



MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA (FÍSICA Y QUÍMICA)

Documento: Aspectos cognitivos del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias

Asignatura: Didácticas de la Física y de la Química

Profesor: M^a Mercedes Martínez Aznar. Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación-CFP.

Uno de los ámbitos de estudio más destacados, en relación con la formación y desarrollo profesional del profesorado, es el del “pensamiento del profesor” sobre la materia objeto de enseñanza y, sobre enseñar y aprender ciencias. El creciente interés por estas concepciones o creencias del profesorado está basado en las visiones sobre la enseñanza y el aprendizaje procedentes del “constructivismo” que aún con amplias críticas hoy por hoy es un marco teórico de referencia válido (Millar, 1989; Osborne, 1993; Matthews, 1994; Solomon, 1994).

Además, el constructivismo ha permitido el desarrollo actual de la didáctica de las ciencias, pues, como resaltan Marín y otros (1999):

- a) sostiene importantes programas de investigación de enseñanza de las ciencias;
- b) mantiene una apretada agenda de reuniones, encuentros, congresos y una ajetreada actividad publicadora;
- c) ha inspirado diferentes programas y reformas educativas para la enseñanza de las ciencias, así como la elaboración de curricula de ciencias;
- d) en el ámbito docente, ha dado lugar a:
 - Nuevos diseños de enseñanza
 - Una mejora de la comunicación entre profesores y alumnos durante el acto didáctico
- e) los estudios sobre concepciones de los alumnos relativos a contenidos de ciencias han ayudado al profesor a interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula y en especial en la toma de decisiones sobre;
- f) ha ayudado a conocer mejor los procesos de aprendizaje, desarrollándose una nueva perspectiva de éstos.

2.1 ¿Cómo aprendemos ciencias? Enfoques constructivistas

El objetivo fundamental de la educación en la actualidad consiste en lograr que los alumnos (escolares o futuros profesores) aprendan significativamente. Para ello se hace imprescindible incorporar al aula la

importante cantidad de conocimientos que la investigación nos ha venido ofreciendo en los últimos tiempos acerca del aprendizaje, la enseñanza, los contenidos, los procedimientos, el profesor y los alumnos, es decir, sobre todos los agentes esenciales del proceso educativo.

La educación, como proceso constructivo, es una forma de entender el papel de la actividad individual del aprendiz que transforma las ideas y los contenidos culturales, haciéndolos suyos. Cada día los sujetos interactúan con su entorno físico, observan fenómenos y los interpretan e intercambian opiniones sobre sus explicaciones, es decir van aprendiendo, construyendo conocimientos que durante la escolarización se van reestructurando hacia posiciones más próximas a las mantenidas por las comunidades científicas (Driver y otros, 1994; Wheatley, 1991; Gilbert y otros, 1982).

Para el constructivismo el aprendizaje es un proceso dinámico y social en el cual el aprendiz construye activamente significados desde su experiencia y en conexión con sus compañeros y su contexto social (Putnam y Borko, 2000).

Esta visión del aprendizaje implica que el futuro profesor, como alumno ha de “aprender a aprender” y como inicio de su labor profesional, debe “aprender a enseñar”. Así, al igual que sus formadores tienen en cuenta sus creencias, ellos deberán iniciarse en la forma de indagar y conocer las ideas de los niños para facilitarles su aprendizaje, creando condiciones que posibiliten el cambio conceptual y, además, deben profundizar, indagar y reflexionar sobre sus propias ideas a fin de “conocer su conocimiento” para lo cual precisan de la colaboración del formador. De hecho, y aunque no se reitere en lo sucesivo, todo este proceso de aprendizaje es igualmente aplicable, a nuestra condición de formadores.

Las teorías, explicaciones o intentos de modelizar cómo se aprende, aunque lejos de estar conseguidas, han permitido llegar a ciertos consensos que están siendo utilizados en las aulas para favorecer dichos aprendizajes. Por ahora, no disponemos de un modelo único que nos ayude a interpretar cómo aprendemos los seres humanos pero, existe acuerdo respecto a concebir dicho proceso de naturaleza constructiva, hablándose en términos amplios del enfoque o paradigma constructivista (White, 1998).

Aunque no sea el momento de hacer una revisión prolija y completa sobre todas las teorías del aprendizaje integradas en dicho paradigma

constructivista vamos, en primer lugar, a detenernos a reflexionar sobre ¿qué es eso del constructivismo? del que hoy se habla profusamente y quizás sin demasiada precisión y, en segundo lugar, haremos referencia a algunas de las teorías sobre el aprendizaje que están siendo base de la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Recordaremos, de forma resumida, las teorías del aprendizaje significativo de Ausubel, de los esquemas, de los modelos y del cambio conceptual. Luego, trataremos sobre la enseñanza y la aplicación de los modelos de cambio conceptual, con especial hincapié en el de Posner y otros (1982), y por último, haremos referencia a las estrategias para favorecer el cambio conceptual.

2.1.1 ¿Qué es el constructivismo?

En nuestro país y a partir de la reforma de la L.O.G.S.E., el término “constructivismo” comenzó a ser muy utilizado dentro de los medios educativos, si bien, en muchos casos, sin suficiente precisión y con un cierto rechazo por parte de algunos colectivos implicados.

Ese término, cuyo origen está en la psicología del aprendizaje, se ha ido incorporado a diferentes ámbitos (Good y otros, 1993), pudiéndose hablar de constructivismo educativo, filosófico y sociológico (Matthews, 1997). Para otros autores, es posible identificar tres niveles de análisis para el constructivismo: el epistemológico, el psicológico y el educativo (Rodrigo y Cubero, 2000).

El constructivismo epistemológico, intenta explicar y comprender la naturaleza del conocimiento como producto de la interacción entre el sujeto que conoce y la realidad, donde las representaciones y las expectativas del sujeto juegan un papel muy importante; es decir, se opone al empirismo y positivismo. Desde Gaston Bachelard, la epistemología contemporánea insiste en que el objeto de una ciencia no es un dato, sino que se deriva de una construcción intelectual: “Nada cae por su peso. Nada está dado. Todo se construye”. Esta perspectiva, ha tenido gran influencia en los ámbitos psicológico y educativo.

En psicología también se habla de distintos tipos de constructivismo: evolutivo, educativo, cognitivo, y dentro de estos se han desarrollado distintos enfoques teóricos y prácticos. Así, se habla de constructivismo piagetiano, el incorporado en las teorías de los esquemas y procesamiento de la información, el sociocognitismo, la teoría del aprendizaje significativo, la teoría de la construcción del conocimiento en dominios específicos, etc. (Driver y otros, 1994; Pozo, 1996; Pozo y Gómez, 1998; Rodrigo y Cubero, 2000). Esta

abundancia de planteamientos, ha sido ampliamente criticada (Millar, 1989; Solomon, 1994), alegando su ambigüedad que surge, sobre todo,

“al extrapolar unos principios de un dominio conceptual general al campo de la práctica educativa, y del reduccionismo que implica pasar directamente del plano de la teorización psicológica al de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula” (Rodrigo y Cubero, 2000, pág. 89)

Desde el punto de vista psicológico, el constructivismo se refiere a la relación entre la actividad del sujeto y su evolución psicológica, por lo cuál su trasvase al campo educativo puede acarrear importantes conflictos y ‘desajustes’ que, quizás, se pueden resolver si se considera la especificidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje en dominios concretos de contenidos. En nuestro caso, la Didáctica de las Ciencias, está promoviendo estudios orientados a conocer cómo enseñar ciencias y qué ciencia enseñar.

El constructivismo educativo, para algunos didáctico, hace uso de otras tradiciones constructivistas (filosófica y sociológica) pero tiene sus propias raíces e historia. En su variedad individualista tiene sus orígenes en las teorías del desarrollo cognitivo de Piaget y Kant, siendo uno de sus máximos representante Ernst von Glaserfeld. En su variedad social, socioconstructivismo, donde se da importancia al grupo para el desarrollo y validación de las ideas, sus orígenes se encuentran en Vygotsky y Wallon.

“Transpuesto al plano didáctico, [la concepción del constructivismo] se ve ligeramente modificada en la medida en que, si se opone a una pedagogía de la transmisión-recepción centrada en el objeto, se opone también a una pedagogía centrada únicamente en el niño que construyera su saber según sus necesidades e intereses.

El alumno construye su saber a partir de una investigación de lo real, que comprende también el saber constituido en sus diferentes formas (magistral, mediado, documental...). Se apropia de manera no lineal, por diferenciaciones, generalizaciones, rupturas. Esta apropiación del saber se apoya en unas construcciones muy individualizadas, pero también en las situaciones de clase, colectivas, en las que pueden aparecer conflictos cognitivos, adecuados para hacer progresar la construcción de los conocimientos” (Astolfi, 2000, pág. 63)

No obstante, este término y las distintas ideas que abarca han sido objeto de un sustancioso debate para contextualizarlo con opiniones tanto a su

favor como en su contra. Por ejemplo, Ron Good (1993) en el editorial del *Journal of Research in Science Teaching*, hablaba de “many forms of constructivism” (p. 1015). Matthews (1997) distingue entre teoría constructivista y constructivismo pedagógico, aduciendo a la diferencia que existe entre la base epistemológica y psicológica, que puede ser distinta, y la práctica educativa. Geelan (1997), se refiere a seis formas diferentes de constructivismo que él analiza y trata de organizar atendiendo a un modelo bidimensional según se ponga el énfasis en a) el aprendizaje individual vs social y b) las visiones objetivistas vs relativistas de la naturaleza de la ciencia (ver figura 2.1). Otros autores han realizado análisis diferentes que resultan también de gran interés (Rodrigo y Cubero, 2000).

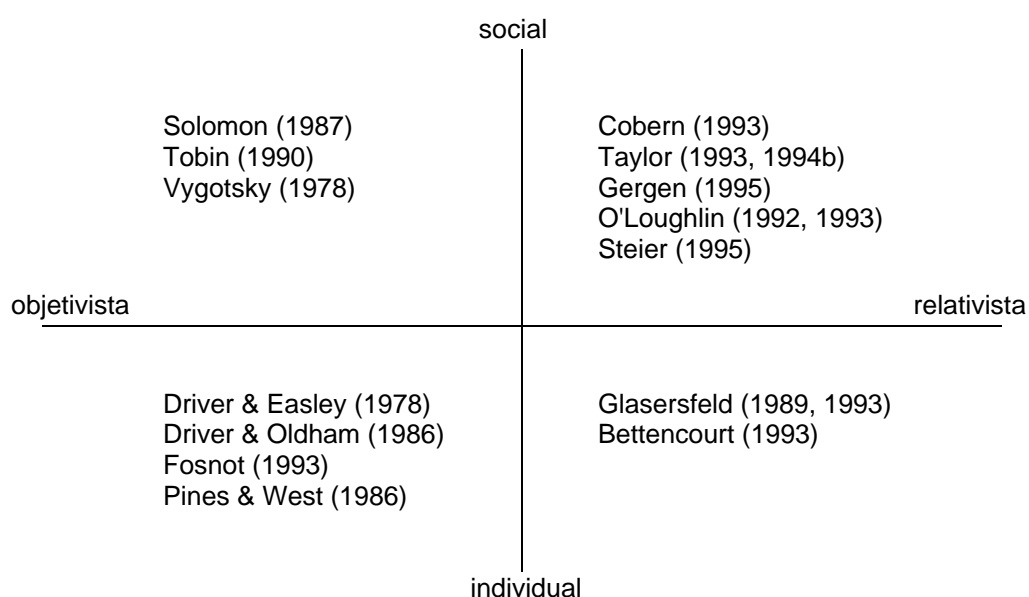


Figura 2.1 Esquema para organizar las distintas formas de constructivismo, según Geelan.

Concretamente vamos a tomar como referencia el discurso de Geelan (1997), para aclarar algunas cosas sobre los tipos de constructivismo. Así, se puede diferenciar:

1) El constructivismo individual de Kelly y Piaget.

Kelly, hace hincapié en la idea de que los sujetos construyen su propio conocimiento a través de la repetición de sucesos y que ese conocimiento es individual y adaptativo más que objetivo. La acomodación y asimilación piagetianas (1972) destaca la naturaleza adaptativa de la cognición y la construcción individual de modelos sobre la realidad. Estas interpretaciones se pueden resumir en el principio expresado por von Glasersfeld: “El conocimiento

no se recibe de forma pasiva sino que el sujeto lo construye activamente” (1993).

El denominado cambio conceptual estaría, al menos en su génesis, ligado al paradigma del constructivismo personal, aunque ello no es contrario a la idea de comunidad de aprendizaje (Wheatley, 1991).

2) El constructivismo radical de Glasersfeld.

Este autor describe su imagen del constructivismo a través de dos principios:

- Principio Trivial: El conocimiento no se recibe de forma pasiva sino que el sujeto lo construye activamente. Es decir el conocimiento no es transferido desde el medio o desde otra persona al aprendiz, sino que se construye en la mente de cada sujeto, y
- Principio Radical: la cognición es adaptativa y sirve para organizar el mundo y no para descubrir la realidad ontológica. Todo conocimiento es construido para dar sentido a nuestra experiencia, no nos proporciona certeza sobre ‘el mundo’.

3) El constructivismo social de Solomon.

En 1987, esta autora pasó revista a la literatura existente sobre el tema y sugirió que en los primeros tiempos (1978-86) las investigaciones se centraron en el aspecto personal de la construcción de conocimiento, excluyendo cualquier tipo de factores sociales que pudiesen afectarlo. Así, describió dos dominios de conocimiento: el social que se adquiere por nuestra experiencia y, el simbólico que es el conocimiento escolar, ambos interfieren mutuamente. La autora, también sugirió que el constructivismo nos proporciona: a) caminos mejores para aprender conocimientos académicos, como la ciencia, y b) grandes expectativas que van más allá del mismo constructivismo (Solomon, 1994).

4) El construccionismo social de Gergen.

Es la postura social más radical (1995). Indica que el conocimiento no crece o reside en las cogniciones individuales (endogénesis) o en el mundo natural (exogénesis) sino en las sociedades – que los procesos de consenso en el uso del lenguaje y en los significados son de carácter social y que esos procesos constituyen todo el conocimiento.

5) El constructivismo crítico de Taylor.

Tiene en cuenta las ideas de Jurgen Habermas. Para el autor los procesos de enseñanza-aprendizaje son construidos socialmente y, ciertos desarrollos sociales o ‘mitos represivos’, pueden conllevar al fracaso las reformas constructivistas de las aulas. Sugiere que el constructivismo, más allá de su status técnico, puede ayudar a la reconstrucción social. Así, prescribe que el profesorado debe trabajar en grupos colaborativos para reformar las estructuras sociales y sus comunidades escolares.

6) El constructismo contextual de Cobern.

Este autor tiene presente las influencias sociales del aprendizaje expresadas por Solomon, pero añade que las interacciones sociales no constituyen todo el contexto de la cognición humana; la cultura es una fuerza central en el desarrollo y organización de las ideas de los estudiantes.

En términos globales, y desde su desarrollo histórico, podemos percibir una evolución del constructivismo desde visiones personales y objetivistas hacia posturas sociales y relativistas.

Como puede extraerse de lo hasta aquí dicho, y que ya aventurábamos, los diferentes usos del término constructivismo y sus diversos ámbitos de aplicación, han propiciado numerosas críticas (Millar, 1989; Osborne, 1993). Muestra de ello son los múltiples artículos que aparecen en las revistas de investigación del área de Didáctica de las Ciencias y, que incluso han dado lugar a números monográficos al respecto como el volumen 6 de Science & Education (1997) y los continuos debates que aparecen, por ejemplo en Enseñanza de las Ciencias (1999) en el número tres del volumen 17.

De cualquier forma podemos considerar que el constructivismo es una referencia para pensar sobre enseñanza y aprendizaje, como indican Hewson y Thorley (1989) al decir:

“aceptamos el constructivismo como una perspectiva muy poderosa para la comprensión, interpretación e influencia del aprendizaje escolar de las ciencias” (pág. 541);

y como expresan Marín y otros (1999):

“no es exagerado afirmar que actualmente la mayoría de las investigaciones y aplicaciones docentes en ciencias se desarrollan bajo la visión constructivista” (pág. 479).

2.2 Teorías cognitivas del aprendizaje

Después de referirnos al constructivismo de forma amplia, vamos a abordar el estudio de algunos aspectos fundamentales para interpretar qué es el aprendizaje y la terminología que se utiliza habitualmente en la investigación en Didáctica de las Ciencias y en Psicología de la Educación.

2.2.1 Teoría del aprendizaje significativo

El concepto central de la teoría de Ausubel (1968) es el de aprendizaje significativo. El aprendizaje significativo es un proceso a través del cual una misma información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo. Los sujetos incorporan estas informaciones de forma más fácil cuando pueden integrarlo o subsumirlo en su estructura.

El subsumidor es, un concepto, idea, o proposición ya existente en la estructura cognitiva del sujeto que puede actuar de anclaje para la nueva información permitiéndola que adquiera significado. Así, el aprendizaje significativo tiene lugar cuando una nueva información “se ancla” en conceptos relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva. Pero existe un proceso de interacción que hace que los conceptos más relevantes e inclusivos interaccionen con el nuevo material sirviendo de anclaje, incorporándolo y asimilándolo, aunque al mismo tiempo se modifica en función de ese anclaje.

Para Ausubel, la estructura cognitiva de los sujetos está muy jerarquizada y para que el aprendizaje significativo tenga lugar, se deben dar una serie de requisitos (1976, pág. 56):

- 1º que el sujeto quiera relacionar el nuevo material con la estructura de conocimiento que ya tiene, y
- 2º que el material de aprendizaje sea potencialmente significativo para el aprendiz, es decir, que se relacione con su estructura cognitiva. Para esto, es necesario que el material posea significatividad lógica, que está asegurado para las disciplinas de ciencias y, que el sujeto disponga del contenido de ideas necesario para que se lleve a cabo el aprendizaje, lo que se llama significatividad psicológica.

Por tanto, de acuerdo con la perspectiva ausubeliana, el conocimiento previo (la estructura cognitiva del aprendiz) es la variable crucial para el aprendizaje significativo.

En el contexto educativo,

“el concepto de aprendizaje significativo, es compatible con otras teorías constructivistas y subyacente a ellas. En este sentido, sería, hoy, un concepto supra-teórico”. (Moreira, 2000, pág.76)

2.2.2 La teoría de los esquemas

Las contribuciones a las actuales teorías del esquema han venido de diversas fuentes de investigación, sobre todo de las referidas al aprendizaje cognitivo (Brandsford, 1979) y la Inteligencia Artificial en situaciones similares a las escolares (Hennessy, 1993).

Pero, más que aportar ideas sobre el aprendizaje, la ciencia cognitiva y dentro de ella la Inteligencia Artificial tiene como objetivo proporcionar modelos sobre cómo se almacena, transforman y recupera la información en la memoria. La mayor dificultad encontrada para poder traducir al lenguaje de las máquinas los procesos de razonamiento humanos se ha producido al abordar aquellos procesos donde interviene el sentido común. La investigación se ha centrado, así, en dos problemas fundamentales: uno relativo a la representación del mundo y; otro sobre la transición, la posibilidad de derivar a partir de un estado actual, un estado futuro; es decir, de inferir el futuro a partir de datos del presente. Ello supuso la formación de dos escuelas: los seguidores de McCarthy, que proponen un sistema de inferencia basado en la lógica proposicional (IF...THEN), y la de Minsky, que buscan otros sistemas de inferencia basados en formas de razonamiento humano de sentido común.

Los seguidores de la Teoría de esquemas se sitúan en la línea de McCarthy. En el ámbito de la representación, los esquemas serían, estados acotados del mundo que pueden ser tan amplios o complejos como se quiera, dadas las posibilidades de las máquinas actuales. La dificultad está en el ámbito del sistema de inferencia o de la predicción. Para salvar este escollo, se dota al esquema de un sistema de inferencia causal definido por reglas proposicionales lógicas, pero tampoco esta solución consigue el razonamiento de sentido común utilizado por los humanos. Este contexto propicia el nacimiento del denominado modelo mental del que nos ocuparemos más adelante (Gutiérrez, 2001).

Así pues, la teoría de los esquemas surge de la caracterización y modelización del conocimiento para ser utilizado en ordenadores y que permitan la resolución de problemas de diferentes áreas (sistemas expertos), aunque tropieza con el inconveniente de no poder resolver problemas utilizando el sentido común. Psicológicamente resulta de interés, por ser un constructo que resulta plausible y explica los datos empíricos de los sujetos comportándose en la vida diaria.

Aunque son muchos los autores y los pormenores de esta teoría, existe consenso en que los esquemas son una estructura de datos para representar los conceptos genéricos almacenados en la memoria y que están caracterizados por:

- 1) Ser estructuras holistas, no agregados, que pueden representar conceptos, fenómenos, secuencias de acciones.
- 2) Especificar la red de interrelaciones que existen entre sus constituyentes.
- 3) Tener información sobre el conocimiento y las reglas para su uso, representando, por tanto, significados y no sólo reglas sintácticas.

Desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias, la teoría nos indica que la comprensión de la realidad puede interpretarse como dependiente de los esquemas que posee el estudiante o el futuro profesor y que van cambiando durante el aprendizaje.

Este cambio de las estructuras cognitivas según Rumelhart y Norman (1981), puede darse de tres formas: por medio del acrecentamiento; la adición de partes a una estructura ya existente, la sintonía que implica pequeñas reestructuraciones de la estructura preexistente y, por medio de la reestructuración, que suponen cambios de orden superior. Claxton (1984) sugiere que el cambio conceptual puede ser potencialmente amenazante para el sujeto y que la reestructuración requiere un ambiente favorable para valorar las ideas. En la Didáctica de las Ciencias, esta cuestión de la reestructuración cognitiva o del conocimiento se considera en el modelo de enseñanza por cambio conceptual.

2.2.3 Teoría de los modelos mentales

Esta línea de investigación parte de la anterior y de considerar que la visión del mundo, personal, de los aprendizajes, etc., depende de las

concepciones que se tengan al respecto. A diferencia del esquema, que es una estructura genérica de la memoria a largo plazo, el modelo mental supone una determinada comprensión de la tarea y sus demandas, durante un procesamiento activo, e incluye, como objetivo, la especificación y activación de la información contenida en el esquema (Gutiérrez, 2001, 1996).

Sobre este constructo, en 1983 aparecen dos enfoques fundamentales: el de Johnson-Laird y, el de Gentner y Stevens fruto de una compilación realizada sobre el estado de la cuestión. El primero pretende ser una alternativa a la modelización del razonamiento de sentido común en términos de lógica proposicional y el segundo recoge ideas de líneas diferentes (Minsky y McCarthy). En ambos enfoques se coincide en que un modelo es:

- 1.- Una representación mental del estado del mundo o sistema físico a modelizar.
- 2.- Una segunda representación, deducida a partir de la primera, dotada de un sistema de inferencia que permita la predicción de futuros estados del sistema físico modelizado, y
- 3.- La posibilidad de comparar el comportamiento del sistema modelizado con el comportamiento real del sistema físico modelizado.

Las personas construyen modelos mentales internos que les permite interaccionar con el medio. Según Norman (1983) estos modelos tienen carácter explicativo y predictivo suficiente como para comprender las interacciones que se realizan y tiene estos componentes:

- 1) El sistema objetivo, lo que la persona está aprendiendo o utilizando.
- 2) El modelo conceptual, que es una invención para proporcionar una representación apropiada del sistema objetivo, en el sentido de ser exacta, consistente y completa.
- 3) El modelo mental del sujeto, que es la representación mental del sistema objetivo.
- 4) La conceptualización científica del modelo mental, esto es, la descripción que el investigador hace del modelo mental del sujeto; es un modelo de un modelo.

Hay que tener presente que los modelos mentales son básicamente funcionales, aunque sean incorrectos desde el punto de vista de los expertos. Son evolutivos, se van reformulando constantemente y están limitados por los conocimientos científicos de los sujetos, su experiencia previa con sistemas

análogos y la estructura humana de procesamiento de información. Según Norman, los modelos mentales son:

- 1) Sistemas de creencias
- 2) Observables, y
- 3) Predictivos

Por el uso extendido, dentro de la educación científica, tanto de los esquemas como de los modelos (Greca y Moreira, 2002; Pozo, 1999), vamos a terminar reproduciendo un cuadro comparativo entre ellos, extraído de Rodrigo y Correa (2001, pág. 123):

Esquemas	Modelos mentales
Representaciones semánticas	Representaciones esporádicas
Genéricas y prototípicas	Particulares y singulares
Se almacenan en MLP	Se almacena en MCP
Carácter estático y fijo	Carácter dinámico e incremental
Inferencias esquemáticas ("preelaboradas")	Inferencias episódicas ("inteligentes")

Figura 2.2 Contraste entre esquemas y modelos mentales como unidades representacionales.

2.2.4 El cambio conceptual

En los últimos veinticinco años se han producido avances importantes dirigidos a dar respuesta a la pregunta, aún sin resolver, sobre ¿cómo se aprende? Lo que sí se ha conseguido es llegar al consenso sobre que aprender es construir conocimiento estableciendo relaciones entre nuestras experiencias y nuestros conocimientos sobre la realidad. Aprender es pues una actividad constructiva que realiza el sujeto (en nuestro caso el estudiante) y que requiere de mecanismos de adaptación flexibles que van más allá de nuestra capacidad limitada para memorizar y que supone modificar o cambiar los conocimientos existentes.

Pero, sigue habiendo cuestiones sobre las que no existen ideas conciliadas, que siguen siendo objeto de debate:

- ¿todo el aprendizaje se puede considerar como constructivo?

- ¿todo aprendizaje constructivo se produce por cambio conceptual?
- ¿cuál es la naturaleza de dicho cambio?

Por lo que respecta a esto último, el cambio conceptual se puede concebir como:

- a) “estructuración” o “reestructuración” (Carey, 1985; Chi y otros, 1994; Duschl, 1995);
- b) como proceso continuo que opera a través de la modificación gradual de los modelos mentales de las personas sobre el mundo (Vosniadou, 1994)
- c) construcciones de explicaciones, o versiones paralelas, relacionadas con el contexto o escenario de construcción (Driver y otros, 1994).

3. ¿Cómo enseñar ciencias?

Pero no sólo los psicólogos pueden ayudarnos a interpretar los procesos de comprensión realizados por el alumnado durante el aprendizaje. Desde la investigación en Didáctica de las Ciencias, se han venido obteniendo resultados empíricos y conclusiones útiles para interpretar ese aprendizaje significativo y para prescribir algunos principios sobre cómo enseñar ciencias.

Para llevar al aula esos principios, se requiere una revisión de los currícula escolares y de formación del profesorado, para adaptarlos a las nuevas corrientes educativas y sociales, que permitan al estudiante y futuro profesor desarrollar esa tarea constructiva de su conocimiento, sin olvidar al profesor-formador, cuya función pasará a ser de ayuda y orientación del alumnado dejando así de ser, exclusivamente, una fuente de conocimiento elaborado.

3.1 La importancia de las concepciones

En las últimas décadas, se han realizado gran cantidad de trabajos en relación a cómo se aprende y enseña ciencias dentro de un enfoque constructivista. En un principio, los trabajos se orientaron hacia el diagnóstico y detección de las llamadas ideas alternativas, concepciones naive, preconcepciones, errores conceptuales, o cualquier otro término similar (Linder, 1993), que tenían los alumnos sobre los diferentes contenidos científicos escolares.

Si se quiere que el aprendizaje de conocimientos científico sea algo más que una memorización de hechos para explicar y predecir la realidad física que nos rodea, es imprescindible que los conocimientos previos del alumnado puedan conectar con el conocimiento científico escolar.

Dada la importancia de las ideas previas como punto de referencia de conocimientos, vamos a recordar cuáles son sus características (Oliva, 1999; Driver y otros, 1989):

- Son personales
- Son incoherentes desde el punto de vista de la ciencia
- Son compartidas por las personas
- Son muy estables y resistentes al cambio
- Son implícitas
- Son útiles

De ahí que dependiendo de si esas ideas previas son o no compatibles con el conocimiento escolar obtendremos éxito o no en el aprendizaje. Cuando esas ideas previas son compatibles con las mantenidas por la comunidad científica hablamos de un conocimiento significativo y comprensivo adecuado. Por lo contrario el alumno puede disponer de concepciones incompatibles con las científicas y, resistentes a los conflictos cognitivos, de forma que para adaptarlas y comprender estas nuevas ideas científicas será necesario modificar, cambiar de concepciones.

Además, las ideas serían una forma renovada de interpretar los errores. Desde una perspectiva tradicional de la enseñanza, el error o falta, debería eliminarse y la enseñanza debe evitar que los alumnos los cometan. Ello implica una interpretación realista/inductivista del saber. Actualmente, como hemos mencionado, las creencias como fruto de la reflexión epistemológica, del estudio del fracaso, y del estado actual de la investigación sobre cognición, se conciben como un modo de conocer, común entre niños y adolescentes, como un estado evolutivo del conocimiento.

El interés por las concepciones de los escolares como referente para la selección y organización de los contenidos a enseñar, ha propiciado gran número de estudios sobre los esquemas alternativos que presentan los alumnos en relación con la Química (Driver y otros, 1985; Garnett y otros, 1995; Hierrezuelo y Montero, 1989; Andersson, 1990; Valcárcel y Sánchez, 1990; Garnett y otros, 1995).

Dichos estudios, realizados con alumnado de niveles educativos desde primaria a primeros años de Universidad, de diferentes contextos, han puesto de manifiesto la homogeneidad en las preconcepciones encontradas. Los instrumentos utilizados han sido diversos, entrevistas, cuestionarios cerrados, y cuestionarios abiertos.

A continuación recogemos algunos de los resultados de dichas investigaciones y que tienen interés para el desarrollo de nuestro programa.

ÁMBITO	CATÁLOGO DE IDEAS	AUTORES
Mezclas y sustancias	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifica elemento con algo único, simple, especial, básico (ej. El agua). • Elemento equivale a sólido. • La sustancia se relaciona con alguna propiedad o con su uso (ej. Aire y leche). • Sustancia como equivalente de elemento. • Compuesto como mezcla de elementos. • La mezcla se asocia con una acción, siendo sinónimos mezclar, juntar unir. • Las mezclas están formadas por dos compuestos y los compuestos por dos elementos. • No reconocen la naturaleza del estado gaseoso. • Gases descritos de forma animista. • Clasifican los materiales por su composición y usos. 	<p>Lloréns, 1987, 1991</p> <p>Holding, 1985</p> <p>Lloréns, 1987, 1991</p> <p>Holding, 1985</p> <p>Lloréns, 1987, 1991</p> <p>Sanmartí, 1989</p> <p>Ben-Zvi y otros, 1987; Stavy, 1988; Plé, 1994</p> <p>Séré, 1986</p> <p>Russell y otros, 1991</p>
Cambios físicos y químicos		
Visión macroscópica y microscópica	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad en el paso de lo macroscópico (nivel fenomenológico) a lo atómico-molecular (atribuyen a los átomos color o estado físico, aspectos visibles). • Muy pocos reconocen otros cambios además de los físicos (pocos mencionan cambios en las propiedades químicas como condición de r.q.). • Uso explicaciones basadas en el uso de analogías superficiales con hechos cotidianos. • Tratan lo macroscópico (sustancia, elemento) como si fuesen objetos de lo microscópico (átomo, molécula) → "las sustancias forman enlaces, las sustancias cambian electrones externos entre ellas,..." • Esta confusión se puede deber a llamarse igual la sustancia y el átomo. • Asignan propiedades macroscópicas a átomos individuales (un átomo de Cu es maleable). • Utilizan la Teoría Cinético-molecular para explicar los gases, y no los sólidos y líquidos. • Evaporación del agua: por desmaterialización, por agentes, por cambio de lugar. • Hay r.q. cuando se unen dos átomos de distinta clase, o cuando se unen dos sustancias distintas. 	<p>Hesse y Anderson, 1992</p> <p>Robinson, 1999</p> <p>Hesse y Anderson, 1992; Séré, 1986</p> <p>Robinson, 1999</p> <p>Boo, 1998</p> <p>Stavy, 1988</p> <p>Russell y otros, 1989; Bar y Galili, 1994</p> <p>Caruso y otros, 1998</p>

Naturaleza de reactivos y productos	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la explicación cambian las sustancias de la reacción por otros materiales cotidianos (y energía). • Las precipitaciones se producen porque el sólido pesa más que el líquido. • No entienden la diferencia entre la disolución de la sal y la reacción de los iones en disolución. • No diferencian los cambios en relación con las sustancias que intervienen. • Confunden las disoluciones con las reacciones entre sólido y líquido. 	<p>Hesse y Anderson, 1992</p> <p>Barker, 1999</p> <p>Pella y Voelker, 1967-68</p> <p>Prieto y otros, 1989</p>
Conservación de la masa	<ul style="list-style-type: none"> • Los productos y los reactivos son diferentes: la masa puede ser igual, mayor o menor. • La materia se crea o se destruye. • Tratan los cambios químicos como si fuesen físicos (forma o estado)→conservación de la masa pero explicación incorrecta. • Ignoran la naturaleza gaseosa de algunos reactivos y productos. La masa final del sólido es la misma o no se cumple la ley de conservación. • El aumento de masa en el clavo oxidado raramente lo atribuyen a la combinación con el oxígeno, más bien son cambios físicos. • Omisión de la masa de oxígeno en el cálculo de combustión. La masa de los gases emitidos por un coche tiene la misma masa que la gasolina quemada. • Los gases pesan menos porque el combustible se convierte en calor y energía cinética. • En las disoluciones no se conserva la masa ni la sustancia. 	<p>Watson y otros, 1997</p> <p>Barker, 1999</p> <p>Hesse y Anderson, 1992; Driver, 1985</p> <p>Pozo, 1991</p> <p>Barker, 1999; Donnell y Welford 1988 (en Pozo, 1991)</p> <p>Andersson, 1986</p> <p>Prieto y otros, 1989</p>
Representaciones de las reacciones químicas		
Visualización de las reacciones químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Visión macroscópica de la ecuación (no representan modelos sino un vaso de líquido, electrodos,....) • Representación microscópica estática: Representan los constituyentes de la ecuación pero sin ninguna indicación de que algo pase durante el proceso. • Representación macroscópica estática: representan la reacción como ocurriendo en estados definidos, intentan mostrar movimiento (de iones hacia los electrodos, con flechas de transferencia,...). • No interpretan el aspecto dinámico de la reacción. 	<p>Ben-Zvi y otros, 1987</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretan el aspecto cualitativo y no cuantitativo de la reacción. • Algunos visualizan las r.q. como un puzzle matemático más que un proceso dinámico de interacción. 	<p>Ben-Zvi y otros, 1987</p> <p>Boo, 1998</p>
Representación atómica y molecular	<ul style="list-style-type: none"> • No representan correctamente las moléculas por modelos moleculares. • No reconocen el aspecto interactivo de una reacción química (romper y formar enlaces). • Concepciones erróneas por simplificar en exceso los mecanismos de reacciones complejas (mejor empezar por sencillas como disociación de gas dimolecular). 	<p>Ben-Zvi y otros, 1987</p> <p>Milne, 1999</p>
Naturaleza de reactivos y productos	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la explicación cambian las sustancias de la reacción por otros materiales cotidianos (y energía). • No reconocen las moléculas diatómicas de los elementos gaseosos. 	<p>Hesse y Anderson, 1992</p> <p>Ben-Zvi y otros, 1987</p>
Estequiometría		
Interpretación y ajuste de ecuaciones químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Aunque ajusten bien las ecuaciones suelen no representar bien las ecuaciones a nivel molecular. • Representan todos los átomos indicados por los coeficientes en moléculas únicas: $3X_2 = X_6$. • Los subíndices en las fórmulas son nº usados en el ajuste y no representan agrupaciones atómicas. • Los coeficientes estequiométricos son nº usados mecánicamente y no representan los nº relativos de especies que reaccionan o que se producen. • Las ecuaciones químicas no representan reacciones químicas a un nivel particular. • Las ecuaciones químicas no representan procesos dinámicos en los que las partículas o moléculas reaccionan con otras para producir nuevas partículas o moléculas por reorganización de los átomos. • Errores al interpretar cambios en las cantidades de las sustancias, el más común: el cambio se produce por igual en todos los reactivos, ignorando los coeficientes estequiométricos (si desaparecen 2 moles de uno, también del resto de los reactivos y se forman la misma cantidad de cada uno de los productos). 	<p>Yarroch, 1985 (en Garnett y otros, 1995)</p> <p>Garnett y otros, 1995</p> <p>Olmsted, 1999</p>
Reactivo limitante	<ul style="list-style-type: none"> • El reactivo en menor nº de moles o gramos es el limitante, sin tener en cuenta los coeficientes estequiométricos. • Dificultades con relaciones estequiométricas ($n^\circ \text{ átomos inicial cada clase} = \text{final}$) y reactivos limitantes. 	<p>Olmsted, 1999</p> <p>Milne, 1999</p>

Tipos de reacciones químicas		
Explicación de aparición de sustancias por desplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Una nueva sustancia aparece porque es desplazada). • Desplazamiento de una sustancia de dentro a fuera: El agua caliente forma vapor que forma una capa en la tubería, alguna sustancia ha penetrado la tubería caliente, hay mucha cal en el agua y puede verse en las tuberías,.... • Desplazamiento de una sustancia desde el aire al interior de la tubería: Hay suciedad que no vemos hasta que está pegado en la tubería caliente, el calor ataca la suciedad, hay aire en las tuberías,... • Desplazamiento de óxido desde el aire a la superficie de un clavo (está en el aire todo el tiempo y cuando el clavo está mojado se extiende encima, es como una clase de hongo). 	Andersson, 1986
Ideas sobre redox	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación significa que el oxígeno está involucrado. • La materia se conserva porque es un cambio de la propia sustancia: aspecto, forma... • En el agua la oxidación se produce porque el oxígeno del agua se une a la sustancia y se desprende hidrógeno gaseoso. • El óxido formado es una mezcla de elementos. • Explicación de aparición de sustancias por desplazamiento: Una nueva sustancia aparece porque es desplazada (de dentro a fuera o desde el aire a la sustancia). 	Schmidt, 1997 Hesse y Anderson, 1992 Andersson, 1986
Ideas sobre combustión	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio físico: desaparición, cambio de lugar, cambio de estado, de forma, de tamaño, se liberan sustancias. • Se transforma en energía. • Según el material perciben la realidad de la combustión de distinta forma. 	Watson y otros 1997; BouJauode, 1991 BouJauode, 1991

	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de la masa: No tiene en cuenta el peso de los gases desprendidos. El sólido no pierde peso (es un cambio físico). Pesa menos al volverse más pequeño, quedan cenizas. La materia se transmuta en calor y viceversa. • Es necesario el oxígeno. Se produce C o CO₂. • Aunque reconocen que es cambio químico utilizan el vocabulario de cambio físico indistintamente... • La combustión elimina el humo o partes de la materia en forma de humo. • Solo la sustancia que se quema posee energía de enlace pero el oxígeno no. • El Oxígeno no interviene en el proceso. No hay interacción entre el combustible y el Oxígeno / aire. • La combustión es endotérmica (necesita cerilla). • Fallan al interpretar el origen de la energía desprendida. • La llama es señal de reacción química, contiene parte del combustible y del oxígeno, el fuego es un elemento activo de la reacción. 	<p>Watson y otros 1997</p> <p>Hesse y Anderson, 1992</p> <p>BouJauode, 1991</p> <p>Boo, 1998</p> <p>Watson y otros, 1997</p> <p>Boo, 1998</p> <p>Watson y otros, 1997</p>
Energía de las reacciones químicas		
Energía Química	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad en entender conceptos abstractos como calor, energía, temperatura, calor específico, energía de enlace,... • Energía de enlace es la liberada al romper un enlace (puede que la confusión venga de biología- enlaces que contienen E como ATP). • Dificultad en relacionar variables (H, T, Ce,...). • Dificultades en entender enlace y energía química por no abandonar la visión continua de la materia. • Una reacción química se produce cuando hay intervención exterior, por ej. calentando (necesita un agente causal externo activo) cuando hay llama esta es la fuerza conductora de la reacción. • Para formar enlaces se necesita aportar energía (por extrapolación de lo macroscópico a lo microscópico). • Para romper enlaces se necesita E (macros.). • Las reacciones endotérmicas no son espontáneas. 	<p>Cohen y Ben-Zvi, 1992</p> <p>Boo, 1998</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • En disolución el cambio químico se produce porque las moléculas de agua transfieren E (de no enlace) a los enlaces formados en disolución y la T del agua depende de la cantidad de energía de no enlace transferida. • La molécula de O₂ no contiene energía química, la E de los alimentos proviene sólo de ellos (de romper sus enlaces). • Los enlaces o estructuras que se han formado son más fuertes que las de los que se han roto. • El enlace químico es como una entidad física algo que une (por macrosc.). • Dificultades al clasificar reacciones endo y exotérmicas (quemar una vela es endo, se necesita encender y quemar cobre para formar óxido es endo). • Una vez que se produce llama la temperatura de esta permanece constante, no se produce más calor (estado estático). • Dificultad para reconocer las energías de tipo químico aunque son de la vida cotidiana (en alimentos, combustibles, fotosíntesis... • Energía= calor: Un trozo de carbón tiene energía porque al quemarlo produce calor. • Algo caliente aporta más energía a nuestro organismo que algo frío (café caliente-helado). • Al asociar palabras con E hay muchas referidas a mecánica (fuerza, trabajo, movimiento,...), con Termodinámica(calor, temperatura) y con sol y luz , vitalidad, salud, vigor, ..pero escasas referencias a E.Q. solo algunas a carbón, petróleo, o alimentación. No nombran cosas cotidianas como butano, gasolina, glucosa, azúcar, grasa,... • Relacionan E con cosas vivas. • Solo relacionan E con algo estacionario si se habla de energía almacenada (baterías, central energética, petróleo y carbón). 	<p>Boo, 1998</p> <p>Vos y Verdonik, 1986; Boo, 1998</p> <p>Gallastegui y Lorenzo,1993</p> <p>Trumper, 1993</p>
Aspectos relativos a enlace	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión entre enlaces iónicos y covalentes (el NaCl es representado como un enlace covalente y pocas veces se reconoce su estructura tridimensional). • Dificultades en entender enlace y energía química por no abandonar la visión continua de la materia. • Una reacción química es más un proceso de adición o aglutinamiento que de ruptura y formación de enlaces. 	Boo, 1998

Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión del calor, frío, etc. con sustancias. • Confusión entre calor y temperatura. • Un trozo de carbón tiene energía porque al quemarlo produce calor. 	<p>Hesse y Anderson, 1992; Cohen y Ben-Zvi, 1992</p> <p>Gallastegui y Lorenzo, 1993</p>
Otros aspectos relacionados		
Velocidad de reacción	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas al entender que la velocidad de reacción directa disminuye al avanzar ésta, que crece la inversa, que al p^0 ésta es 0, y que son iguales sólo en el equilibrio. • Dificultades para entender la dinámica de una r.q. 	<p>Niaz, 1998</p> <p>Boo, 1998</p>
Mol, masa molar, masa atómica, cantidad de sustancia,	<ul style="list-style-type: none"> • No distinguen masa molar y masa atómica (pues no distinguen entre nivel de interpretación continuo y discontinuo). • Los conceptos mol y M molar se usan con el mismo significado. • Se identifica mol = NA de partículas (sólo es válido= a la cantidad de sustancia que contiene el NA de entidades elementales o unidades fórmula). • En gases confunden mol y Vol. Molar. • Saben que existe relación entre densidad y masa molar pero no saben cuál. • No interpretan la palabra cantidad (de sustancia), algunos la usan como "Nº de moles", volumen, nº. • Error al definir mol en términos de 12C. • Definir mol como una masa (atómica o molecular) o como el NA. (un mol "contiene" NA... es correcto, "es" es incorrecto). • Considerar gramos y u.m.a. equivalentes (error derivado de no entender el concepto de mol). • Errores de identidad numérica del mol. • Se habla de Nº de moles. • Ecuaciones igualando dos miembros con distintas dimensiones. • No diferencian entre Nº de Avog. No y cte. de Avog. NA 	<p>Tullberg y otros, 1994</p> <p>Verdú, 1993</p> <p>Tullberg y otros, 1994</p> <p>Tullberg y otros, 1994 Staver y Lumpe, 1995</p> <p>Staver y Lumpe, 1995</p> <p>Verdú, 1993</p>

Figura 2.3 Revisión de las concepciones alternativas de niños y adolescentes sobre Química escolar (Martínez Aznar y otros, 2002)

ÁMBITO	CATÁLOGO DE IDEAS	AUTORES
Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión del calor con algo material • El calor como una forma de energía • La temperatura como cantidad de calor • Dependencia de la temperatura con la naturaleza de la sustancia • Los cuerpos no superan nunca la temperatura de ebullición. • Confusión sobre el equilibrio térmico: no se introduce la conductividad para explicar cuerpos "fríos" y "calientes" 	Burghi y Soussan, 1985 Erickson y Tiberghien, 1989 Clough y Driver, 1985 Hierrezuelo y Montero, 1991
Óptica: Naturaleza de la luz	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades en diferenciar la visión de una imagen real en un plano en el que se coloca o no una pantalla, la visión de la imagen que se observa en ese punto a ojo desnudo • No entienden las relaciones entre luminosidad y nitidez de la imagen obtenida en una cámara oscura 	Tiberghien y otros, 1980 Guesne, 1984
	<ul style="list-style-type: none"> • Hay alumnos que identifican la luz con la fuente o sus efectos y otros que la consideran como una entidad separada en el espacio 	Kaminsky, 1989
	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades (12-15 años) de relacionar claridad ambiente con el sol. Dificultades para entender la reflexión de la luz en un papel blanco. 	Driver y otros, 1989
	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades en interpretar la reflexión y refracción en superficies de geometrías distintas (15-19 años.) 	Amarjit, 1990
	<ul style="list-style-type: none"> • No relacionan el papel del ojo en la percepción de la imagen. 	Salinas y Sandoval, 2000
	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de utilizar las analogías para la explicación de conceptos difíciles (refracción). 	Kipnis, 2005
	<ul style="list-style-type: none"> • Paralelismo entre concepciones de los alumnos y desarrollo de las concepciones históricas. 	Dedes, 2005
	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de los alumnos de (14-18 años) en relacionar la formación de imágenes con los focos luminosos procedentes de reflexión difusa. 	Iparraguirre, 2007
Electrostática	<ul style="list-style-type: none"> • La carga eléctrica se crea con el frotamiento • En un material las cargas eléctricas se separan por frotamiento sin tener en cuenta el agente que lo produce • No consideran el carácter conductor de los metales 	Guisasola y otros, 2008 Furió y Guisasola, 1998, 2001 Guruswamy y otros, 1997
	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión de la intensidad de campo con la fuerza eléctrica • La fuerza como causa y el campo como efecto 	Furió y Guisasola, 1998 Viennot y Raison, 1992, 1999

	<ul style="list-style-type: none"> No relacionan los fenómenos electrostáticos de los electrocinéticos. 	Guisasola y otro, 2008 Eylon y Ganiel, 1990
Corriente eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> No necesitan el circuito cerrado para que circule la corriente. 	Tiberghien y Delacotte, 1976 Anderson, 1986b Joshua y Dupin, 1989 Osborne y Freyberg, 1991 Sebastiá, 1993
	<ul style="list-style-type: none"> La corriente eléctrica "se gasta" a lo largo del circuito La corriente "se reparte" a lo largo del circuito 	Solomon y otros, 1987; Varela y otros, 1988; Joshua y Dupin, 1989; Shipstone 1989; Osborne y Freyberg, 1991
	<ul style="list-style-type: none"> Si se producen cambios en un elemento del circuito, esto solo afecta a la corriente que sale de él, pero no a la que llega 	Closet, 1983 Shipstone, 1989
Voltaje	<ul style="list-style-type: none"> El voltaje es una consecuencia de que circule la corriente, no su causa No diferencian intensidad de voltaje 	Maichle, 1981; Psillos y otros, 1988; Maichle, 1981; Rhöneck, 1983; Beseguir y Closet, 1996; Varela y otros, 2000
Energía en los circuitos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> La pila como almacén de electricidad La pila como almacén de corriente eléctrica No discriminación entre corriente y energía 	Anderson, 1986b; Shipstone, 1989; Joshua y Dupin, 1989; Varela y otros, 2000
Magnetismo	<ul style="list-style-type: none"> Los imanes emiten alguna sustancia "sutil" que afecta a algunos metales. El imán es un dipolo con cargas de diferente signo acumuladas en los polos. La fuente del campo magnético son cargas eléctricas en reposo Las interacciones magnéticas se producen entre imanes y cualquier material metálico Confusión entre fenómenos electrostáticos, magnéticos y electro magnéticos No se aplica la 3ª ley de Newton a la interacción magnética entre dos conductores 	Andersson, 1986b Meter y Carlisle, 1996 Meneses y Caballero, 1995 Pro y Saura, 1996 Borges y Gilbert, 1997 Maloney y otros, 2001 Guisasola y otros, 2003
Energía	<ul style="list-style-type: none"> Confusión fuerza-energía. El concepto de energía va ligado al movimiento. No se reconoce la conservación de la energía 	Duit, 1983, 1986 Driver y otros, 1989 Hierrezuelo y Montero, 1991 Varela y otros, 1999
La fuerza como interacción	<ul style="list-style-type: none"> La fuerza depende del cuerpo que la ejerce y no de la interacción entre dos cuerpos En caso de reconocer la interacción entre dos cuerpos, el cuerpo de mayor masa ejerce mayor fuerza. 	Maloney, 1984 Hierrezuelo y Montero, 1991
Influencia de la masa en la caída de los cuerpos	<ul style="list-style-type: none"> Los cuerpos de mayor masa caen más rápidamente de forma Inversamente proporcional El peso es una propiedad intrínseca de los cuerpos. 	Carrascosa y Gil, 1992 Ruggiero y otros, 1985

Fuerza y movimiento	<ul style="list-style-type: none"> • El movimiento tiene lugar en la dirección de la fuerza y por lo tanto debe haber una fuerza resultante en la dirección de la velocidad. • Un cuerpo en reposo no está sometido a ninguna fuerza. • El movimiento uniforme exige una fuerza constante 	Viennot , 1979; Sebastián (1984) Osborne y Freyberg (1991); Hierrezuelo y Montero(1991) Carrascosa y Gil (1992) Carrascosa, 2005
Los cuerpos poseen fuerza	<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza es una propiedad de los cuerpos. • La fuerza depende del tamaño y la velocidad de los cuerpos • La fuerza de los cuerpos va consumiéndose a medida que pierden velocidad. 	McDermont, 1984 Viennot, 1989 Hierrezuelo y Montero, 1991

Figura 2.4 Revisión de las concepciones alternativas de niños y adolescentes sobre Física escolar

3.2 Teoría del Cambio Conceptual de Posner y otros (1982)

Como ya se indicó al principio del apartado, el otro gran ámbito de la investigación constructivista era el relativo al cambio conceptual, que hacia hincapié en la gran estabilidad y resistencia al cambio de las ideas previas mantenidas por los sujetos sobre la realidad física. Una vez identificadas estas ideas que por otra parte eran erróneas, desde el punto de vista de la ciencia de los expertos, y de constatar su gran estabilidad y resistencia al cambio, se puso gran empeño en establecer pautas para su modificación sustentadas en lo que se ha venido llamando teorías del cambio conceptual. Con este nombre genérico, se han ido agrupando una serie de miniteorías para ayudar a los sujetos a aprender significativamente las ideas científicas. Aquí, nos vamos a referir a la Teoría del cambio conceptual de Posner y otros (1982), por ser la que mayor difusión ha tenido en nuestra área y la asumida por nosotros.

En 1982, Posner, Strike, Hewson y Gertzog, en la Universidad de Cornell, desarrollaron un modelo o teoría sobre el cambio conceptual. En la base del mismo, se establecía una analogía entre el cambio conceptual en las disciplinas científicas por una parte y en el aprendizaje de las ciencias por otra. Se trata pues de una teoría bien sustentada desde el punto de vista de la filosofía de la ciencia y desde el punto de vista de la psicología del aprendizaje.

Para estos autores, aprender constituye una actividad racional, es llegar a comprender y aceptar las ideas científicas (al menos las escolares). Por ello, aprender es en cierta forma investigar, no es una simple adquisición de un

conjunto de ideas correctas, de conocimientos verbales, es un proceso conceptual. Así, el máximo interés se centra en cómo cambian de idea los alumnos al entrar en contacto con las ideas científicas.

La filosofía de la ciencia sugiere que existen dos fases distinguibles en el cambio conceptual en ciencias. La primera se refiere a como la investigación se fundamenta en unos paradigmas (Kuhn, 1970) o programas de investigación (Lakatos, 1970) a modo de compromisos centrales que la organizan. La segunda fase del cambio se produce cuando esos compromisos requieren alguna modificación, lo que es denominado “revolución científica” por Kuhn y, cambio en los programas de investigación por Lakatos.

En relación a las bases psicológicas del modelo, puede suceder que: los sujetos apliquen los conceptos ya disponibles en nuevos contextos o a nuevos fenómenos y entonces se habla de cambio como asimilación; o que se requiera por parte del sujeto una reorganización o reemplazamiento de sus conceptos, en este caso el cambio se denomina por acomodación y que sería el verdadero cambio conceptual. Así, se utilizan términos ya trabajados por Piaget pero con una nueva visión. Pues bien, los conceptos disponibles por el sujeto y que se irán sucesivamente reestructurando constituyen su “ecología conceptual”, utilizando la terminología acuñada por Toulmin (1972).

Los conceptos disponibles por los sujetos, o ecología conceptual, y que determinan la dirección de la acomodación son:

- 1) Anomalías
- 2) Analogías y metáforas
- 3) Compromisos epistemológicos: ideales exploratorios, puntos de vista generales acerca del carácter del conocimiento
- 4) Creencias y conceptos metafísicos, y
- 5) Otros conocimientos: de otros campos o competitivos.

Por otra parte, los dos aspectos principales y necesarios de este modelo son: que se den las condiciones necesarias para que el sujeto lleve a cabo el cambio conceptual por acomodación y que la ecología conceptual de las personas proporcione el contexto en el que ocurre el cambio y donde tiene significado.

Las condiciones para que suceda la acomodación son:

- Debe existir insatisfacción respecto a las ideas existentes. Es decir, el sujeto tendrá problemas que no puede resolver con sus conceptos centrales.
- La nueva concepción debe ser inteligible. El sujeto debe percibir que el nuevo concepto tiene posibilidades inherentes para resolver sus problemas.
- La nueva concepción debe aparecer como verosímil y plausible. Los nuevos conceptos deben ser considerados coherentes, y
- El nuevo concepto debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.

Estos autores desarrollaron modelos instruccionales, de tal modo que podemos indicar que el cambio conceptual constituye una aproximación a la aplicación de las ideas constructivistas en la enseñanza de las ciencias y suponen una revisión de los objetivos y contenidos de los currículos escolares y de las estrategias didácticas adoptadas en las aulas de ciencias.

En 1993, Strike y Posner (en Moreira, 2000) hicieron una crítica de esta teoría destacando cómo la consideración original sobre la articulación y expresión de las ideas alternativas, no resultaba obvia, siendo posible que dichas concepciones existan como representaciones icónicas. Además, las concepciones alternativas se consideraban afectadas por la ecología conceptual pero sin considerar las maneras en que interactúan con esa ecología y, por último, se concebía el cambio como básicamente racional, subestimando otros componentes de la ecología conceptual del sujeto. De esta forma, se propusieron las siguientes modificaciones:

- 1) La inclusión en la ecología conceptual de factores personales, sociales e instruccionales además de los epistemológicos y filosóficos de la ciencia.
- 2) La consideración de las concepciones alternativas y las científicas como parte de la ecología conceptual y, por ello, susceptibles de interacción con los otros componentes.
- 3) La admisión de que las concepciones pueden existir en distintos modos de representación y diferentes grados de articulación.
- 4) Una visión desarrollista de la ecología conceptual.
- 5) Una visión interaccionista de la ecología conceptual.

Cabe destacar que aunque esta visión del cambio conceptual desarrollada aquí, parte de presupuestos del ámbito didáctico, es totalmente coherente con la visión del aprendizaje significativo de Ausubel, lo que nos

permite establecer una buena unión entre los campos de la psicología del aprendizaje y de la instrucción y, la didáctica específica de las ciencias (Moreira, 2000).

No obstante cabe decir que somos conscientes del debate en torno a si todo aprendizaje constructivista es un aprendizaje en el que se produce cambio conceptual y, el referido a la importancia de los contextos o escenarios de aprendizaje del conocimiento, así como a las distintas interpretaciones de cuál es la naturaleza de dicho cambio (Marín, 1999).

Nosotros queremos evitar una visión simplista y reduccionista del cambio (lo que se ha venido a llamar cambio radical) y lo consideramos como un proceso continuo de modificación de ideas, de explicaciones o versiones paralelas, donde la construcción del conocimiento en el aula es un proceso social y compartido, relacionado con contextos específicos (Driver y otros, 1994).

3.3 Otras aportaciones sobre el cambio conceptual

Con anterioridad al modelo de Posner y otros (1982), uno de sus autores, Hewson (1981), amplió la visión del cambio al considerar que algunas ideas nuevas pueden ser compatibles con las concepciones previas del alumnado. A esta modalidad la llamó captura conceptual. En sucesivos trabajos, este autor y otros colaboradores, distinguieron entre tres tipos de cambio conceptual (Hewson, 1992):

- Cambio por extinción o “sustitución de ideas”. La concepción antigua deja de existir y surge una nueva.
- Cambio como intercambio o “captura conceptual”. La idea antigua permanece en la retaguardia sin desaparecer y surge una nueva que coexiste con la anterior.
- Cambio como extensión, “canje o intercambio”. La nueva concepción amplía la anterior, aunque no consigue extinguirla sino convivir con ella.

Otros autores han realizado propuestas desde los fundamentos filosóficos de la ciencia. Por ejemplo, Hodson (1988) aporta la necesidad de que un currículo escolar adecuado considere las relaciones entre la naturaleza de la ciencia y la naturaleza del aprendizaje, o Nussbaum (1989) que considera que el cambio conceptual se produce manteniendo elementos sustanciales de

la concepción antigua mientras incorporan gradualmente elementos de la nueva.

Más centrados en los procesos de enseñanza, nos encontramos con modelos de cambio conceptual que subrayan las implicaciones didácticas y que están fundamentados, básicamente en la psicología cognitiva. Aunque estos modelos presentan estrategias diferentes, tienen una estructura común que puede sintetizarse en un modelo trifásico con las siguientes características (Serrano y Blanco, 1988; 1992):

- 1) La fase primera tiene como finalidad la exploración y articulación de las ideas de los alumnos, de modo que sean conscientes de sus puntos de vista personales, y de los de otros compañeros, en relación con el tema en cuestión.
- 2) La fase segunda propone crear algún tipo de conflicto cognitivo o insatisfacción de los sujetos respecto de las ideas que mantiene, provocándose así la necesidad de una reestructuración de las mismas; o bien, se orienta a establecer diferentes tipos de relaciones de integración, diferenciación, ajuste, etc., entre las concepciones existentes y las nuevas.
- 3) La fase tercera está orientada a completar las modificaciones que se hayan producido a lo largo de las fases anteriores, a estabilizar las nuevas ideas en la estructura cognitiva y a aplicarlas en diferentes contextos.

En el cuadro siguiente se recogen algunos de los modelos de cambio conceptual de acuerdo con las tres fases indicadas. Las dos primeras se corresponden con propuestas que abogan por un cambio como reestructuración fuerte, por lo que se centran en promover, en la segunda fase, un conflicto cognitivo como requisito para el cambio. En las dos últimas propuestas, esta segunda fase queda más abierta y sin supeditar al conflicto la única forma de cambiar las concepciones existentes.

Otras aportaciones que pueden ayudarnos a comprender la naturaleza del proceso de enseñanza por cambio conceptual son:

Hashweh (1986) explica la estabilidad de las concepciones de los alumnos basándose en su origen, en las experiencias cotidianas repetitivas, lo que permite que sean generalizadas por los estudiantes al aplicar la

metodología o epistemología del “sentido común”, llamada, también, metodología de la “superficialidad” por Carrascosa y Gil (1985). Para el autor, para que se pueda llevar a cabo la reestructuración cognitiva, en las aulas se debe cuestionar la metodología del sentido común y familiarizar a los sujetos con la epistemología científica.

Cosgrove y Osborne (1985) y Osborne y Wittrock (1985), proponen el cambio conceptual dentro de su teoría del aprendizaje generativo. Para ello, describen las fases del proceso de enseñanza-aprendizaje (preliminar, enfoque, confrontación y aplicación) tanto desde el punto de vista de las actividades del profesor como del alumno. El cambio requiere, por parte del profesor, que comprenda los puntos de vista de los científicos, de los alumnos y los suyos propios y, por parte de los alumnos, que puedan explorar y discutir sus puntos de vista así como aplicar los nuevos conocimientos en problemas prácticos.

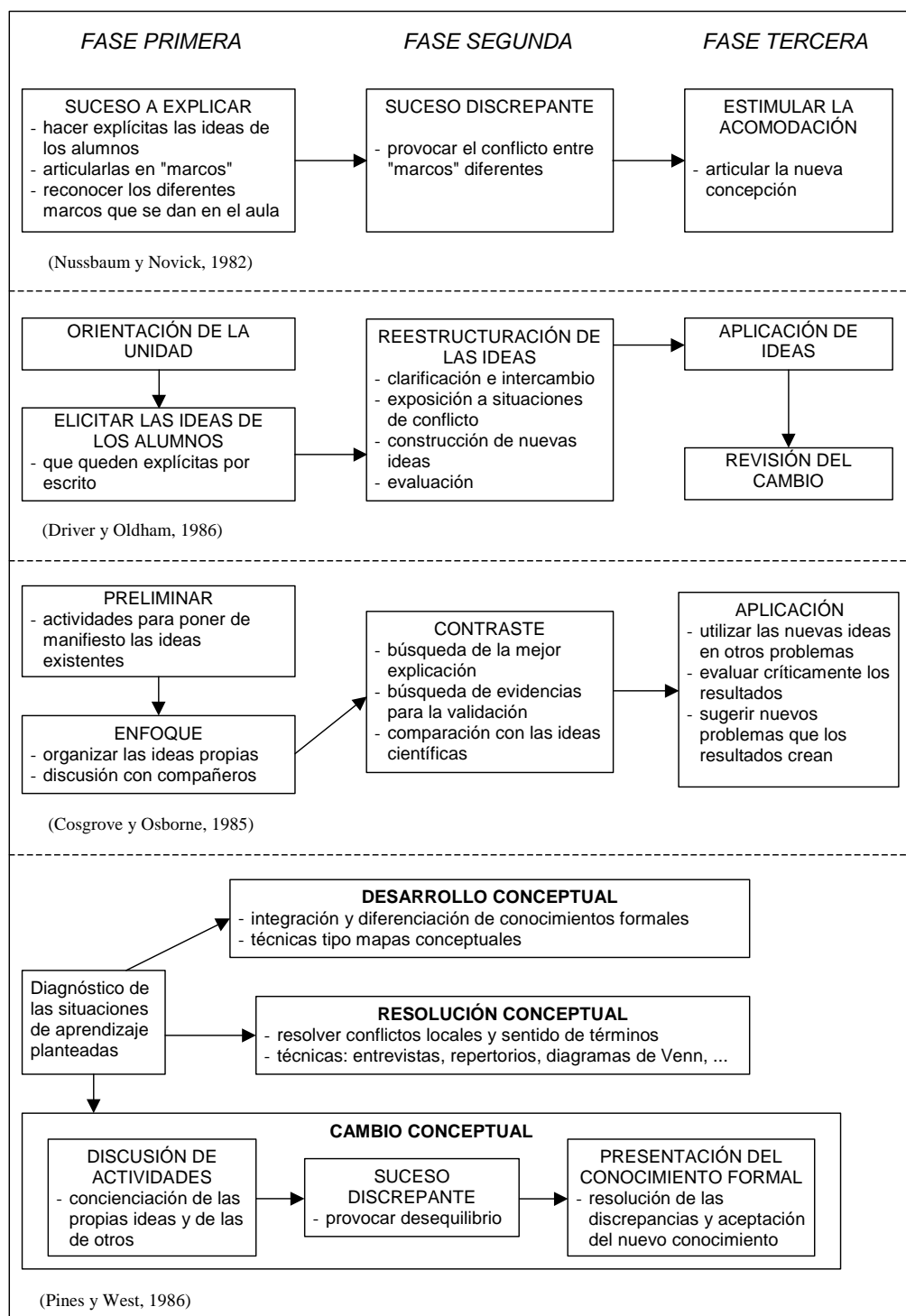


Figura 2.5 Características de la estructura trifásica de algunos modelos de cambio conceptual centrados en los procesos de enseñanza (basado en Serrano, 1992).

La exigencia de que los alumnos se impliquen en la clarificación de sus ideas y en la aplicación de las nuevas en diversas situaciones y problemas, también es recogida desde el campo de la enseñanza de las matemáticas por Wheatley (1991) y su modelo de aprendizaje centrado en problemas. Para este

modelo la secuencia de trabajo en el aula consistiría en diseñar situaciones problemáticas sobre ideas centrales de las disciplinas y trabajarlas en grupos cooperativos que ponen en común sus conclusiones. Este autor incorpora la interacción social en la construcción del conocimiento.

De acuerdo con la idea de aprender a través de situaciones problemáticas, a partir del modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos y la naturaleza representacional del conocimiento, Luffiego (2001) también propone un modelo de enseñanza-aprendizaje en tres fases:

- 1) Fase de problematización, selección de problemas o conflictos cognitivos.
- 2) Fase de retención por teorización, en la que se trabaja siguiendo un modelo de resolución de problemas como investigación tal y como lo propone Gil y Martínez-Torregrosa (1983).
- 3) Fase de retención por aplicación, en la que se transfiere el conocimiento adquirido en la resolución de problemas a otros contextos.

Los resultados empíricos, de las investigaciones que han puesto en práctica algunas de estas estrategias de cambio conceptual, aún siendo mejores que los resultados obtenidos en la enseñanza transmisiva habitual, no genera ni el cambio esperado ni la permanencia en el tiempo del mismo (Engel y Driver, 1986; Hewson y Thorley, 1989; Duschl y Gimotter, 1991). La dificultad de transformar los esquemas conceptuales, usando estas estrategias de cambio conceptual, hace necesario revisar la base teórica de estos modelos y no olvidar las creencias arraigadas que sobre el contexto educativo se siguen manteniendo.

En un trabajo reciente (Oliva, 1999), se recogen las aportaciones más relevantes y actuales de los aspectos que están en debate sobre los mecanismos de cambio conceptual:

- La existencia de más de un mecanismo de cambio conceptual. Este hecho estaría de acuerdo con los diferentes mecanismos de aprendizaje propuestos por diversos autores.
- El carácter gradual y paulatino de dicho proceso. El desarrollo del conocimiento científico, desde ciertas visiones epistemológicas, es un proceso evolutivo. Por tanto, la adquisición de conceptos debe entenderse como un proceso de incorporación y eliminación paulatina de ciertos aspectos de la idea inicial sin que ésta sea totalmente modificada.

- La naturaleza más o menos general o específica del proceso de cambio. Se pueden producir cambios en algunas concepciones cuando se han producido en otras con las que comparte elementos de la estructura cognitiva.
- El cuestionamiento de la sustitución de ideas como mecanismo de aprendizaje. Desde una óptica constructivista la idea de sustitución de una concepción intuitiva por otra científica es insostenible. Las concepciones alternativas son la base sobre la que se construye el nuevo conocimiento.
- Las críticas vertidas sobre el conflicto cognitivo como estrategia idónea para el cambio de ideas. El uso del conflicto conceptual como eje de propuestas didácticas consume más tiempo del deseado, desanima a los alumnos, y puede reafirmar las ideas de los mismos.

En la enseñanza de las ciencias se están diseñando estrategias de cambio conceptual, entre las que destaca la metodología de resolución de problemas como investigación. Los trabajos realizados en este campo resaltan la idea de que todo cambio conceptual se genera a partir de cambio metodológico que permite a los alumnos desarrollar destrezas metacognitivas. Además, en todo este proceso, el cambio de actitudes del alumnado es, también, un elemento a tener en cuenta (Carrascosa y Gil, 1985; Gil y Carrascosa, 1985; Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Gil, 1994; Martínez Aznar y Varela, 1996; Varela y Martínez Aznar, 1998, 1997, 1996; Martínez Aznar y Ovejero, 1997).

El desarrollo de una metodología de trabajo que se asemeje a una investigación científica permite a los estudiantes crear sus nuevos conocimientos a partir de los que ya poseen y, a través de los análisis cualitativos de las situaciones problemáticas y de las hipótesis y resultados que se vayan obteniendo en sus resoluciones. No es una sustitución o cambio rotundo en el sentido original del término cambio conceptual. Como ocurre en la evolución del conocimiento científico, las nuevas teorías surgen al entrar en crisis las anteriores y lo hacen a partir de las mismas y no al margen de ellas.

Además, esta metodología de resolución de problemas como investigación, favorece el proceso de metacognición en el alumno, imprescindible para que se produzca la reestructuración de los esquemas conceptuales. Por otra parte, este tipo de propuesta genera en el alumnado una actitud favorable hacia la ciencia como conocimiento y hacia su estudio (Martínez Aznar y Ovejero, 1997).

3.3.1 Estrategias para favorecer el cambio conceptual: La metacognición

Aprender ciencias supone, como acabamos de ver, un proceso complejo donde el alumnado tiene que rechazar, reestructurar sus propias ideas sobre el mundo físico que les rodea. Este proceso si bien debe realizarlo el propio aprendiz debe estar guiado y orientado por el profesor (Hewson y otros, 1998). En este proceso de mediación, el docente requiere seleccionar estrategias que ayuden al alumno a construir su aprendizaje. Aquí, nos vamos a referir a la estrategia de orden superior que deberán estar presentes en toda estrategia para esas finalidades, nos referimos a la metacognición (Gunstone y Northfield, 1994; White y Mitchell, 1994; Gunstone y otros, 1992).

Dentro del campo de la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje se interpreta como algo que va más allá de la familiarización del alumnado con esta área de conocimiento. Se considera que el aprendizaje deberá proporcionar al sujeto la capacidad de aprender, es decir de “aprender a aprender” y de reflexionar sobre su propio conocimiento.

En palabras de J. Flavell :

“La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos. La metacognición implica un examen activo y la consiguiente regulación y organización de los procesos psicológicos en relación con los objetivos cognitivos sobre los que versan, por lo general, al servicio de algún fin u objetivo concreto” (1976, pág. 232)

En nuestro país, Moreno (1989) ha puesto de manifiesto la necesidad de considerar el aprendizaje como una actividad estratégica, planificada y controlada por la persona que la realiza. Insiste la autora en la necesidad de tomar conciencia de los objetivos del aprendizaje y de los medios para conseguirlos, lo que implica una actividad metacognitiva. Hay que resaltar la opinión de Moreno sobre la importancia que tiene para el aprendizaje que los estudiantes se hagan conscientes de sus intenciones, de sus capacidades y de las demandas de las tareas escolares. En referencia a las tareas, destaca 3 aspectos:

- objetivos de la tarea: es importante discernir por parte del alumno sobre cuáles son los objetivos concretos, pues ello favorece la elección de la estrategia más idónea de cara a la resolución.

- grado de dificultad: el alumnado debe hacerse consciente del nivel de dificultad y sobre todo, de los principales obstáculos con que se encuentra. Sólo con la toma de conciencia de cuáles son los puntos conflictivos podrán dilucidar cuáles van a ser las estrategias más adecuadas para superarlos.
- familiarización con la tarea: hay un consenso generalizado sobre el hecho de que los procesos de razonamiento están unidos a un contexto específico.

J.I. Pozo (1989) hace una aportación clarificadora acerca del lugar de las estrategias de metaaprendizaje en el curriculum. En lo que respecta al cuando, el autor apoya la idea de que lo relevante no sería la edad sino la secuencia establecida tanto en lo referente a la planificación general como a las tareas necesarias para la adquisición de una determinada estrategia. Sobre el dónde, se plantea la cuestión: ¿las estrategias de aprendizaje, una materia aparte o una parte de cada materia? La respuesta dada por el autor es:

“Es imposible aprender a aprender de un modo general, al margen de los contenidos concretos sobre los que se ha de aprender. Las habilidades de pensamiento y aprendizaje no son ajenas al contenido, sino que dependen del área en la que se aplican” (Pozo, 1989, pág. 11)

En nuestro programa, hemos pretendido favorecer en los futuros profesores estrategias de metaaprendizaje y hacerles conscientes de lo que están haciendo y de cuáles son las dificultades en las tareas de aprendizaje, que requieren de un esfuerzo para reflexionar sobre qué saben y qué necesitan para seguir adelante. Además, consideramos fundamental la verbalización de los pasos a seguir durante el aprendizaje por permitirnos, al profesorado, conocer las dificultades y el nivel de construcción de conocimientos desarrollados por el alumnado.

Bibliografía

- AMARJIT, S. y BUTLER, P. (1990). Refraction: conceptions and knowledge structure. *International Journal of Science Education*, 12 (4), pp.429-442.
- AMINSKY, W. (1989). Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière'. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 716, pp.973-996.
- ANDERSSON B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), pp.549-563.
- ANDERSSON, B. (1986b). The experiential gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions. *Science.European*, 8 (2), pp.155-171.
- ANDERSSON, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, pp. 53-85.
- ASTOLFI, J. P. (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Diada Editora S. L.
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive View*. New York: Holt, Rhinehart and Winston.
- BARKER V. (1999). Students reasoning about chemical reactions: What changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*. 21 (6), pp. 645-665.
- BENSEGUIR, A. y CLOSSET, J.L. (1996). The electrostatics-electrokinetics transition: historical and educational difficulties. *International Journal of Science Education*, 18 (2), pp.179-191.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B. y SILVERSTEIN, J. (1987). Students visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24 (4), pp.117-120.
- BOO, H. K. (1998). Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. *Journal. of Research in Science Teaching*, 35(5), pp. 569-581.
- BORGES, A.T y GILBERT, J.K. (1998) Models of Magnetism. *International Journal of Science Education*, 20 (3), pp. 361-378.
- BURGH, M. y SOUSSAN, G. (1985). Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), pp. 83-90.
- BOUJAOUDE, S. B. (1991). A study of the nature of students' understanding about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), pp. 689-704.
- BRANSFORD, J. D. (1979). *Human cognition: Learning, understanding and remembering*. Belmont, CA: Wadsworth.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual Change*. Cambridge: MIT Press.
- CARRASCOSA, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que lo origina y/o mantiene. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp.183-208.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1992). Concepciones alternativas en Mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), pp. 314-328.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp.113-120.
- CHI, M. T. H., SLOTTA, J. D. y LEEUW, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, pp. 27-43
- CLAXTON, G. (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza Editorial.

CLOSSET, J. (1983). Citado en Hierrezuelo (1991).

CLOUGH, E. y DRIVER, R. (1985) Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together personal and scientific views. *Physics Education*, 20, pp.176-182.

COHEN, I. y BEN-ZVI, R. (1992). Improving student achievement in the topic of chemical energy by implementing new learning materials and strategies. *International Journal of Science Education*, 14(2), pp.147-156.

COSGROVE, M. y OSBORNE, R.: (1991). *Modelos didácticos para cambiar las ideas de los alumnos. El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.

DEDES, C. (2005). The Mechanism of Vision: Conceptual Similarities between Historical Models and Children's Representations. *Science and Education* 14, pp. 699-712.

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

DRIVER, R. (1989). *Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas*. En Driver y otros (1989).

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. y SCOTT, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), pp.5-12.

DUIT, R. (1983, 1986). Citado en Varela y otros, 1999.

DUSCHL, R. A. (1995). *Marcos de aplicación da Historia e Filosofía da Ciencia para o ensino das Ciencias da Terra*. En M. Brañas, M. C. Gonzáles y M. P. Jiménez (Eds). *Traballando coas Ciencias da Terra*. Santiago: ICE, Servicio de Publicacións Universidad de Santiago de Compostela.

DUSCHL, R. A. y GITOMER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp.839-858.

ENGEL-CLOUGH, E. y DRIVER, R. (1986). A study of consistency in the use of conceptual frameworks across different task context. *Science Education*, 70(4), pp. 473-496.

ERICKSON, G. y TIBERGHEN, A. (1989). *Calor y temperatura en Ideas científicas de la adolescencia*. En Driver y otros (1989). Madrid: Morata

EYLON, B. y GANIEL, U. (1990). Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning, *International Journal of Science Education*, 12(1), pp. 79-94.

FLAVELL, J. H. (1976). *Metacognitive aspects of problem solving in the nature of intelligence*. En L. B. Resnick (ed.), Nueva York: Hillsdale.

FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. (1998). Dificultades en el aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico en estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pp. 131-146.

GALLASTEGUI OTERO, J. R.; y LORENZO BARRAL, F. M. (1993). "El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía": concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de física y química y ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp.20-25.

GARNETT, P. J.; GARNETT, P. J. y HACKLING, H. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, pp. 69-95.

- GEELAN, D. R. (1997) Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science & Education*, 6 (1-2), pp.15-28.
- GERGEN, K. J. (1995). *From construction in context to reconstruction in education*. En L. P. Steffe y J. Gale (Eds.). *Constructivism in Education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- GIL, D. (1994). Relaciones entre el conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, pp.17-32.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7(3), pp.231-236.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1983). A model for problem-solving with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), pp.447-455.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de Física: Una didáctica alternativa*. Madrid: MEC/Vicens Vives.
- GILBERT, J. K., OSBORNE, R. J. y FENSHAM, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), pp. 623-633.
- GLASERSFELD, E VON. (1993). *Questions and answers about radical constructivism*. En K. Tobin (Ed.), *The practice of constructivism in Science Education*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- GOOD, R. (1993). Editorial. The many forms of constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), pp.10-15.
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), pp.106-121.
- GRECA, I.M. y MOREIRA, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp 289-303.
- GUESNE, E. (1984). Children's ideas about light. UNESCO: *New trends in Physics Teaching*, París 4, pp.179-192.
- GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J. y CEBEIRO, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionario. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (2), pp.281-294.
- GUISASOLA, J, ZUBIMENDI, J., ALMUDÍ, J. 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.
- GUNSTONE, R. F. y NORTHFIELD, J. R. (1994). Metacognition and learning to teach. *International Journal of Science Education*, 16(5), pp. 523-537.
- GUNSTONE, R. F., GRAY, C. M. R. y SEARLE, P. (1992). Some long-term effects of uninformed conceptual change. *Science Education*, 76(2), pp. 175-197.
- GUTIERREZ, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*, 7, pp.73-86.
- GUTIERREZ, R. (2001). Modelos mentales. *Seminario en el VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*. Barcelona.
- HASHWEH, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), pp.47-63.
- HENNESSY, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, pp.1-41.
- HESSE, J. J. y ANDERSON, C. W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), pp.277-299.

- HEWSON, P. W. (1981). A conceptual change approach. *European Journal of Science Education*, 3(4), pp.383-396.
- HEWSON, P. W. (1992). El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores. Ponencia presentada en el Encuentro sobre “*Investigación y Desarrollo del Currículo en la Enseñanza de las Ciencias*”. Documento multicopiado. Madrid: CIDE/MEC.
- HEWSON, P. W., BEETH, M. E. y THORLEY, N. R. (1998). Teaching for conceptual change. En B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education. Part One*. Chapter 2. 5 Great Britain: Kluwer Academic Publishers, pp 199-218.
- HEWSON, P. W. y THORLEY, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, pp.541-553.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y la Química*. Málaga: Elzevir.
- HODSON, D. (1988). *Filosofía de la ciencia y educación científica*. En Porlán, García y Cañal (Comp). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada editora.
- HOLDING, B. (1985). *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in Chemistry*. Summary report. CLISP. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds: The University of Leeds.
- IPARRAGUIRRE, LM. (2007). Una propuesta de utilización de la Historia de la Ciencia en la enseñanza de un tema de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (3), pp.423-434.
- JOHSUA, S. y DUPIN, J.J. (1989): *Représentations et modélisations: le “débat scientifique” dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berna: Peter Lang.
- KIPNIS, N. (1992). *Rediscovering Optics*. Minneapolis: Berna Press.
- KUHN, T. S. (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- LAKATOS, I. (1982). *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Técno.
- LINDER, C. J. (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77(3), pp. 293-300.
- LLORENS, J. A. (1987). *Propuesta y aplicación de una metodología para analizar la adquisición de los conceptos químicos necesarios en la introducción a la teoría atómico-molecular: percepción de los hechos experimentales, sus representaciones y el uso del lenguaje en alumnos de Formación Profesional y Bachillerato*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Valencia.
- LLORENS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
- LUFFIEGO, M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: Hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), pp.377-392.
- MAICHLE, U. (1981). Citado en Varela y otros (2000)
- MALONEY, D.P: (1984). Rule-governed approaches to physics Newton's third law. *Physics Education*, 19, pp.37-42.
- MALONEY y otros, (2001). Citado en Guisasola y otros (2003)
- MARÍN, N. y SOLANO, I. y JIMÉNEZ, E. (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp.479-492.

- MARTÍNEZ, M^a M., VARELA, M^a P., BÁRCENA, A. I. e IBAÑEZ, T (2002). *Memoria de Investigación del Proyecto del CIDE: Estudio de la influencia en el aprendizaje de los alumnos de Educación Secundaria de una metodología de investigación para la resolución de problemas. Aplicación para la enseñanza de la Biología y la Química*. Madrid.
- MARTÍNEZ, M^aM. y OVEJERO, P. (1997). Resolver el problema abierto: Teñir lanas con productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp.401-422.
- MARTÍNEZ, M^aM. y VARELA, M^aP. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 59-68.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: Un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp.79-88.
- MATTHEWS, M. R. (1997). Introductory comments on Philosophy and constructivism in Science education. *Science & Education*, 6, pp. 5-14.
- MCDERMONT, L.C. (1984) Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, 37, pp. 24-32.
- MENESES, J y CABALLERO, M. (1995). Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), pp. 36-45.
- MEYER, K. y CARLISLE, R. (1996). Children as experimenters. *International Journal of Science Education*, 18 (2), pp.231-248.
- MILLAR, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11(5), pp.587-596.
- MILNE, R. W. (1999). A low-cost activity for particle conceptualization at the secondary level. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp.50-51.
- MOREIRA, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor aprendizaje.
- MORENO, A. (1989). Metaconocimiento y aprendizaje escolar. *Cuadernos de Pedagogía*, 173, pp.53-58.
- NIAZ M. (1998). A Lakatosian conceptual change teaching strategy based on student ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science & Education*, (7), pp.107-127.
- NORMAN, D. A. (1983). *Some observations on mental models*. En D. Gentner y A. L. Stevens (eds.), *Mental models*. New Jersey: LEA. Hillsdale.
- NUSSBAUM, J. (1989). *La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa*. En Driver y otros (1989)
- OLIVA, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp.93-107.
- OLMSTED, J. (1999). Amount tables as a diagnostic tool for flawed stoichiometric reasoning. *Journal of Chemical Education*, 76(1), pp.52-53.
- OSBORNE, R. (1993). Beyond constructivism. *Science Education*, 80(1), pp.53-82.
- OSBORNE, J. R. y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.
- OSBORNE, R. J. y WHITTROCK, M. C. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67(4), pp.489-508.
- PELLA, M. O. y VOELKER, A. M. (1967-1968). Teaching the concepts of physical and chemical change to elementary school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, pp.311-323.

- PLÉ, E. (1997). Transformation de la matière à l'école élémentaire: Des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles. *ASTER*, 24, pp. 203-229.
- POSNER, G.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. y GERTZOG, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 6(2), pp.211-227.
- POZO, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- POZO, J. I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp.513-520.
- POZO, J. I. y GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I., GÓMEZ, M. A., LIMON, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE/MEC.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y RODRÍGUEZ, A. (1989). Explicaciones de los alumnos de segunda etapa de EGB sobre el concepto de reversibilidad del proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, 7, pp.79-90.
- PRO DE, A. y SAURA, O. (1996). Una propuesta metodológica para la enseñanza y el aprendizaje de la Electricidad y el Magnetismo en la Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela*, 28, pp.79-94.
- PSILLOS, D., KOUMARAS, P. y TIBERGHIE, A. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on D.C. circuits, *International Journal of Science Education*, 10 (1), pp.29-43.
- PUTNAM, R. T. y BORKO, H. (2000). *El aprendizaje del profesorado: implicaciones de las nuevas perspectivas de la cognición*. En B. J. Biddle, T. L. Good y I. F. Goodson (Edts). *La enseñanza y los profesores I. La profesión de enseñar*. Barcelona: Paidós, pp.219-309.
- ROBINSON, W. R. (1999). A view of the science education research literature: student understanding of chemical change. *Journal of Chemical Education*, 76(3), pp.297-298.
- RODRIGO, M. J. y CORREA, N. (2001). *Representación y procesos cognitivos: esquemas y modelos mentales*. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.). *Desarrollo psicológico y educación 2. Psicología de la Educación escolar*. Madrid: Alianza.
- RODRIGO, M. J. y CUBERO, R. (2000). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. En F. J. Perales y P. Cañal (Drs.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- RUIZ, A., VARELA, M^aP. y MARTÍNEZ, M^aM. (1994). *Formación de profesores de Educación Secundaria. Didáctica de Física y Química*. CAP. Madrid: Editorial Universidad Complutense.
- RHÖNECK, C. (1983). Citado en Varela y otros (2000).
- RUGGIERO y otros (1985). Citado en Hierrezuelo y Montero, 1991.
- RUMELHART, D. E. y NORMAN, D. A. (1981). *Analogical processes in learning*. En J. R. Anderson (Ed.) *Cognitive Skills and their acquisition*. UK: Lawrence Earlbaum Associates.
- RUSSEL, T., LONGDEN, K. y MCGUIGAN, L. (1991). *Materials. Research report. SPACE (Science Processes and Concept Exploration Project)*. UK: Liverpool University Press.

- SALINAS, J. y SANDOVAL, J. (2000). Enseñanza Experimental de la Óptica Geométrica: Campos de Visión de Lentes y Espejos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 22 (2), pp.259-265.
- SCHMIDT, H. (1997). Students' misconceptions. Looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), pp.123-136.
- SEBASTIA, J. M. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), pp.161-169.
- SEBASTIÁ, J.M. (1993). ¿Cuál brilla más?: Predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), pp.45-50.
- SÉRÉ, M. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8(4), pp.413-425.
- SERRANO, T. (1992). *El desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales*. Tesis Doctoral inédita. Universidad Complutense de Madrid.
- SERRANO, T. y BLANCO, A. (1988). *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Apuntes IEPS. Madrid: Narcea.
- SHIPSTONE, D.M. (1989). *Electricidad en circuitos sencillos*, en Driver y otros (1989)
- SOLOMON, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, pp.1-19.
- SOLOMON, J., BLACK, P. y STUART, H. (1987). The pupils views of electricity revisited: social development or cognitive growth. *International Journal of Science Education*, 9 (1), pp.13-22.
- STAVER J. R. y LUMPE A. T. (1995). Two investigation of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal. of Research in Science Teaching*, 32(2), pp.177-193.
- STAVY, R. (1988). Children's conceptions of gases. *International Journal of Science Education*, 10, pp. 553-560.
- TIGBERGHEN, A. y DELACOTTE, G. (1976). Citado en Varela y otros (2000)
- TIGBERGHEN, A., DELACOTE, G., GHIGLIONE, R. y MATALON, B. (1980). *Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans*. Revue Française de Pédagogie, 50, pp. 24-41.
- TOULMIN, S. (1972). *Human understanding*. Princeton: Princeton University Press. En español: (1977). *La comprensión humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- TRUMPER, R. (1993). Childrens' energy concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15(2), pp.139-148.
- TULLBERG, A.; STRÖMDAHL, H. y LYBECK, L. (1994). Students' conceptions of 1 mol and educators' conceptions of how they teach the mole. *International Journal of Science Education*, 20, pp. 317-333.
- VALCARCEL, M^aV. y SANCHEZ, G. (1990). Ideas de los alumnos de diferentes niveles educativos sobre el proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, 11, pp. 51-60.
- VARELA, M^aP. y MARTÍNEZ, M^aM (1998). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp.173-188.
- VARELA, M^aP. y MARTÍNEZ, M^aM (1997). Investigar y aprender resolviendo problemas abiertos de Física. *Revista Española de Física*, 11, pp.32-37.

- VARELA, M^a P. y MARTÍNEZ, M^a. M (1996). Resolver problemas una actividad cotidiana en las aulas. *Revista del Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y Ciencias*, 78, pp.18-19.
- VARELA, M^aP., FAVIERES, A., MANRIQUE, M^aJ., y P. LANDAZÁBAL, M^aC. (2000). *Electricidad y Magnetismo*. Madrid: Síntesis.
- VARELA, M^aP, MANRIQUE, M^aJ., P. LANDAZÁBAL, M^aC., y FAVIERES, A. (1999). *Un desarrollo curricular de la Física centrado en la energía*. Madrid: UAM
- VARELA, M^aP., MANRIQUE, M^aJ. y FAVIERES, A. (1988). Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, (3), pp.285-29.
- VERDÚ J. (1993). Sobre los errores en el uso del concepto de mol y las magnitudes relacionadas. *Revista Española de Física*, 7(1), pp.54-56.
- VIENNOT, L. (1979). Citado en Varela y otros, 1999.
- VIENNOT, L. y RAINSON, S. (1992). Students' reasoning about the superposition of electric fields. *International Journal of Science Education*, 14 (4), pp.475-487.
- VOS, W. DE y VERDONK A. H. (1986). A new road to reaction. Part 3. Teaching the heat effect of reactions. *Journal of Chemical Education*, 63(11), pp.972-974.
- VOSNIADOU, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp.45-69.
- WATSON J. R.; PRIETO, T. y DILLON, J. (1997). Consistency of students' explanation about combustion. *Science Education*, 81(4), pp.425-444.
- WHIT, R. T. (1998). Research, theories of learning, principles of teaching and classroom practice: examples and issues. *Studies in Science Education*, 31, pp.55-70.
- WHITE, R. T. y MITCHELL, I. J. (1994). Metacognition and the quality of learning. *Studies in Science Education*, 23, pp.21-37.
- WHEATLEY, G. H. (1991). Constructivist perspective on science and mathematics learning. *Science Education*, 75(1), pp.9-21.