

PSICOLOGIA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS. EL MODELO DE AUSUBEL*

GUTIERREZ, R.

Departamento de Didáctica de las Ciencias. I.E.P.S. Madrid.

(*) Parte de este trabajo fue leído como ponencia en las «Jornadas sobre Experiencias de Renovación e Investigación Educativa en el área de Ciencias Experimentales en Enseñanzas Medias», organizadas por el Gobierno Vasco (Departamento de Educación, Universidades e Investigación) en Bilbao (30 de Junio - 2 de Julio, 1986). Agradecemos al Z.E.I.L. la facilidad que nos otorga para utilizar aquel estudio en este trabajo.

SUMMARY

In this article a method to identify the most frequently used models in Science Education is presented. It also addresses the issue of the main problems researchers face when dealing with these models. The Ausubelian model of learning is presented with explicit references to each aspect mentioned above.

1. INTRODUCCION

1.1. Los límites

Pensamos que es honesto empezar enunciando los límites de este trabajo, para evitar que el lector se cree falsas expectativas. Así pues queremos advertir que en este artículo:

- 1) No se va a tratar sobre Psicología General, sino sobre modelos psicológicos que se han ocupado del aprendizaje en el área de las Ciencias experimentales.
- 2) La síntesis que presentamos no está realizada por un especialista en psicología, sino por alguien preocupado por el problema del aprendizaje, que ha estudiado selectivamente una parte de la Psicología.

1.2. Las dificultades

La primera dificultad con que se enfrenta un no psicólogo que quiere conocer una parte de la Psicología (la necesaria para el planteamiento de sus investigaciones didácticas en el área del aprendizaje) es acotar el terreno. Pero ¿con qué criterios? Se podría consultar a los especialistas; en nuestro caso, a especialistas en didáctica de las ciencias experimentales que hayan utilizado la psicología del aprendizaje como ciencia aplicada a la investigación. No es fácil en nuestro país plantear este tipo de cuestiones. Así que hay que seguir, en la mayoría de los casos, un método autodidacta para adquirir la necesaria formación psicológica. A grandes rasgos explicitaremos a continuación el que hemos seguido nosotros.

1.3. El método

i. Punto de partida: conocer qué se hace en la práctica

Dicho de otro modo: conocer, examinando en las revistas o en los libros pertinentes, lo que publican los autores especializados en la investigación didáctica. De esta manera nos encontraremos con una primera acotación temática; porque enseguida se cae en la cuenta de que hay una serie de *problemas relacionados con el aprendizaje*, que son los que sistemáticamente se plantean, y una serie de modelos psicológicos a los que sistemáticamente se acude para buscar las perspectivas de explicación.

ii. Punto primero: Buscar convergencias

Hecho lo anterior, se impone la necesidad de agrupar las investigaciones recogidas por familias o filiaciones, según el modelo psicológico en el que se fundamenta la investigación. Cuando se haya realizado esta operación, tendremos inmediatamente destacados los *modelos psicológicos utilizados con más frecuencia*, pero, además, aparecerán dos tipos de datos que nos ayudarán a acotar aún más el terreno de la psicología en el que deberemos profundizar:

- 1) qué *elementos del modelo* de aprendizaje son los que suscitan mayor interés a la hora de plantear las investigaciones en el área de ciencias, tanto desde el punto de vista teórico como de aplicación en el aula;

2) cuáles son los *puntos más controvertidos del modelo*, ya que, con frecuencia, el investigador que elige un modelo justifica su elección haciendo una crítica de los elementos de otros modelos que, desde su punto de vista, no resultan satisfactorios.

iii. *Punto segundo: Ir a los autores en directo*

Para conocer un modelo psicológico de aprendizaje (como para conocer el pensamiento de cualquier autor) hay que *leer en directo al que lo ha formulado*. El vocabulario técnico utilizado, unido a veces a oscuridades de expresión (o de traducción), hacen esta tarea nada simple para personas no iniciadas, que corren el peligro de perderse entre los elementos de la teoría, muchas veces compleja y difícil de abarcar. El caso de Piaget, con más de 1.500 publicaciones, es típico y expresivo: ¿Por dónde empezar?

En nuestra experiencia, los datos recogidos en el *Punto primero* son la mejor guía práctica para leer a los autores directamente, de manera selectiva y atinada.

iv. *Punto tercero: Observar la evolución del modelo*

Si se han trabajado adecuadamente los puntos primero y segundo, a estas alturas tendremos unas ideas, suficientemente fundadas, sobre los modelos psicológicos de aprendizaje que se utilizan en la actualidad y sobre los aspectos más importantes de los mismos, sus aciertos y sus lagunas explicativas. Pero también habremos observado otra cuestión interesante: *estos modelos no son estáticos*; la investigación los hace caminar, evolucionar, explotando sus posibilidades potenciales, ampliando o complementando sus puntos de vista.

Este punto tercero es de capital importancia. Si no lo tenemos en cuenta, corremos el peligro de hablar de un *modelo psicológico* sin saber exactamente a qué nos referimos. Por ejemplo: el modelo de aprendizaje expuesto por Gagné en 1965, es muy distinto al expuesto por el mismo autor en 1978 (Gagné y White 1978). ¿A cuál de ellos nos referimos cuando hablamos de él?

En relación a la evolución dinámica de un modelo, hay que distinguir dos posibilidades que se dan en la realidad: que el que evolucione sea el mismo creador del modelo, como es el caso antes señalado de Gagné; o que la evolución venga promovida por los seguidores del modelo, que al poner en práctica las ideas del mismo, han ido tomando distintos derroteros, sin renunciar, por lo común, a sus orígenes.

1.4. **Los modelos más utilizados en la actualidad**

Utilizando el método expuesto anteriormente, puede decirse que hoy emerge de los datos (Punto de partida y Punto primero) cuatro modelos psicológicos de aprendizaje, que son los más utilizados por los investigadores en el área de la didáctica de las Ciencias: el modelo de Piaget, el de Gagné, el de Ausubel y el pro-

veniente de la Psicología del Procesamiento de la Información.

Todos ellos coinciden en ser *modelos cognitivos* de aprendizaje, caracterizados por intentar dar cuenta de este fenómeno en términos de procesos mentales, no reducibles a encadenamiento del tipo Estímulo-Respuesta, propio de los modelos conductistas.

1.5. **Propósitos**

En una serie de artículos, presentaremos estos modelos cognitivos, destacando en ellos los aspectos más salientes para nuestro propósito. De acuerdo con los datos extraídos con el método de estudio antes expuesto, estos aspectos son:

- a) El concepto de aprendizaje que se utiliza en el modelo. (Qué es aprender)
- b) Los criterios de competencia para el aprendizaje que se establecen en el modelo. (Cuándo un sujeto es apto para el aprendizaje)
- c) Los criterios para establecer secuencias de aprendizaje que se explicitan en el modelo. (Cómo se diseñan las secuencias de aprendizaje)
- d) Qué aspectos del modelo han sido más criticados. (Cuáles son los puntos débiles que se le atribuyen)
- e) Qué líneas de evolución ha seguido el modelo hasta llegar al uso que se hace de él en la actualidad.

En este primer artículo presentaremos el modelo de aprendizaje de Ausubel, limitándonos a los aspectos antes señalados.

2. **EL MODELO DE AUSUBEL**

Como una parte del estudio de este modelo irá dedicada a las críticas que se han hecho del mismo, nos parece conveniente utilizar citas literales de Ausubel al exponer su pensamiento. De esta manera los lectores podrán contrastar esas críticas directamente con el modelo, y no con nuestra interpretación del mismo. Esto puede dificultar la lectura, pero facilitará la objetividad. Las citas se referirán, mientras no se explicita lo contrario, a la obra fundamental de Ausubel: *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo* (1976) (1).

2.1. **Concepto de aprendizaje que se explicita**

Ausubel describe en la obra anteriormente citada (Ausubel 1976) varias *clases* de aprendizaje, que considera las más interesantes desde el punto de vista escolar. Son las siguientes (p. 37):

- Aprendizaje por repetición
 - Aprendizaje significativo
- } referidos a la formación de conceptos

- Aprendizaje verbal
 - Aprendizaje no verbal
- } referidos a la solución de problemas.

Y señala también una distinción, que él estima «definitiva» entre los procesos por los que se adquieren esas clases de aprendizaje:

- Aprendizaje por recepción
- Aprendizaje por descubrimiento
- Aprendizaje mecánico o repetitivo
- Aprendizaje significativo.

Aunque Ausubel describe con detalle estas clases y procesos de aprendizaje, no vamos a entrar en ellos, ya que realmente sólo utiliza estas descripciones para aclarar su concepto de aprendizaje significativo, que es el central de su obra. Y en éste es en el que nos vamos a extender. El lo define así (p. 56).

«La esencia del proceso del aprendizaje significativo reside en que ideas expresadas simbólicamente son relacionadas de modo no arbitrario, sino sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe, señaladamente [con] algún aspecto esencial de su estructura de conocimientos (por ejemplo, una imagen, un símbolo ya con significado, un contexto, una proposición).»

Ausubel describe tres tipos de aprendizaje significativo. Es en estas descripciones donde se deja ver el tipo de epistemología subyacente a su concepto de aprendizaje (pp. 61 y 62):

— *Aprendizaje de representaciones o de proposiciones de equivalencia*

«El tipo básico de aprendizaje significativo, del cual dependen todos los demás aprendizajes de esta clase, es el aprendizaje de *representaciones*, que consiste en hacerse del significado de símbolos solos (generalmente palabras) o de lo que éstos representan (...).

Por ejemplo, cuando un niño está aprendiendo el significado de la palabra «perro» se le indica que el sonido de la palabra (...) representa, o es equivalente, al objeto perro en particular que está percibiendo en ese momento y, por consiguiente, que significa la misma cosa (una imagen de este objeto-perro) que el objeto. El niño relaciona activamente (...) esta proposición de equivalencia con el contenido pertinente de su estructura cognoscitiva. Así, pues, consumado el aprendizaje significativo, la palabra «perro» es capaz de producir confiablemente un contenido cognoscitivo diferenciado (una imagen compuesta de todos los perros habidos en su experiencia) que equivale aproximadamente al producido por objetos-perro específicos».

— *Aprendizaje de proposiciones*

En este caso,

«la tarea de aprendizaje significativo no consiste en ha-

cerse de los que *representan* las palabras, sino más bien en captar el *significado de nuevas ideas expresadas en forma de proposiciones*. O sea que en el aprendizaje de proposiciones el objeto no estriba en aprender proposiciones de equivalencia, sino el significado de proposiciones verbales que expresen ideas diferentes a las de equivalencia representativa».

— *Aprendizaje de conceptos*

«El tercer tipo de aprendizaje significativo, que es preeminente en la adquisición de la materia de estudio, es el *aprendizaje de conceptos*. Los conceptos (ideas genéricas unitarias o categoriales) se representan también con símbolos aislados de la misma manera que los componentes unitarios». (...)

«Dado que los conceptos, lo mismo que los objetos y los acontecimientos, se representan con palabras o nombres, aprender lo que significan (aprender que el concepto está representado por una nueva palabra concepto específica, o aprender que la nueva palabra concepto es de significado equivalente al del concepto mismo) es evidentemente un tipo mayor de aprendizaje de *representaciones*».

En síntesis:

Si se comparan estos tres tipos de aprendizaje significativo, concluiremos, con el mismo Ausubel, que tanto el aprendizaje de proposiciones como el de conceptos tienen en su misma base y son dependientes del aprendizaje significativo de representaciones. Desde el punto de vista epistemológico, éste es el dato que interesa destacar.

2.2. Los criterios de competencia para el aprendizaje

Para que en un sujeto se dé de hecho el aprendizaje significativo, en el modelo Ausubeliano se explicitan las siguientes condiciones (p. 56):

1) Que el sujeto muestre una actitud hacia el aprendizaje significativo. Es decir, que tenga

«una disposición para relacionar no arbitrariamente, sino sustancialmente el material nuevo con su estructura cognoscitiva», y

2) Que el material que vaya a aprender sea

«potencialmente significativo para él, especialmente relacionable con su estructura de conocimiento, de modo intencional y no al pie de la letra».

La potencialidad significativa de un material depende, a su vez, también, de dos factores principales (p. 57):

- De la naturaleza del material que se va a aprender, y
- De la estructura cognoscitiva del alumno en particular.

En cuanto a la *naturaleza del material*, es necesario que posea significatividad lógica, entendiendo por tal la necesidad de que el material no sea vago o arbitrario, y

que sea posible relacionarlo intencionada y sustancialmente con ideas pertinentes que se hallen dentro del dominio de la capacidad de aprendizaje humano. En relación a este factor, Ausubel señala que

«en muy raras ocasiones faltará en las tareas de aprendizaje escolar, pues el contenido de la materia de estudio, casi por definición, tiene significado lógico»

En relación al segundo factor, la estructura cognoscitiva, del que depende la potencialidad significativa, Ausubel advierte (p. 57):

«Para que ocurra realmente el aprendizaje significativo no basta con que el material nuevo sea intencionado y relacionable sustancialmente con las ideas correspondientes en el sentido abstracto del término (...). Es necesario también que tal contenido ideativo pertinente exista en la estructura cognoscitiva del alumno en particular»

Es importante destacar que, en relación al significado del aprendizaje, el modelo distingue entre significado psicológico y significado lógico (p. 63):

«El significado psicológico es idéntico al real o fenomenológico (2) (...) mientras que el significado lógico corresponde al que muestra el material de aprendizaje (...).»

Para un alumno en particular, la posibilidad de transformar el significado lógico y psicológico, en el transcurso del aprendizaje significativo, se lleva a cabo por la

«relacionabilidad intencionada y sustancial de las proposiciones lógicamente significativas con la estructura cognoscitiva de ese alumno *en particular*» (p. 64).

Resumiendo:

Puede decirse que, dando por supuesta la actitud positiva del sujeto hacia el aprendizaje significativo, el criterio de competencia para el aprendizaje que se establece en el modelo que estamos examinando es doble:

Por un lado depende de la disponibilidad, por parte del sujeto, de un material que posea significatividad lógica, en el sentido que se ha visto antes. Y por otro, de las ideas o contenidos pertinentes que existan en la estructura cognoscitiva del alumno.

El primero es un requisito externo al alumno. El segundo es interno al mismo. Pero entre estos dos (p. 155):

«La estructura cognoscitiva existente —tanto el contenido sustancial de la estructura de conocimiento de un individuo como sus propiedades de organización dentro de un campo específico en un momento dado— es el factor principal que influye en el aprendizaje» (2).

Por otra parte, conviene destacar la distinción que hace Ausubel entre las variables de la estructura cognoscitiva y lo que él llama disponibilidad o prontitud. La primera se refiere, como hemos visto antes,

«a las propiedades sustanciales y de organización del conocimiento del alumno en un campo de estudio en particular»

La segunda implica que (p. 161):

«el nivel de desarrollo de su desempeño cognoscitivo [del alumno] es tal que puede realizar una tarea de aprendizaje dada con una economía de tiempo y esfuerzo».

A diferencia de las variables de la estructura cognoscitiva, la disponibilidad o prontitud no está determinada por el estado presente de los conocimientos del alumno dentro de un campo de estudio dado, sino por su madurez cognoscitiva o nivel de funcionamiento intelectual.

Ausubel advierte (p. 211-212) que no se confunda esta madurez cognoscitiva con la maduración. La madurez cognoscitiva, tal como él la concibe, no se sabe cómo se adquiere. La maduración se refiere a incrementos de capacidad atribuidos a influencias genéticas y/o a experiencias incidentales.

2.3. Criterios para el establecimiento de secuencias de aprendizaje

El concepto clave que se establece en este modelo para fundamentar el diseño de secuencias de aprendizaje, es el de diferenciación progresiva.

Ausubel enuncia el principio de la diferenciación progresiva basado en dos suposiciones (p. 183):

«a) Para los seres humanos es menos difícil aprender aspectos diferenciados de un todo más amplio ya aprendido, que formularlo a partir de sus componentes diferenciados ya aprendidos, y

b) la organización del contenido de un material en particular en la mente de un individuo consiste en una estructura jerárquica en que las ideas más inclusivas ocupan el ápice e incluyen las proposiciones, conceptos y datos fácticos, progresivamente menos inclusivos y más finamente diferenciados»

En la dinámica de funcionamiento del modelo, parece que el principio de la diferenciación progresiva se conceptúa como algo que responde a la naturaleza de las cosas, según podría deducirse de la explicación siguiente (p. 183):

«Si el sistema nervioso humano, como mecanismo de procesamiento y almacenamiento de datos, está constituido de tal manera que tanto la adquisición de conocimientos nuevos como la organización de éstos en la estructura cognoscitiva se adapte *naturalmente* (3) al principio de la diferenciación progresiva, parece razonable suponer que el aprendizaje y la retención óptimos ocurrirán cuando los profesores ordenen deliberadamente la organización y la secuencia de la materia de estudio basados en lineamientos semejantes».

Dicho de otro modo: El modelo describe los contenidos de la estructura cognoscitiva del sujeto como si estuvieran naturalmente jerarquizados, de manera que los conceptos más generales e indiferenciados ocupan los estratos superiores de la jerarquía y los más particulares y diferenciados ocupan las zonas inferiores a la misma y están subordinados a los primeros.

Si esto es así, es lógico que en este modelo se describa la adquisición de nuevos aprendizajes como algo que se incorpora a esta estructura jerarquizada de contenidos. Esta incorporación se lleva a cabo mediante los procesos de inclusión y de asimilación.

Según el modo en que se lleva a cabo el proceso de inclusión, el nuevo aprendizaje puede ser:

— subordinado, y entonces consistiría en la inclusión del nuevo concepto o proposición en ideas más amplias y generales ya existentes en la estructura cognoscitiva (pp. 72). Por ejemplo: la ballena es un mamífero (4).

— supraordinado, cuando lo que se aprende es un concepto o proposición que engloba a otros ya existentes (p. 72). Por ejemplo: las zanahorias, judías y espinacas son verduras (4).

— combinatorio, cuando el nuevo concepto o proposición no guarda relación de subordinación ni de supraordenación con las ideas establecidas en la estructura cognoscitiva del sujeto (p. 73). Por ejemplo: las relaciones entre la masa y la energía, entre el calor y el volumen, etc. (4).

El proceso de asimilación se concibe como complementario y matizador del concepto de inclusión. En palabras del mismo Ausubel (p. 116):

«Al incorporarse un nuevo contenido a en la idea ya establecida en la estructura cognoscitiva A, el producto de la interacción no es Aa, sino A'a'. Es decir, por el proceso de la asimilación, se modifican no sólo a y A en a' y A', sino que el producto de la interacción de ambas modificaciones quedan relacionadas «como miembros articulados de una unidad indeativa compuesta A'a'».

La concepción jerárquica de la estructura cognoscitiva, juntamente con las ideas acerca de los procesos de inclusión y asimilación, llevan a Ausubel a mostrarse partidario de plantear las secuencias de aprendizaje en términos de aprendizajes subordinados,

«toda vez que, supuestamente, las proposiciones pueden aprenderse y retenerse más rápidamente cuando son incluibles en ideas pertinentes específicas de la estructura cognoscitiva y (...) la organización jerárquica de ésta última ilustra el principio de inclusión» (p. 74).

Pero plantear los nuevos aprendizajes en términos de aprendizajes subordinados puede ser problemático en el caso de que no existan en la estructura cognoscitiva del sujeto las ideas pertinentes que lo hagan posible.

Para salvar esta situación, Ausubel recurre a la introducción de un nuevo elemento en su teoría, el de organizador previo, que define como:

«un material introductorio, a un nivel elevado de generalidad e inclusividad que se presenta antes del material de aprendizaje, que sea explícitamente pertinente a la tarea de aprendizaje propuesta» (p. 160).

«El organizador se aprendería por asimilación combinatoria, haciendo explícita su afinidad con el conocimiento pertinente y general de la estructura cognoscitiva ya existente, así como su pertinencia con respecto a los aspectos [relativos al nuevo aprendizaje]» (p. 160)

La influencia capital que el concepto de organizador de aprendizaje tiene en la teoría ausubeliana viene dada por el papel que se le asigna en el aprendizaje de nuevos materiales, ya que, en palabras del mismo Ausubel (p. 179),

«La función principal del organizador es salvar el abismo que existe entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber».

Otro aspecto importante que se destaca en este modelo en relación al diseño de secuencias de aprendizaje, es el de la transferencia.

La transferencia en este modelo (como en otros), hace relación al efecto de la experiencia previa sobre el aprendizaje actual. Pero

«en este caso, la experiencia anterior se conceptúa como cuerpo de conocimientos establecido, organizado jerárquicamente y *adquirido en forma acumulativa* (2), que es relacionable orgánicamente con la nueva tarea de aprendizaje» (p. 157).

Coherentemente con todo lo dicho en este apartado, los procesos de transferencia podrían facilitarse de dos maneras (p. 178):

a) sustancialmente, empleando con propósitos de organización e integración, aquellos conceptos y proposiciones unificadores de una disciplina dada, que tengan los más amplios poderes explicativos, inclusividad, generalizabilidad y relacionabilidad del contenido de la materia de la disciplina en cuestión; y

b) programáticamente, empleando principios programáticos adecuados para ordenar la secuencia de la materia de estudio, construir su lógica y organización internas y preparar ensayos de prácticas».

En relación a este punto, destacamos esta afirmación de Ausubel:

«Es típico (...) que los detalles de una disciplina dada se aprenden tan rápidamente como pueden ser encajados dentro de un marco de referencia contextual, que consistirá en un cuerpo conveniente y estable de conceptos y principios generales» (p. 156).

2.4. Los aspectos más criticados

Los aspectos más criticados del modelo de aprendizaje de Ausubel, podrían agruparse en tres grandes bloques:

- 1) críticas relativas a la validación del modelo,
- 2) ámbito de aplicación del mismo, y
- 3) concepción epistemológica subyacente.

2.4.1. Validación del modelo

Varios son los aspectos criticados que se destacan en las investigaciones realizadas para validar el modelo ausubeliano. Podríamos agruparlos en torno a los temas:

- a) organizadores del aprendizaje
- b) evaluación de las ideas previas de la estructura cognitiva de los sujetos,
- c) desplazamiento de esas ideas previas por otras.

a) Organizadores del aprendizaje

— *Dificultad para su definición operativa.* Hay investigadores que señalan la dificultad de hacer operativo en la práctica este concepto. Afirman la imposibilidad de distinguir entre un organizador del aprendizaje y lo que comúnmente se entiende por «introducción general al tema», o «resumen del tema» o incluso el contenido mismo del tema que se va a enseñar (Hartley y Davies 1976, Barnes y Clawson 1975, West y Fensham 1974).

— *Los resultados de las investigaciones no son consistentes.* Quizás por lo expresado en el punto anterior, o por otras razones, existe bastante acuerdo entre los autores en este punto. La revisión de la literatura que hace Barnes y Clawson (1975) es un exponente del estado de la cuestión. Y el hecho de que investigadores tan comprometidos con el modelo ausubeliano como Novak y West y Fensham acepten estas críticas (Novak 1978 p. 7, 1982 pp. 205-207, West y Fensham 1974) resulta bastante expresivo.

— *Son una mezcla de prerrequisitos lógicos (tienen que servir de concepto inclusivo necesario) y de prerrequisitos psicológicos (tienen que estar conectados con algo que sea familiar para el alumno) (Posner y Strike 1976).*

b) Evaluación de las ideas previas del sujeto

La frase de Ausubel:

«si yo tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñesele convenientemente» (p. 389), ha dado pie a cientos de investigaciones, dirigidas a obtener datos acerca de los contenidos de las estructuras cognitivas de los alumnos.

Pero las revisiones de las mismas ponen de manifiesto la dificultad para saber si los resultados obtenidos tienen alguna validez, dados los problemas metodológicos intrínsecos a evaluar la estructura cognoscitiva del sujeto (Gilbert y Watts 1983, Viennot 1985) y la falta de estabilidad en los conceptos, o entramados de conceptos, que se obtienen como supuestamente representativos de la estructura cognoscitiva de un alumno en un dominio determinado (Gilbert y Watts 1983, Saliel y Viennot 1985, Driver y Erickson 1983, Clough y Driver 1986).

c) Desplazamiento de las ideas previas por otras

Los procedimientos instructivos que prevé el modelo no son tan eficaces como se suponía para producir el desplazamiento de las ideas previas que posee un sujeto por otras nuevas, objeto de aprendizaje (Driver 1982, 1986, Saliel y Viennot 1985, Osborne y Freybergh 1985, Osborne y Wittrock 1985).

En opinión de algunos críticos (Head 1985, Feher 1983, West y Pines 1983) el modelo falla en este punto porque no tiene en cuenta debidamente que en el aprendizaje intervienen otros componentes, también condicionantes, que están demostrando ser tan poderosos como los puramente cognoscitivos (p.e. las variables dependientes de la personalidad, y otras variables difícilmente reducibles incluso al campo de lo racional, como el sentido estético, o lo que se ha llamado «el compromiso epistemológico») (Hewson 1981, 1985, Posner y otros 1982, Strike 1983).

2.4.2. Ambito de aplicación del modelo

El ámbito de aplicación del modelo ausubeliano también ha sido tenido en cuenta por la crítica. Hay autores, como Herron (1978), Albert (1979) y Lawson (1982), que lo consideran como complementario del modelo piagetiano, en el sentido de que su campo se ve restringido al aprendizaje de conceptos o conocimientos declarativos, en oposición a la teoría piagetiana, que se ocuparía más de la adquisición de conocimientos de tipo procedimental. Incluso autores tan poco sospechosos como Gilbert y Watts (1983) y Driver (1983), mantienen que para llegar a la comprensión de los conceptos hace falta tener en cuenta tanto los contenidos (conocimientos declarativos en el sentido ausubeliano) como los procesos (conocimiento procedimental en el sentido piagetiano).

2.4.3. Concepción epistemológica subyacente

Desde el punto de vista de la epistemología en que se sustenta este modelo, tanto en la concepción de lo que es aprender, como en el modo en que se explica la adquisición de los nuevos aprendizajes, hay autores como Cawthron y Rowell (1978), Albert (1978) y Strike y Posner (1982), que consideran que la teoría de Ausubel proviene de una concepción empiricista del conocimiento.

2.5. Líneas de evolución que se observan en el modelo

En los apartados anteriores, nos hemos limitado prácticamente a hilvanar cadenas de citas originales, que han ilustrado por una parte los aspectos más relevantes del modelo ausubeliano y por otra las críticas más significativas que se han hecho del mismo. En el punto que exponemos ahora, los criterios que utilizamos para el análisis de las tendencias vienen dados por una observación desde «fuera» del modelo, siendo por lo tanto más subjetivos, y, por supuesto, no los únicos que se podrían utilizar.

Según nuestro estudio, al analizar las tendencias actuales que se observan en este modelo, se podrían distinguir dos grupos: uno más preocupado por llevar a sus últimas consecuencias los principios instructivos que se derivan de la teoría del aprendizaje de Ausubel; y otro más empeñado en ampliar la perspectiva ausubeliana, apuntando hacia la elaboración de modelos que resuelvan más complejivamente, desde puntos de vista teóricos o prácticos, los problemas planteados por la crítica. El representante más significativo del primer grupo es J.A. Novak. Por esta razón estudiaremos de manera expresa en las publicaciones más difundidas de este autor, hacia dónde apunta su modelo instructivo. El segundo grupo es más complejo y tendremos que hacer subgrupos en él.

2.5.1. El modelo instructivo de Novak

Novak es un hombre controvertido. El mismo señala que en algunos puntos no está de acuerdo con Ausubel (Novak 1978, p. 9, 1982, p. 113) y algunos autores han afirmado de él que no ha interpretado correctamente el modelo ausubeliano (Herron 1978, p. 598, Albert 1979, p. 137, Lawson 1982, p. 229).

En nuestra opinión, su modelo instructivo (Novak 1982, Novak y Gowin 1984) sí es coherente con la teoría de Ausubel. Pero tiene elementos que recuerdan el modelo jerárquico gagnetiano. Y no sólo en la forma, sino también en su fundamentación. Así, por ejemplo, en *Teoría y práctica de la educación* (1982) (5), al comparar los modelos de Gagné y Ausubel dice (pp. 117-118):

«El esquema de esta contraposición entre las ideas de Ausubel y Gagné aparece en la figura 4.5. (Fig. 1).

Como consecuencia del hincapié que hace Gagné en pasar de reglas del «nivel inferior» a reglas de «nivel superior», hay que construir «jerarquías de aprendizaje». La Figura 4.6. [p. 119 del libro] muestra una jerarquía para la lectura básica. Obsérvese que todas las flechas señalan hacia arriba, indicando la secuencia en que debe producirse el aprendizaje. Sin embargo, es evidente que podría diseñarse una secuencia de aprendizaje para niños pequeños que procediera desde la parte superior de la jerarquía hacia abajo, si tuviéramos cuidado en seleccionar palabras que hubieran formado parte de la experiencia del niño y pasar entonces a palabras o letras desconocidas para él. Una secuencia de aprendizaje como ésta sería significativa en términos de Ausubel y produciría un aprendizaje eficaz (...).

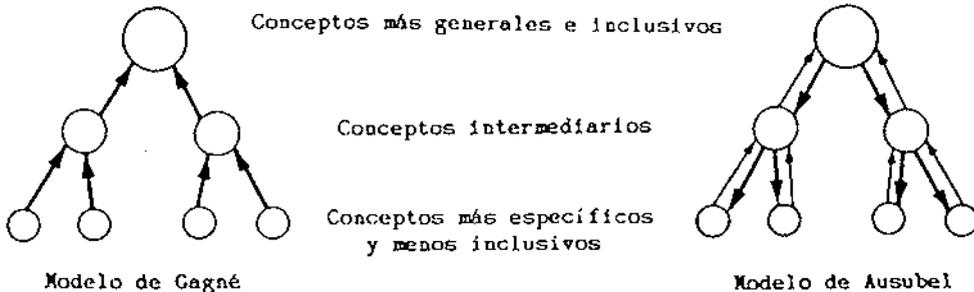
Aunque en esta cita se mencionan explícitamente los prerrequisitos psicológicos (palabras familiares para los niños) parece, por la figura 4.5. que acompaña al comentario y la jerarquía gagnetiana que se transcribe, que el énfasis recae no en éstos, sino en el sentido de recorrido de las jerarquías. En el caso de Gagné el sentido sería abajo-arriba y en el de Ausubel arriba-abajo (Tomlinson 1984, pp. 160-161). De esta manera, *lo que queda subrayado son los prerrequisitos lógicos, no los psicológicos*, como sería de esperar (ver crítica de Posner y Strike 1976).

Lo mismo habría que decir acerca del modo en que explica la construcción de mapas conceptuales para guiar la instrucción. En su obra: *Learning how to learn* (Novak y Gowin 1984), dice:

«Ya que el aprendizaje significativo transcurre con más facilidad cuando los nuevos conceptos o significados son incluidos bajo conceptos más amplios e intensivos, los mapas conceptuales deben ser jerárquicos; esto es, los conceptos más generales e inclusivos deben estar en el lugar superior del mapa, y los conceptos progresivamente más específicos y menos inclusivos, ordenados debajo de ellos» (Novak y Gowin 1984, p. 15) (6).

«La figura 4.1. [p. 79 del libro] muestra esquemática-

figura 1



Comparación de los modelos de Ausubel y Gagné para explicar el desarrollo progresivo de los conceptos (según Novak 1982, p. 117, Fig. 4.5).

mente cómo se aplican los mapas conceptuales al curriculum y a la planificación de la instrucción. Un buen plan curricular requiere tomar decisiones sobre los conceptos (entre 4 y 7, no más) que son centrales para entender la disciplina, o la parte de la misma, que se esté considerando. El plan instruccional implica ir descendiendo verticalmente, a través del mapa curricular, para adquirir conexiones significativas entre los conceptos más generales e inclusivos y los conceptos más específicos» (Novak y Gowin 1984, p. 78) (6).

Ni en estas citas, ni en sus contextos, se mencionan los prerrequisitos psicológicos en la elaboración de las jerarquías de aprendizaje, sino que sean conceptos con fuerte poder inclusivo dentro de la estructura conceptual de las distintas materias.

Nuestro punto de vista tiene su apoyo también en el énfasis que pone Novak en considerar la teoría ausubeliana como ilustrativa del modelo curricular de Johnson, cuya base planificadora es (Novak 1982, pp. 123-134, 1979, p. 485) la *estructura conceptual* de la disciplina. La figura siguiente (Fig. 2) muestra el isomorfismo que Novak plantea como ideal educativo en el área de Ciencias. [Cfr. también Novak 1982, fig. 5.5., p. 127].

2.5.2. Los «constructivistas»

El segundo grupo podría denominarse de modo genérico constructivista. Como apuntábamos antes, es un grupo plural, cuyos componentes tienen en común el ampliar el marco de la paternidad del constructivismo (incorporando las contribuciones de Piaget y Kelly)(7) y la búsqueda de elementos teóricos que completen o expliquen las cuestiones para las que el modelo de Ausubel no ofrece respuesta satisfactoria. Podría observarse entre ellos al menos tres tendencias significativas:

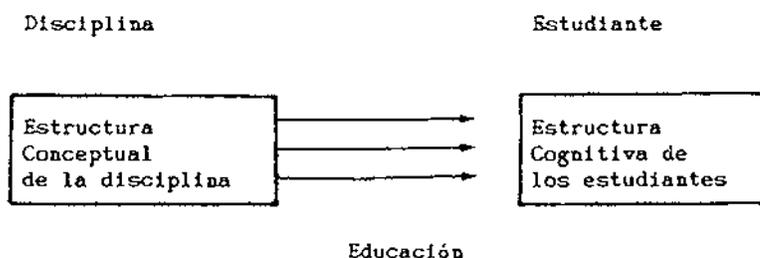
— Los que intentan formular los principios identificadores del constructivismo, diferenciándolo de otras *psicologías*. Son notables en este aspecto los esfuerzos de clarificación aportados por Driver (1981, 1982, 1983, Driver y Erickson 1983), Watts (1981, 1982, 1983a, 1983b, Watts y Gilbert 1983), Gilbert (Gilbert y Osbor-

ne 1980, Gilbert, Watts y Osborne 1982, Gilbert, Osborne y Fensham 1982, Gilbert y Watts 1983) y Osborne (1980, Osborne y Gilbert 1980, Osborne y Cosgrove 1983, Osborne, Bell y Gilbert 1983). Grupos asentados en Leeds, Surrey (8), Paris VII, IPS (Kiel) y parte del staff del ex-Chelsea College, han trabajado o trabajan actualmente, en esta línea.

— Los que centran la atención en explicar y resolver el problema de la resistencia al cambio que presentan las ideas existentes en la mente de los sujetos. Son los creadores de la llamada Teoría del Cambio Conceptual (Posner, Strike, Hewson y Gertzog 1982), caracterizado por sus fuertes bases epistemológicas, filosóficas, metafísicas y psicológicas. No en vano algunos de sus promotores (Posner y Strike) proceden del movimiento conceptualista-empiricista, típico de la década de los 70, cuya característica principal era la búsqueda del *rigor científico* (tal como se entiende en las ciencias experimentales) en las investigaciones educativas (Pinar 1978). Publicaciones interesantes a este respecto son las de Hewson (1981, 1982, 1985), Strike y Posner (1982), Feher (1983), Hewson y Hewson (1983) y los comentarios de West y Pines (1983). Grupos que impulsan esta teoría tienen sus bases en la universidad de Cornell (Ithaca) y en la de Witwatersrand (Johannesburg).

— Los generativistas, que incorporan al constructivismo de Ausubel, Piaget y Kelly, los puntos de vista de la Psicología del Procesamiento de la Información, partiendo de la base de que *la construcción de sentido se genera a partir de los impulsos sensoriales*. Se ha observado una evolución en el *modelo de aprendizaje* propuesto por este grupo. En un principio (Osborne y Wittrock 1983) el modelo está bastante influenciado por los esquemas clásicos que ofrecía la Psicología del Procesamiento de la Información, concretamente por el esquema propuesto por Gagné y White en 1978. La figura 1 de artículo citado (Osborne y Wittrock 1983, p. 493) es bastante expresiva a este respecto. Más adelante (Osborne y Wittrock 1985) el modelo se modifica, aunque manteniendo sus bases teóricas. Comparando los modelos de 1983 y 1985, sorprende la cautela con que en el último se representan los procesos que

figura 2



Representación del proceso educativo considerado como la transferencia de la estructura conceptual, tal como existe en la disciplina, a la estructura cognitiva del estudiante (según Novak 1982, p. 125, Fig. 5.2.). En la presentación de esta figura, Novak comenta: «La figura 5.2. muestra el proceso general de enseñanza de las ciencias en el que he inventado una especie de isomorfismo del conocimiento entre la estructura conceptual de las ciencias y la estructura cognitiva del estudiante».

se realizan en la «memoria» del sujeto. Probablemente, en la versión de 1985 ya se tienen en cuenta las críticas realizadas a los modelos cibernéticos de aprendizaje. Aunque Wittrock trabaja en Los Angeles (Universidad de California), el grupo más influyente comprometido con esta perspectiva tiene su base en la Universidad de Wiakato (Nueva Zelanda), en torno al *Learning in Science Project*, de dicha Universidad. El libro *Learning in Science. The implications of children's science*, editado por Osborne y Freyberg (1985), recoge también las investigaciones de R. Tasker, Cosgrove, Bell y Schollum, que han trabajado en la misma línea en este proyecto.

Sintetizando lo dicho en este punto, podría decirse, sin arriesgar demasiado, que, exceptuando al grupo que hemos caracterizado como los teóricos del cambio conceptual —muy preocupados por los fundamentos metafísicos, psicológicos y epistemológicos de dicho cambio— se observa un corrimiento de los investigadores hacia las diversas teorías encuadradas en la Psicología del Procesamiento de la Información. Las últimas publicaciones de R. Driver (Driver y otros 1985), p. 4, Driver 1986, p. 9-10) resultan expresivas a este respecto. Probablemente, el método y el lenguaje utilizados en las investigaciones por todo este grupo tienen mucho que ver en este desplazamiento. Pero esta hipótesis habría que demostrarla en otro trabajo.

3. A MODO DE RESUMEN

Como señalábamos al principio, y según podría deducirse del examen de las publicaciones especializadas en didáctica de las Ciencias, el modelo ausubeliano ha si-

do uno de los más utilizados por los investigadores de esta área en la última década.

A este respecto, el trabajo de Bowen (1975) reclamando la utilización de este modelo como marco conceptual que encuadrara las investigaciones relativas al aprendizaje de las ciencias, juntamente con los artículos fundamentales y fundamentados de Novak (1978) y Driver y Easley (1978), fueron buenos predictores del impulso posterior de este paradigma, que se ha mostrado realmente fecundo en proporcionar temas interesantes para la investigación de cara al aula.

Pero, ciertamente, el interés se ha desplazado hacia la investigación de la estructura cognitiva del sujeto. Y los investigadores se encuentran en la actualidad con un número abrumador de datos que no saben cómo interpretar unitaria y coherentemente dentro del paradigma ausubeliano. Esto está llevando a romper las fronteras de este modelo, abriéndolo a otros marcos conceptuales más amplios, o incluso está creando la necesidad de inventar nuevos marcos teóricos, interpretativos de la realidad, que puedan dar respuestas más cumplidas a los interrogantes, «aunque sólo sea para evitar ser hundido y frustrado por la abundancia de incomprensibles e inútiles resultados de las investigaciones» (Guidoni 1985, p. 7). Está formándose una corriente de «inconformistas», que coinciden en el intento de buscar nuevas salidas a la situación. Se trata de sentar las bases de una teoría que vaya «más allá de lo puramente fenomenológico».

Los artículos de Guidoni, Ogborn, Viennot y Hewson, de 1985, pueden considerarse representativos de la postura de este Grupo dentro de la investigación en didáctica de las Ciencias.

Notas:

(1) Utilizaremos la traducción al castellano que hizo la Editorial Trillas en 1976, de la primera edición en inglés, de 1968. Hay una segunda edición en inglés de la misma obra, realizada por Ausubel, Novak y Hanesian en 1978. Como los conceptos fundamentales permanecen inalterados, elegimos utilizar la edición en castellano, por las razones arriba dichas.

(2) Subrayado nuestro

(3) Subrayado del mismo Ausubel

(4) Ejemplos tomados del mismo Ausubel

(5) Téngase en cuenta que la edición original de esta obra

es de 1977.

(6) Traducción nuestra

(7) La influencia de Kelly en el pensamiento constructivista es poco conocida en España entre los grupos que investigan en didáctica de las Ciencias. Parte de su obra está publicada en castellano (Ver referencias bibliográficas, Kelly 1966).

(8) En Surrey existe el grupo PCKG (Personal Construction of Knowledge Group) donde las ideas de Kelly son particularmente utilizadas en las investigaciones en didáctica de las Ciencias. (Ver referencias bibliográficas, Pope y Gilbert 1983).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALBERT, E., 1978, Development of the concept of heat in children. *Sc. Education*, 62(3), 389-399.
- ALBERT, E., 1979, Can Ausubel's theory of meaningful learning become an alternative to Piagetian psychology? *Science Education*, 62(3), 389-399.
- AUSUBEL, D.P., 1976, *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México. (Ed. Orig.: 1968, *Educational Psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston.; N.Y.).
- BARNES, B.R. y CLAWSON, E.U., 1975, Do Advance Organizers facilitate learning? Recommendations for further research based on an analysis of 32 studies. *Review of Ed. Research*, 45(4), 637-659.
- BOWER, B.L., 1975, The need for paradigms in Science Education Research. *Sc. Education*, 59(3), 423-430.
- CAWTHON, E.R. y ROWELL, J.A., 1978, Epistemology and science education. *Studies in Sc. Education*, 5, 31-59.
- CLOUGH, E.E. y DRIVER, R., 1986, A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task context. *Sc. Education*, 70(4), 373-496.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G., 1983, Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Sc. Education*, 10, 37-60.
- DRIVER, R., 1981, Pupils' alternative frameworks in science. *Eu. J. of Sc. Education*, 3 (1), 83-101.
- DRIVER, R., 1982, Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4(2), 69-79.
- DRIVER, R., 1983, *The pupil as scientist?* (The Open University Press. Milton Keynes: England).
- DRIVER, R., 1986, Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.
- DRIVER, R. y EASLEY, J., 1978, Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Sc. Education*, 5, 61-64.
- DRIVER, R., GUESNER, E. y TINBERGHIE, A., 1985, (Edits) *Children's ideas in Science*. (Open University Press: Milton Keynes, England).
- FEHER, E., 1983, Identification of certain preconception that hinder science learning: examples involving electric circuits. En: Helm y Novak (Eds.): *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University: Ithaca, pp. 346-352:
- GAGNE, R.M. y WHITE, R.T., 1978, Memory structures and learning outcomes. *Rev. of Educational Research*, 48(2): 187-222.
- GILBERT, J.K., 1977, The study of students misunderstandings in the physical Science. *Research in Sc. Education*, 7, 165-171.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. y FENSHAM, P.J., 1982, Children's Science and its consequences for teaching. *Sc. Education*, 66(4), 623-633.
- GILBERT, J.K. y WATTS, D.M., 1983, Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Sc. Education*, 10, 61-98.
- GILBERT, J., WATTS, W. y OSBORNE, R., 1982, Students' conceptions of ideas in mechanics. *Physics Education*, 17(2), 62-66.
- GILBERT, J.K. y OSBORNE, R.J., 1980, «I understand but I don't get it»: some problems of learning science. *School Sc. Review*, 61, 644-674.
- GILBERT, J.K. y WATTS, M., 1983, Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Sc. Education*, 10, 61-98.
- GUIDONI, P., 1985, On natural thinking. *Eu. J. of Sc. Education*, 7 (2), 133-140.
- HARTLEY, J. y DAVIES, J.K., 1976, Preinstructional strategies: the role of pretests, behavioral objectives, overviews and advance organizers. *Rev. of Ed. Research*, 46 (2), 239-265.
- HEAD, J., 1985, *The personal response to science*. (Cambridge Univ. Press: Cambridge).
- HERRON, J.D., 1978, Role of learning and development: critique of Novak's comparison of Ausubel and Piaget. *Sc. Education*, 62(4), 593-605.
- HEWSON, P.W., 1981, A conceptual change approach to learning science. *Eu. J. of Sc. Education*, 3(4), 383-396.
- HEWSON, P.W., 1982, A case study of conceptual change in special relativity: the influence of prior Knowledge in learning. *Eu. J. of Sc. Education*, 4(1), 61-78.
- HEWSON, P.W., 1985, Epistemological commitments in the learning of science: examples from Dynamics. *Eu. J. of Sc. Education*, 7(2), 163-172.
- HEWSON, M.G. y HEWSON, P.V., 1983, Effect of instruction using student's prior Knowledge and conceptual change strategies on science learning. *J. of Res. in Sc. Teaching*, 20(8), 731-744.
- KELLY, G.A., 1966, *Teoría de la personalidad*. (Troquel: Buenos Aires).
- LAWSON, A.E., 1982, The reality of general cognitive operations. *Science Ed.*, 66(2), 229-241.
- NOVAK, J., 1978, An alternative to Piagetian Psychology for science and mathematics education. *Studies in Sc. Education*, 5, 1-30.
- NOVAK, J., 1979, The reception learning paradigm. *J. of Res. in Sc. Teaching*, 16(6), 481-488.
- NOVAK, J., 1982, *Teoría y práctica de la Educación*. Alianza: Madrid. (Ed. Orig.: *A theory of Education*. (Cornell Univ. Press: Ithaca, 1977).
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B., 1984, *Learning how to learn*. (Cambridge Univ. Press: Cambridge).
- OSBORNE, R.J., 1985, Understanding students' understandings: An example from dynamics. *Eu. J. of Sc. Education*, 7(2), 141-150.
- OSBORNE, R.J., 1980, Some aspects of the students' view of the world. *Res. in Sc. Education*, 10, 11-18.

- OSBORNE, R.J., BELL, B. y GILBERT, J.K., 1983, Science teaching and children's view the world. *Eu. J. of Sc. Education*, 5(1), 1-14.
- OSBORNE, R.J. y COSGROVE, M.M., 1983, Children's conceptions of the changes of state of water, *J. of Res. in Sc. Teaching*, 20(9), 825-838.
- OSBORNE, R.J. y FREYBERG, P., 1985 (eds), *Learning in Science. The implications of children's science*. (Heinemann: London).
- OSBORNE, R.J. y GILBERT, J.K., 1980, A Technique for exploring students' view of the world. *Physics Ed.*, 15, 376-379.
- OSBORNE, R.J. y GILBERT, J.K., 1980, A method for investigating concept understanding in science. *Eu. J. of Sc. Education*, 2(3), 311-321.
- OSBORNE, R.J. y WITTRICK, M.C., 1983, Learning science: A generative Process. *Sc. Education*, 67(4), 489-508.
- OSBORNE, R. y WITTRICK, M., 1985, The generative learning model and its implications for Science Education. *Studies in Sc. Education*, 12, 59-87.
- PINAR, W.F., 1978, The reconceptualization of curriculum studies. *Curriculum Studies*, 10(3), 205-214.
- POPE, M. y GILBERT, J., 1983, Personal experience and the construction of knowledge in Science. *Sc. Education*, 67(2), 193-203.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HERWSON, P.N. y GERTZOG, W.A., 1982, Accommodation of a Scientific conception: Toward a theory of Conceptual Change. *Sc. Education*, 66(2), 211-227.
- POSNER, G.J. y STRIKE, K.A., 1976, A categorization scheme for principles of sequencing content. *Rev. of Ed. Research*, 46(4), 665-690.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L., 1985, ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- STRIKE, K.A., 1983, Misconceptions and conceptual change: Philosophical reflections on the Research program. En: Helm, H. y Novak, J.D. (eds.), *International Seminar «Misconceptions in Science and Mathematics»*. (Cornell University: Ithaca, N.Y., pp. 85-97).
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J., 1982, Conceptual change and science teaching. *Eu. J. of Sc. Education*, 4(3), 231-240.
- TOMLINSON, P., 1984, *Psicología Educativa*. Pirámide: Madrid (Ed. orig.: *Understanding Teaching. Interactive educational psychology*. McGraw-Hill: London, 1981).
- VIENNOT, L., 1985, Analysing students' reasoning in science: A pragmatic view of theoretical problems. *Eu. J. of Sc. Education*, 7(2), 151-162.
- WATTS, D.M., 1981, A summary of children's ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365.
- WATTS, D.M., 1982, Gravity —don't take it for granted! *Physics Education*, 17, 116-121.
- WATTS, D.M., 1983a, A study of school children's alternative frameworks of the concept of force. *Eu. J. of Sc. Education*, 5, 227-230.
- WATTS, D.M., 1983b, Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213-217.
- WATTS, D.M. y GILBERT, J.K., 1983, Enigmas in school science: students' conceptions for scientifically associated words. *Res. in Sc. and Tech. Education*, 1(2), 161-171.
- WEST, L.H.T. y FENSHAM, J., 1974, Prior Knowledge and the learning of science: A review of Ausubel's theory of this process. *Studies in Sc. Education*, 1, 61-81.
- WEST, L.H.T. y PINES, A.L., 1983, How «rational» is «rationality»? *Sc. Education*, 67(1), 37-39.