "un imán" con una corriente eléctrica?. ¿En qué consiste la experiencia de Oersted?. ¿Qué es un electroimán? .<br>* ¿De qué depende su fuerza?. | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.<br>Planteamiento del profesor al gran grupo.                     |
| * <b>Corriente inducida</b>                             | * ¿Es posible producir una corriente eléctrica con un imán?. ¿Qué es una corriente inducida?. ¿Cómo medimos esta corriente? .                                       | Explicación del profesor.<br>Experiencia de cátedra.  |
| <b>Aplicación inmediata</b>                             | * ¿De qué depende la I de la corriente inducida?.   | Realización de hojas de trabajo en pequeño grupo (experiencia práctica).<br>Puesta en común en el gran grupo.         |
| <b>APLICACION</b>                                       | * Problemas tecnológicos: realizar un timbre y estudiar cómo modificar el sonido, realizar un aparato de morse,...  | Documentos sobre aparatos electromagnéticos.<br>Trabajo práctico: diseño, elaboración y realización en pequeño grupo. |
| <b>REVISION</b>   | * ¿Qué hemos aprendido?. ¿Para qué nos puede servir?. ¿Qué nos ha llamado más la atención?.   | Revisión de la unidad en el gran grupo.   |

Cuadro 4.

## REFERENCIAS

- ACEVEDO, J.A. (1989). Las interpretaciones de los estudiantes de BUP sobre electrocinética. *Investigación en la Escuela*. 7, 107-115.
- BRNA, P. (1988). Confronting misconceptions in the domain of simple electrical circuits. *Instructional Science*. 17, 29-55.
- BROOKS, A. y otros (1987). Approaches to teaching Energy. *Children's learning in Science Project*. University of Leeds.
- BULLOCK, B. (1979). The use of models to teach elementary physics. *Physics Education*. 14, 312-317.
- FISHBEIN, M. y AJZEN, I. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. New Jersey: Prentice Hall.
- GARCIA ESTAÑ, R. y otros (1988). *El aprendizaje de la Física en EGB. Exploración diagnóstica en Murcia*. Murcia: ICE.
- GEGA, P. (1980). *La enseñanza de las Ciencias Físicas en la Escuela Primaria*. Barcelona: Paidós.
- GRUP RECERCA (1980). *La corriente eléctrica*. Barcelona: ICE de UAB.
- HASHWEH, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in Science. *J. Res. Scien. Teaching*. 25, 121-134.
- JOSHUA, S. (1984). Students interpretation of simple electrical diagrams. *Eur. J. Scien. Educ.* 6, 271-275.
- KARPLUS, R. y otros (1988). *Delta Education SCIS Program. Scientific Theories (level 6)*. Hudson: Delta Education.
- MEC (1989). *Diseño curricular base. Educación Secundaria Obligatoria. Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: MEC.
- NEEDHAM, R. (1987). Teaching strategies for development understanding in Science. *Children's learning in Science Project*. University of Leeds.
- OLDHAM, V. y otros (1986). A study of pupil views on dangers of electricity. *Eur. J. Scien. Educ.* 8, 185-197.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in Science. The implication of children's Science*. London: Heineman.
- OSBORNE, R. y GILBERT, J. (1980). A method for investigating concept understanding in Science. *Eur. J. Scien. Educ.* 2, 311-321.
- PRO, A. (1984). Diseño, aplicación y evaluación de dos metodologías (expositivo-audiovisual y experimental-integrada) para la enseñanza de la Física. *Tesis doctoral*. Sevilla: Fac. Física.
- PRO, A. (1995). Reflexiones sobre los contenidos procedimentales en la enseñanza de las Ciencias. *Alambique* (en prensa)
- SANCHEZ, G. y VALCARCEL, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el Area de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*. 11, 33-44.
- SEBASTIA, J.M. (1993). ¿Cuál brilla más?. Predicciones y reflexiones a cerca del brillo de las bombillas. *Enseñanza de las Ciencias*. 11, 45-50.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1984). *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid: Narcea.
- SHIPSTONE, D. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *Eur. J. Scien. Educ.* 6, 185-198.
- SOLOMON, J. y BLACK, P. (1987). "The pupil's view of electricity revisited: social development or cognitive growth?". *Intern. J. Scien. Educ.* 9, 13-22.
- VALCARCEL, M.V. y otros (1990). *Problemática didáctica del aprendizaje de las Ciencias Experimentales*. Murcia: Serv. Public. Universidad.
- VARELA, P. y otros (1988). Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza aprendizaje basado en las ideas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 6, 285-290.

## SUMMARY

*At the time of the reform of our Education System, it is essential to be aware of the new requirements of the curriculum and how they might be incorporated in the classroom. This study deals with how to teach conceptual, procedural and attitudinal contents in Secondary Education. The methodological proposal has been developed through the topic of "Electricity and Magnetism".*

## RÉSUMÉ

*En ce précis moment de réforme de notre actuel système éducatif, il me paraît essentiel de connaître les nouvelles exigences du curriculum ainsi que l'incorporation de celles-ci à la classe. Ce travail développe comment enseigner ces contenus conceptuels, de procédé et d'attitudes dans l'enseignement Secondaire. Le procédé méthodologique a été appliqué au sujet "Electricité et Magnétisme".*