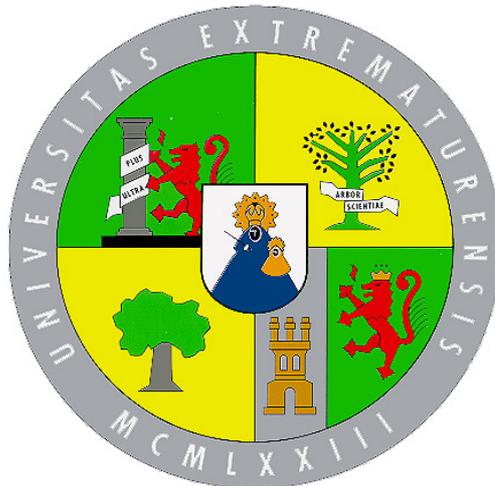


UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Facultad de Ciencias

Departamento de Física



Tesis de Licenciatura

(extracto)

**MACROSECUENCIA INSTRUCCIONAL SOBRE EL  
COLOR BASADA EN LA TEORÍA DE LA  
ELABORACIÓN Y PRESENTADA BAJO UN MAPA  
DE EXPERTO TRIDIMENSIONAL**

**M<sup>a</sup>. Francisca Díaz González**

**Badajoz, Noviembre 1999**

## **INTRODUCCIÓN**

En nuestros días no puede pasar desapercibida la ausencia de atractivo de la enseñanza tradicional para los estudiantes: “Para muchas mentes jóvenes, el enfoque tradicional está tan remoto del mundo en el que viven que deciden que la mayor parte del asunto... es bastante irrelevante” (Wenham, 1984, p. 102).

La situación de la enseñanza de la Física es aún más comprometida, por considerarse a esta ciencia dura y particularmente difícil. Dura por el rigor de sus razonamientos y por la obligada síntesis a que somete al estudiante. Difícil por el pensamiento puro y racional de la Matemática, que se debe someter a las exigencias de la observación de la naturaleza y de la experimentación en el laboratorio.

Para mejorar esta problemática han aparecido diferentes teorías instruccionales, como son: teoría de la jerarquía del aprendizaje de Gagnè (Gagnè, 1970), “curriculum en espiral” de Bruner, corriente que da prioridad al proceso madurativo (Piaget), teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1978), la teoría de la elaboración (Reigeluth y Stein, 1983); que facilitan la estructuración, organización y secuenciación de los contenidos que se van a enseñar y que proponen a los docentes elementos que favorecen el aprendizaje.

La **Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein** (1983) reúne diversos aspectos de otros modelos de instrucción, principalmente de Gagnè, Ausubel y Bruner, y en menor medida, de Piaget y de los enfoques de la Psicología del Procesamiento de la Información, con el objeto de desarrollar nuevas herramientas didácticas que faciliten al profesorado el diseño de macrosecuencias instruccionales. Sin embargo, a pesar de su innegable potencia teórica y su reconocida relevancia desde el **enfoque constructivista** en la Reforma Educativa (Coll, 1987), son muy pocos los trabajos dirigidos a valorar su eficacia en diferentes áreas de aprendizaje.

La teoría de la elaboración se basa principalmente en establecer cómo organizar, secuenciar e impartir la enseñanza de unos contenidos determinados pertenecientes a un macronivel. Como en la teoría del aprendizaje significativo se parte del análisis del contenido de las diferentes ramas de la materia, con sus núcleos conceptuales más significativos y su organización interna, es decir, lo que se ha dado en llamar *estructura lógica* de la materia, pero a diferencia de Ausubel, Reigeluth propone una secuencia *en espiral* a partir de un **epítome** que se va desarrollando en diferentes **niveles de elaboración**.

Como cada materia tiene unas características específicas las prescripciones generales de la teoría de la elaboración deben ser adaptadas a cada una, para evitar ciertas inconsistencias en cuanto a aspectos no tenidos en cuenta en el proceso de aprendizaje de los alumnos. En el caso particular de la Física, la teoría de la elaboración no toma en cuenta al menos los

siguientes aspectos, decisivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina:

- la importancia de los fenómenos en la Física y la necesidad de potenciar su desarrollo perceptivo.
- los aspectos epistemológicos y psicológicos que intervienen en la construcción del conocimiento científico, y
- la influencia de las teorías implícitas.

En esta línea de trabajo, nuestro Grupo Orión de Didáctica de las Ciencias, ha elaborado y validado experimentalmente una propuesta de secuencia instruccional de contenidos de Mecánica mediante la aplicación de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein, la cual ha sido complementada con los elementos originales que se han descrito anteriormente (Montanero, 1994). Basándonos en los satisfactorios resultados obtenidos para la Mecánica, se ha continuado profundizando en la especificidad de la teoría de la elaboración en otras ramas de la Física, como son Dinámica (Pérez y col. 1998), Electricidad (Pérez y col. 1998), Óptica (Pérez y col. 1998) y Termodinámica (Pérez y col., 1998) y de este modo dotar al profesorado de esta asignatura de una metodología eficaz tanto para la secuenciación de los contenidos didácticos como para la elaboración de secuencias instruccionales.

El trabajo que aquí se presenta, “Macrosecuencia instruccional sobre el color basada en la teoría de la elaboración y presentada bajo un mapa de experto tridimensional”, trata de establecer mediante una macrosecuencia instruccional cómo organizar, secuenciar e impartir los contenidos del color en tres niveles del sistema educativo: segundo ciclo de educación secundaria obligatoria (E.S.O.), bachillerato y Universidad.

La elección del tema del color como hilo conductor es debido a múltiples causas, pues puede ser estudiado en disciplinas “tradicionales” ya sean de tipo científico, como la Física (en óptica,...), la Química (en analítica,...), la Biología (la visión del color en los animales,...), la Geología (el color en los minerales,...) o de características artísticas como en Arte, Expresión Plástica, etc. Por todo ello, se puede ver que el Color es una materia interdisciplinar que abarca todos los campos de la enseñanza. Pero no sólo en las disciplinas tradicionales tiene cabida el tema del color, sino que también es un tema idóneo para ayudar a conseguir los objetivos establecidos en las Áreas Transversales: así, por ejemplo, estudiando el simbolismo de los colores en las señales de tráfico, se contribuye al área de Educación Vial; estudiando las razones, por la que hay personas que son daltónicas se contribuye al área de Educación para la Salud, etc.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente nos ha parecido oportuno concretar uno de estos niveles de la macrosecuencia, el de bachillerato, en una unidad didáctica, y establecer una relación entre el tema del color y las áreas transversales que aparecen en la educación secundaria.

Los dos primeros capítulos de esta memoria tienen un carácter teórico. En el primero, hemos realizado una síntesis del marco teórico en que se mueve la investigación: la citada teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein. Partimos de los antecedentes inmediatos dentro del desarrollo de la Psicología de la Instrucción, para terminar justificando nuevas aportaciones a los elementos nucleares de la teoría y , especialmente, las modificaciones que su aplicación exige para una mayor eficacia en el ámbito de la Física.

En el segundo capítulo, se describen una por una las propuestas de modificación que ya hemos muy brevemente reseñado, así como las implicaciones didácticas que tienen desde el punto de vista de la práctica en el aula. Se abordan nuevas estrategias, como los mapas de expertos tridimensionales, para la representación del epítome a partir de los fenómenos físicos como contenido organizador. Se aporta un nuevo elemento de gran relevancia para el aprendizaje significativo de la Física: la Explicación Causal Básica. Se describen las estrategias didácticas que el profesor debe conocer para diseñar actividades en el aula, junto con las ayudas y consideraciones que se deben tener en cuenta: modelo teórico subyacente a cada explicación causal y contenidos de planteamiento.

En el capítulo tercero, se propone la secuenciación que debe seguir los contenidos referentes al color y se describe cómo éste influye en nuestra vida cotidiana. Así también se hace una breve reseña sobre qué son las áreas transversales propuestas por el Ministerio de Educación y Cultura, cuál es su importancia y cómo podemos relacionar estos temas con el color.

En el cuarto capítulo se propone cómo integrar en la secuencia elaborativa las diferentes estrategias, presentadas en los primeros capítulos, para conseguir un *cambio conceptual*, así como reseñar la importancia que tienen las teorías implícitas, que no han sido consideradas por Reigeluth y Stein. En último lugar se presenta la macrosecuencia del color dividida en tres niveles de elaboración correspondientes a tres niveles educativos: Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.), Bachillerato y Universidad.

En el capítulo quinto, se concreta el nivel de elaboración de bachillerato en una unidad didáctica. Se trata sobre todo de ilustrar el diseño de las actividades de enseñanza-aprendizaje mediante las cuales el profesor pueda ya desarrollar la secuencia de contenidos en el aula.

En el anexo se presenta un pequeño glosario de términos que han ido apareciendo a lo largo de esta Memoria.

En el capítulo referente a la bibliografía aparece toda la que hemos utilizado en este trabajo, a excepción de la correspondiente al capítulo quinto que está incluida en el mismo, por tratarse de libros de texto que se han utilizado específicamente para dicho capítulo.

## **CAPÍTULO 1**

**LA TEORÍA DE LA ELABORACIÓN DE REIGELUTH Y STEIN.  
PROPUESTA DE MODIFICACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA  
FÍSICA.**

## 1.1. ANTECEDENTES Y PRESUPUESTOS DE LA TEORÍA DE LA ELABORACIÓN.

Uno de los problemas con los que se encuentran los docentes habitualmente es cómo seleccionar, estructurar y secuenciar los contenidos de enseñanza de la forma más eficaz para asegurar el aprendizaje de los alumnos. Ante esta compleja cuestión, la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein (1983) supone una de las aportaciones más significativas de la Psicología de la Instrucción a la Reforma Educativa (Coll, 1987). Sin embargo, su difusión ha sido escasa, especialmente en lo que se refiere a su aplicación a la Didáctica de la Ciencia. En este estudio se pretende plantear una propuesta de modificación de la teoría de la elaboración en dicho ámbito, así como analizar varias aplicaciones fundamentales para el diseño de **secuencias instruccionales** con los contenidos de Física en la Educación Secundaria.

Tradicionalmente, desde la Psicología de la Instrucción, se encuentran dos vías posibles para organizar cualquier secuencia de enseñanza/aprendizaje: a partir del análisis interno del contenido a enseñar, o bien, a partir del análisis de las tareas que se pretende que el alumno sepa realizar al final del proceso.

La primera alternativa presentada es defendida por Ausubel a partir de su **Teoría del aprendizaje significativo** (Ausubel, 1976). Desde un **enfoque constructivista**, esta Teoría se sustenta sobre la idea de que la organización de los contenidos específicos de una materia cualquiera (**estructura lógica**) difiere sustancialmente de la organización de los mismos en la estructura mental de los conocimientos del alumno (**estructura psicológica**) en los sucesivos momentos del proceso de aprendizaje. De ahí que el eje vertebrador de toda secuencia de aprendizaje debe ir dirigido en último término a la transformación progresiva de esa estructura psicológica de los conocimientos del alumno; de manera que éste pueda asimilar los contenidos y relaciones lógicas implícitas en una disciplina, hasta que consiga la construcción mental de aquella estructura lógica.

Para llegar a alcanzar un aprendizaje significativo el alumno sólo aprenderá en la medida en que relaciona esos nuevos conocimientos con lo que él ya sabe, esa labor de transformación debe concretarse al menos en tres momentos:

- a) Identificar los elementos fundamentales de la estructura lógica del contenido, que nos proporcione un modelo para saber cuál ha de ser el estado final de los conocimientos del alumno. Para ello el profesor puede utilizar diversas técnicas, siendo una de las más importantes el **mapa conceptual**.

- b) Establecer una relación (organizador previo) entre esos nuevos contenidos ya explicitados y los **conocimientos previos** del alumno. El profesor debe dedicar un gran esfuerzo a detectar y activar (a través de analogías, evocaciones, actividades experienciales...) el conocimiento previo que considere necesario para cada nuevo aprendizaje.
- c) Organizar una jerarquía conceptual, es decir, un camino didáctico que descienda desde los conceptos más generales a los más específicos. Para lo cual, el profesor deberá alternar procesos de análisis y síntesis, que faciliten que la estructura psicológica del alumno vaya ganando progresivamente en relaciones y detalles.

Esto nos indica que las limitaciones del análisis de Ausubel se deben a su carácter excesivamente teórico y orientado a la enseñanza de contenidos sólo conceptuales. Probablemente tenga que ver con eso la escasez de estudios que supongan una aplicación de estas estrategias a contenidos curriculares concretos (Montanero y Montanero, 1995).

Sin embargo, la segunda opción, el análisis de tareas, parte más bien de las destrezas ejecutivas que requiere un aprendizaje. De manera que, para Gagnè (1985), la **jerarquía de aprendizaje** ha de ser en realidad ascendente, desde las habilidades más básicas hasta las estrategias más complejas (que requieren primero un buen dominio de las anteriores). Así, por ejemplo, la enseñanza de los procedimientos para operar con *sistemas de ecuaciones* en el Segundo ciclo de la E.S.O., exigiría que el profesor se asegure, antes que nada, que el alumno domina las operaciones de cálculo más básicas (con fracciones, potencias, raíces,...); posteriormente, las operaciones con ecuaciones muy simples y con una sola incógnita; y así sucesivamente, hasta llegar a dominar las diferentes estrategias de resolución por *sustitución, igualación y reducción*, pasando por tantas otras habilidades previas como el análisis de tareas que el experto explicita. El mal aprendizaje de cualquiera de estas tareas condicionará el de las subsiguientes.

A menudo una gran parte de los docentes parecen no tener en cuenta en su metodología didáctica conclusiones tan obvias como éstas. Sin embargo, una vez más el mayor problema estriba en la focalización de esta Teoría sobre un sólo tipo de contenidos (en este caso de tipo procedimental) que revisiones posteriores, desde una perspectiva cognitiva (Landa, 1987; Merrill, 1987), tampoco han superado por completo.

Teniendo en cuenta estas dos alternativas para secuenciar, aparentemente tan contrapuestas (a partir de un análisis del contenido conceptual o de un análisis de las tareas a dominar por el alumno) se han propuesto otras alternativas. De entre ellas, la tercera vía más sólida es quizás la que defiende Reigeluth en su **Teoría de la Elaboración** (Reigeluth

y Stein, 1983). Se trata de un enfoque menos conocido pero que la Reforma Educativa del sistema educativo español (Coll, 1987) respalda claramente para la Educación Secundaria, y que, además de asumir y conciliar los enfoques anteriores, consigue una dimensión mucho más operativa.

La aparente antítesis que aparece entre la propuesta descendente de Ausubel y la ascendente de Gagnè no resulta tan radical para Reigeluth. Como se dijo, el análisis de tareas prescribía que todo proceso de enseñanza debe comenzar por aquellas habilidades más básicas y simples que son prerrequisito del aprendizaje de las siguientes. Ausubel por otro lado, propone empezar por los conceptos más generales hacia los más específicos y detallados. Sin embargo, la generalidad o *inclusividad* de un concepto, es decir, su aplicación a un mayor número de casos concretos, no supone necesariamente una mayor *abstracción*. Como se analiza detenidamente en las próximas páginas, Reigeluth propone la superación de estas supuestas antinomias mediante un método de secuenciación que marque una vía de lo general a lo detallado, al mismo tiempo que de lo simple a lo complejo.

Ahora bien, para Reigeluth el *descenso* que supone toda esa elaboración detallada de los contenidos generales debe alternarse con frecuentes *subidas*. De modo que se asegure la reformulación de las ideas iniciales con la riqueza que han ganado, así como la consolidación de las relaciones *significativas* entre unas y otras en la mente del alumno. Se trata de una especie de proceso cíclico en espiral, semejante a como opera el mecanismo del zoom de una cámara, combinando diversos procesos y estrategias de aprendizaje:

- a) De tipo *experiencial* (especialmente en las primeras presentaciones de las ideas generales).
- b) Con estrategias de *subordinación* semántica entre las ideas de un nivel y el superior.
- c) Junto con la *coordinación* también entre las ideas de un mismo nivel.
- d) Que se integran entre sí y con otras superiores (*supraordenación*) enriqueciendo las relaciones de aquellas ideas más amplias.

La Teoría de la Elaboración no defiende la enseñanza de un solo tipo de contenido. Pero, eso sí, es muy importante que el profesor se plantee previamente cuál de esos tipos (un concepto, un principio, un procedimiento general...) va a ser el eje que vertebré todo el proceso de aprendizaje, de forma que los demás se engargen como contenidos de apoyo del mismo. Esta decisión condicionará totalmente todo el diseño didáctico, y es, junto con la técnica de elaboración en zoom, probablemente la aportación más interesante de Reigeluth.

Los anteriores presupuestos teóricos se articulan y operativizan en una estrategia didáctica concreta para secuenciar contenidos, que como se puede observar está lejos del enfoque que había planteado Ausubel. En el siguiente mapa conceptual (fig. 1) se han resumido sinópticamente todos esos elementos. Sirva también como ejemplo del uso de una técnica para representar la estructura lógica de un contenido, en este caso el de la propia teoría de la elaboración.

Concluyendo, lo que más interesa, desde el punto de vista de la Psicología de la Instrucción, es la consideración de cuatro tipos de instrumentos didácticos que facilitan la secuenciación y el aprendizaje de los contenidos: los **epítomes**, los **niveles de elaboración**, los **prerrequisitos de aprendizaje** y las **estrategias de apoyo**.

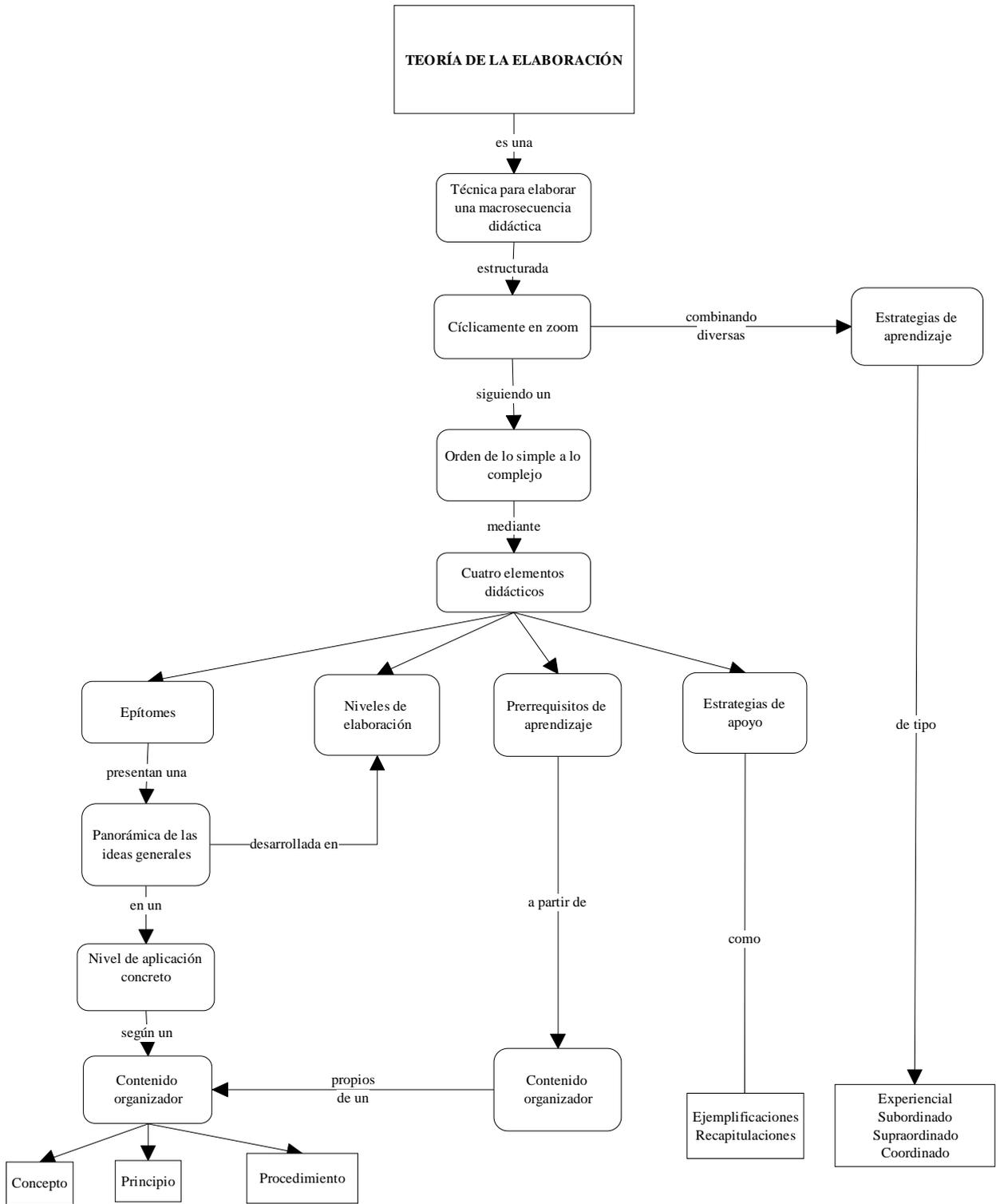


Fig. 1

## 1.2. EL DISEÑO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DESDE LA TEORÍA DE LA ELABORACIÓN.

El desarrollo de cualquier secuencia de enseñanza-aprendizaje comienza por un **epítome inicial** que es esa primera visión panorámica de los contenidos más generales que posteriormente se pretende desarrollar con detalle. Sería algo así, siguiendo con la analogía fotográfica, como la utilización del *gran angular* de la cámara. En el epítome se sintetizan aquellas ideas más generales en un mismo nivel, que se retomarán y consolidarán cada vez que se profundice un poco más en los contenidos, de modo que las relaciones de conjunto siempre priman sobre los contenidos específicos del mismo. El alumno los identifica como partes de un todo estructurado, puesto que la explicación del profesor describe una especie de *espiral* que no los agota, uno a uno, en su primera presentación.

No se debe olvidar que el epítome es un contenido de enseñanza en sí mismo y que como tal debe ser evaluado. Debe estar estructurado en torno a un **contenido organizador**, como luego se analizará detenidamente, y presentado al alumno en un nivel de aplicación lo más práctico posible. Aquí reside la mayor dificultad de su confección, por cuanto el alumno necesita un primer conocimiento experiencial y concreto de todo el conjunto, que sirva de anclaje para las posteriores profundizaciones en la jerarquía conceptual de la materia.

Si los conceptos son la base del contenido organizador, cada **nivel de elaboración** implicará una ampliación sucesiva de los conceptos y detalles subordinados. En cambio, si el contenido es de tipo procedimental, cada paso de ese procedimiento general que se presentó en el epítome puede ahora dividirse en pequeños *subprocedimientos*, estrategias y habilidades específicas (cuya implementación depende, a su vez, de diferentes circunstancias con sus determinadas excepciones). Los niveles de elaboración serán tantos como se pretenda complejizar dichos procedimientos.

El epítome es una primera aproximación a los contenidos mínimos de la materia, de los cuales los alumnos deben dar cuenta como resultado de su aprendizaje. Algunos de esos alumnos, de hecho, pueden no estar capacitados para profundizar mucho más en las relaciones lógicas y contenidos más abstractos que van a tratarse en niveles subsiguientes.

Cada vez que se profundiza un poco más en los contenidos de la materia supone pues, que se alcanza un nivel mayor de elaboración de aquel epítome inicial. Cada vez que culmine una de estas fases de profundización, se debe insistir en las relaciones que presenta con el plano general de conjunto, con lo que éste se enriquece y extiende. Se trata del **epítome ampliado**.

El efecto que se produce en el alumno cuando se agota la enseñanza de diversos contenidos sin pasar de nuevo por el epítome es análogo al efecto de *mareo* que un principiante genera frecuentemente con su cámara de vídeo. Sólo la cámara que contenga un dispositivo *estabilizador de imagen* permite desplazar el objetivo de una escena a otra con el zoom al máximo. Esta capacidad, propia de la estructura cognitiva del experto, puede sin embargo comenzar a desarrollarse de alguna forma al final de los sucesivos epítopes (*epítome final*), donde aquella dimensión fundamentalmente práctica del primero aparece ya reformulada con múltiples relaciones semánticas (más abstractas) que se han ido ganando en el proceso.

Para poder elaborar estas secuencias de aprendizaje, el profesor deberá tener en cuenta los conocimientos previos del alumno y los diferentes procesos cognitivos que debemos activar para facilitar un aprendizaje significativo de los nuevos contenidos. En este sentido, Reigeluth (1983) señala que no es solamente el conocimiento superordinado el que facilita la significatividad del aprendizaje, como preconizaba Ausubel, y propone una serie de procesos que deben confluir para potenciar la adquisición, organización y almacenamiento del nuevo conocimiento. En el esquema anterior se han destacado los procesos de aprendizaje más importantes, que a su vez son responsables de la generación de cuatro tipos de estructura de conocimiento:

#### A) **Procesos y estructuras de conocimiento subordinado.**

En este caso, el proceso se inicia teniendo en cuenta una idea ya existente en los conocimientos del individuo y se incluyen en ella otras nuevas más particulares. Estas ideas nuevas pueden ser otros casos más que ejemplifiquen la idea previa, pero sin modificarla sustancialmente (subordinación derivativa). O también pueden operar como extensiones de aquella idea anterior, pudiendo enriquecer o modificar incluso los *atributos de criterio*, nucleares, que la definen: la *idea nueva* es una parte más específica de la idea previa (subordinación correlativa).

Este modo de conocimiento subordinado en sus dos modalidades, derivativa y correlativa (Ausubel, 1976), está caracterizado por un proceso de **diferenciación progresiva**, por el que la estructura cognitiva crece desde las ideas más generales a las más específicas, es decir, desde un todo más amplio e indiferenciado, pero conocido, a sus componentes más detallados.

Teniendo presente que las nuevas ideas han quedado engarzadas de forma lógica y sustancial con otras más generales se puede decir que ha habido un aprendizaje significativo. La advertencia didáctica importante que de aquí se desprende es llamar la atención sobre la **necesidad** de partir explícitamente (sin dar su existencia por supuesta) de conceptos más inclusivos sobre los que el alumno puede vincular otros conocimientos, evitando así la dispersión y el método de retención puramente repetitivo que el aprendizaje no significativo conlleva. En este sentido, podemos decir que

la reconciliación integradora produce a su vez una diferenciación progresiva.

**B) Procesos y estructuras de conocimiento supraordinado.**

Este proceso discurre en el sentido opuesto al explicado anteriormente. La supraordinación se produce cuando, entre varios conceptos o proposiciones, se captan por el individuo nuevas relaciones que permiten su integración en una idea más inclusiva. Estos conceptos o proposiciones adquieren, en consecuencia, la forma de una nueva organización ideativa, que genera, por tanto, un nuevo significado. Ausubel llama a este proceso **reconciliación integradora**, y su resultado es el aprendizaje supraordinado.

La integración, a la que se ha aludido anteriormente, puede ocurrir de dos maneras. La primera de ellas puede darse como resultado natural de la misma diferenciación progresiva, es decir, el individuo aunque se percata de las diferencias y semejanzas entre las ideas obtenidas a través del aprendizaje subordinado aplicado anteriormente, percibe también vínculos que le permiten relacionar entre sí aquellos conceptos. Es importante didácticamente que el profesor lo facilite y, en todo caso, se **cerciore** de que los alumnos han realizado la integración pretendida.

La segunda forma se produce cuando en el material a estudio se **añade algún elemento nuevo** que hace aflorar la cadena de relaciones con los otros de la misma categoría, ya existentes. Para lo cual el profesor debe mantener las ideas explícitas en la mente del alumno recapitulándolas y sintetizándolas.

**B) Procesos y estructuras de conocimiento coordinado.**

En el aprendizaje coordinado, complementario del subordinado, también se da la reconciliación integradora. En él, los conceptos o proposiciones antiguos y la nueva idea no guardan entre sí dependencia de subordinación o supraordinación porque tienen el mismo grado de inclusividad, pero aparecen relaciones sustanciales entre ellos que dan lugar, a modo de **generalización** de dichas relaciones, a otra organización conceptual con nuevo significado.

Este tipo de aprendizaje es muy frecuente en el caso de la Física y aparece, por ejemplo, al deducirse las leyes que establecen relaciones numéricas entre varias magnitudes, sin definirse en este proceso otras nuevas de mayor grado de inclusividad. Una muestra clara lo ofrece la ley de Ohm: dos magnitudes, diferencia de potencial,  $V$ , y resistencia eléctrica,  $R$ , constituyen dos elementos conceptuales básicos en la explicación de las características de un circuito, pero la relación sustancial entre ellas no puede entenderse hasta no contar con el vínculo que proporciona otra magnitud del mismo grado de generalidad en el contexto de estos contenidos, que es la intensidad,  $I$ .

Otros ejemplos de Física, lo proporcionan las relaciones entre presión, volumen y temperatura en los gases, entre masa y energía, etc. (Montanero y Montanero, 1995).

En general, las tres formas de aprendizaje descritos (subordinado, supraordinado y coordinado) se dan alternativamente, ante cualquier explicación expositiva de contenidos conceptuales. De tal forma que el proceso de aprendizaje del alumno baje unas veces de lo más general a lo más específico (diferenciación) y otras suba en sentido contrario (integración). Aunque la orientación general de la jerarquía conceptual sea en definitiva descendente. La importancia de estas *subidas* y *bajadas* por la escalera conceptual nos orienta sencillamente hacia algo que parece un principio natural del aprendizaje: cualquier nueva especificación de una idea más inclusiva proporciona, en general, un nuevo significado a dicha idea, el cual habrá de ser integrado en una estructura conceptual más amplia. En el siguiente ejemplo (fig. 2) podemos apreciar las estructuras del conocimiento supraordinadas, subordinadas y coordinadas de diversos conceptos de la Física.

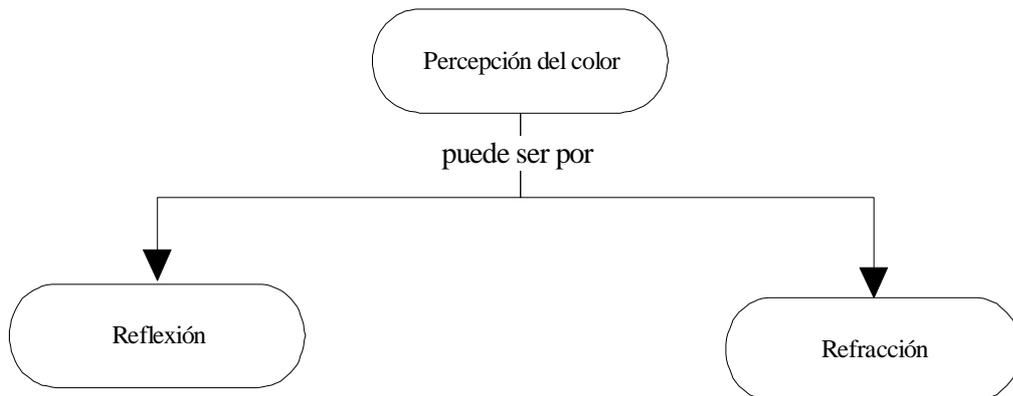


Fig. 2.

El concepto de *percepción del color* es superordinado respecto a los otros dos, o lo que es lo mismo, los conceptos de *reflexión* o *refracción* son subordinados al primero. Por otra parte, *reflexión* o *refracción* son conceptos coordinados entre sí.

### C) Procesos de aprendizaje experiencial.

Según Reigeluth, esta forma de conocimiento es imprescindible en cualquier secuencia de enseñanza-aprendizaje, ya que el conocimiento experiencial hace referencia a cualquiera de los aprendizajes específicos,

hechos o sucesos que han sido almacenados en memoria episódica, fundamentalmente en dos situaciones de aprendizaje:

- La primera de ellas se da cuando el caso conocido es un ejemplo aislado (por ejemplo si se quiere enseñar el concepto de *resistor variable* y el alumno conoce un ejemplo particular de *reostato*, pero no lo tiene subordinado a la idea anterior). No se trata aquí, por tanto, de ampliar la base de datos, sino de crear una nueva estructura, activando en la mente del alumno la idea de *reostato*, planteándola en referencia a *resistor variable* (al alumno difícilmente se le ocurriría) y, por último, explicitando la relación de subordinación.
- La segunda, cuando el caso es conocido como un concepto subordinado. Lo único que cabe hacer es aumentar el número de ejemplos específicos con objeto de ir enriqueciendo, si fuera necesario, la base de datos del sujeto.

En resumen, para la adquisición, organización y recuperación del nuevo conocimiento en un nivel de aplicación es imprescindible que exista una relación de las nuevas ideas con la base de datos experienciales del alumno, adquiridas de las tres formas:

- \* por activación de ejemplos familiares aislados.
- \* por creación de relaciones entre clases subordinadas conocidas.
- \* por provisión de nuevos ejemplos pertinentes que ensanchen la estructura de subordinación formada.

El énfasis de Reigeluth sobre el aprendizaje en el **nivel de aplicación** (así llamado en la teoría de la Instrucción) va a tener una gran importancia a la hora de proponer su Teoría de la Elaboración. En este sentido insiste respecto del conocimiento experiencial:

- Es importante para la **adquisición** de las nuevas ideas porque, en el nivel de aplicación, el estudiante debe conocer cómo se aplica una idea general a un caso particular, lo que es más difícil si no se dispone previamente de ejemplos.

- También lo es para la **organización** de la secuencia porque el nuevo conocimiento a enseñar debe estar integrado en una estructura subordinada estable.

- Finalmente, es importante el conocimiento experiencial para la **recuperación** porque crea enlaces entre el nuevo conocimiento y la base de datos, lo cual facilita el recuerdo de una idea general por referencia a un ejemplo específico que permite mejor visualización e imaginación.

La secuencia de aprendizaje elaborativa debe operar sobre estos procesos cognitivos y sus estructuras de conocimiento subsiguientes haciendo converger tres vectores elaborativos:

### 1. De lo general a lo detallado.

En este caso están presentes los contenidos conceptuales y procedimentales. Lo **general** es lo más amplio e inclusivo, mientras que lo **detallado** es menos amplio y corresponde a subdivisiones de lo general. Es decir, se trata de una estructura superordinada del conocimiento en la que el significado de lo *general* y lo *simple* coinciden en el caso de conceptos y procedimientos.

### 2. De lo simple a lo complejo.

Se aplica a los principios y procedimientos. **Simple** es lo que menos partes tiene, mientras que **complejo** posee un mayor número de partes. De nuevo se identifica *simple* con *general* y, ahora, además, *complejo* con *detallado*. La secuencia de lo *simple a lo complejo* corresponde también a una estructura superordinada del conocimiento.

Las ventajas que se obtienen al aplicar una secuencia de *lo simple a lo complejo*, son las siguientes:

- Se forman estructuras cognitivas más estables, lo que posibilita mejores retenciones a largo plazo y a mejores transferencias.
- Se crean contextos significativos dentro de los cuales son adquiridos todos los contenidos instruccionales, mejorando así la motivación.
- El alumno adquiere un primer conocimiento general de los aspectos principales del contenido instruccional, lo que le facilita un cierto control sobre la selección y secuenciación del contenido.

### 3. De lo concreto a lo abstracto.

El conocimiento experiencial posibilita que partiendo de ejemplos específicos se pueda concretar un concepto, un principio o un procedimiento. La dimensión abstracto-concreto es, por tanto, complementaria pero independiente de las otras dos. Veamos un ejemplo de la Física. El principio de la interacción eléctrica entre dos cuerpos (ley de Coulomb) tendrá un determinado grado de generalidad que es el que le corresponde con relación a otros principios de la Electricidad. Pero a esta dimensión se superpone otra que va de lo concreto a lo abstracto y que dependerá exclusivamente del tipo de ejemplos que en unas determinadas circunstancias se puedan utilizar. Dependiendo de los cuerpos que interaccionen, podría seguir este orden:

1. Cuerpos de uso corriente. Por ejemplo, mostrar un caso de fuerza eléctrica entre la esfera de un Van de Graff y la de un péndulo eléctrico. Se trata de un caso específico claramente visible.
2. Cuerpos pequeños. Mostrar la fuerza entre dos gotas de aceite cargadas por fricción. El ejemplo es menos tangible que el anterior.
3. Partículas subatómicas. Sobre un esquema en el que figura una red iónica de una sal se indican las fuerzas entre los iones. Se trata ahora de un ejemplo específico pero difícilmente tangible.
4. Enunciado del principio. Dos cuerpos cargados eléctricamente se atraen o repelen con fuerzas que son directamente proporcionales al producto de las cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia. La definición (por la que en muchas ocasiones se comienza la enseñanza de una idea) constituye el mayor grado de abstracción. No posee significado si no existe algún tipo de conocimiento experiencial al que sea aplicado.

Como se ha podido observar, la secuencia de enseñanza-aprendizaje no está basada en sintetizar o resumir, sino en **epitomizar**, ya que, de este modo, se facilita el aprendizaje significativo otorgando una especial relevancia a las ideas generales en un nivel *de aplicación* no memorístico.

Para poder desarrollar estos niveles, el profesor cuenta también con diferentes **estrategias didácticas de apoyo** importantes para la cohesión de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además de los recursos audiovisuales y tecnológicos en general, así como el conjunto de estrategias dirigido a estimular la autonomía y auto-control del propio proceso de aprendizaje, Reigeluth destaca otras tres estrategias de tipo verbal: la **analogía** (que puede desempeñar un función semejante a la del Organizador Previo de Ausubel), el **resumen** y la **síntesis**. Aunque resultaría más completo la distinción entre dos modalidades:

- Las **ejemplificaciones** (ejemplos, analogías y disgresiones).
- Las **recapitulaciones** (el *resumen* sucesivo y con otras palabras de los elementos más importantes que se van introduciendo en el discurso; y la *síntesis* de las relaciones de esos elementos entre sí y con aquellos de los cuales constituyen una elaboración).

Utilizar estos tipos de estrategias propuestos por Reigeluth, facilita ese proceso cíclico constante de las ideas generales a los elementos más específicos. Al tiempo que, al incrementar el nivel de redundancia de la explicación del profesor, mejoran también su comprensión (Sánchez y col., 1996).

### 1.3. COMPONENTES CRÍTICOS DEL CONTENIDO ORGANIZADOR Y PRERREQUISITOS DE APRENDIZAJE. NUEVAS APORTACIONES.

Del mismo modo que Gagnè, Reigeluth realza la importancia que tienen los *prerrequisitos*, ya que estos posibilitan que el aprendizaje sea más efectivo. El profesor debe tratar de proporcionar o, en su caso, activar tanto los **conocimientos previos** como las **estrategias** pertinentes para que el alumno pueda asimilar los elementos fundamentales del contenido al que se enfrenta. Cada uno de esos **componentes críticos** (propios de un tipo de contenido determinado), será el punto de referencia para planificar los prerrequisitos que cada aprendizaje necesita.

En la actualidad se está dando más importancia a los procesos y estrategias que el alumno debe activar, lo cual choca con lo que hasta ahora el profesor consideraba como fundamental, el aprendizaje del contenido en sí. Por otra parte, es necesario que se asegure también que el alumno es capaz de comprender esas relaciones semánticas de pertenencia entre una característica y su concepto, cuál de ellas es clave y cuál superficial, cómo reorganizarlas para formar *ad hoc* nuevas categorías, cómo recuperarlas de manera funcional y no meramente mecánica, etc. Esto supone que tenga en su repertorio un conjunto de estrategias de categorización, clasificación, comparación, selección y recuperación de la información, cuyo uso se convierte en muchos momentos en un prerrequisito fundamental del que muchos alumnos carecen para conseguir un aprendizaje comprensivo.

El enfoque de Reigeluth sobre los prerrequisitos de aprendizaje supone una aportación tan interesante como escasamente estudiada en la Psicología de la Instrucción. Las revisiones de su teoría (Coll, 1987; Coll y Rochera, 1990; Montanero, 1994; etc. ) apenas aluden a las implicaciones metacognitivas que, desde nuestro punto de vista, introduce Reigeluth con el análisis de los componentes críticos de cada contenido organizador. A menudo se insiste en la importancia de los conocimientos previos con la misma ambigüedad con que lo hiciera Ausubel, sin hacer referencia dentro de estos al desarrollo de estrategias metacognitivas que posibilita la asimilación de la estructura formal de un contenido concreto.

Para Reigeluth, desde la Teoría de la Elaboración, cada uno de esos contenidos organizadores da lugar a varios tipos de secuencias con una **estructura de contenido** específica:

- Si el contenido organizador es de tipo procedimental dará lugar a una secuencia con dos posibles estructuras internas: de *orden* (en el que el paso de un estado a otro en la resolución del procedimiento es completamente mecánica) ; o de *decisión* (en el que mediaría, en cambio, un proceso de toma de decisiones).

- Reigeluth indica que para los principios se podrían encontrar o bien una estructura *descriptiva* o bien *prescriptiva* del proceso de cambio que ese principio pretende explicar.

Esta separación para los principios, descriptiva y prescriptiva, no parece muy acertada, ya que la formulación de un principio de Física, por ejemplo, atraviesa varias fases científicas desde la observación de un fenómeno hasta la deducción de un modelo causal que lo explica y pretende predecirlo, pasando antes por otra en el que el científico induce unas leyes que simplemente describen las relaciones entre diversos hechos del fenómeno (Montanero, 1994). Reigeluth parece confundir la génesis epistemológica, *legal* y *causal*, de un principio, con dos formatos de contenido en cuanto objeto de aprendizaje, lo cual resulta equívoco.

Sin embargo, Reigeluth identifica ese carácter *predictivo* del *modelo teórico y causal* que supone psicológicamente todo principio, con lo supuestamente *prescriptivo*, que sería más bien propio de un procedimiento. Efectivamente, un procedimiento *prescribe* cómo debe ejecutarse algo. Por el contrario, un principio pretende *explicar* las causas o *predecir* los efectos de un fenómeno.

- Por último, Reigeluth denomina *listado* a la estructura subyacente en una enumeración de hechos y reseña, así mismo, dos tipos de estructuras conceptuales que denomina *taxonomía* y *matriz*. Los elementos que estructuran semánticamente un concepto pueden organizarse taxonómicamente como tipos o partes. La matriz, por otro lado, no es una estructura *vertical* del mismo tipo que las anteriores, sino que representa en realidad una comparación transversal entre conceptos, según relaciones, no simplemente semánticas, sino también criterios.

Para esclarecer todo lo presentado con anterioridad se pueden mostrar los estudios realizados en otros ámbitos concomitantes. Existe un claro paralelismo entre las estructuras de contenidos definidas por Reigeluth y las *superestructuras textuales* propuestas por Kinstch y Van Dijk (1978), y posteriormente investigadas por múltiples autores en el campo de la comprensión de textos expositivos. El estudio de las implicaciones cognitivas de estas *superestructuras* tiene muchos puntos en común con el enfoque de Reigeluth. Pero, más allá de las coincidencias que a continuación se reseñan, las discrepancias apoyan la necesidad de completar y proponer algunas alternativas a este último modelo (véase Montanero, 1997). Así:

- El Problema-Solución de Meyer se correspondería, con la estructura procedimental de *decisión* en la teoría de la elaboración.
- La Causación con las estructuras de contenido *descriptiva* y *prescriptiva* que anteriormente se han criticado (y que se podrían

quizá reformular como *causación correlacional* y *condicional* respectivamente).

- La Comparación sería la equivalente a la *matriz*, y la Descripción enumerativa correspondería al *listado* o la *taxonomía* de Reigeluth.

Se podría obtener una mejor aplicación didáctica al considerar las estructuras de *orden* más bien como *secuencial* (con un patrón de relación episódico, de carácter narrativo o temporal, como suelen presentar los contenidos de Historia), antes de incluirlos en el mismo *saco* de los procedimientos (que son en cambio de naturaleza metodológica y prescriptiva).

Sería importante incluir un tipo de estructura para la instrucción de ciertos contenidos. Frecuentemente se pueden encontrar contenidos conceptuales, fundamentalmente principios, que presentan una estructura *implicativa*, en la que se establece una relación argumental desde unas premisas a una conclusión. Relación lógica que no se debe confundir con el patrón procesual de causa-efecto que se establece en las estructuras *causales*.

En conclusión, parecería lógico diferenciar las estructuras de contenido que se pueden generar en los principios en *causales* e *implicativas*, en lugar de *descriptivas* y *prescriptivas*, como defiende Reigeluth.

En la tabla que se presenta a continuación (tabla 1) se hallan todas las modificaciones, como propuesta alternativa al modelo de Reigeluth sobre las estructuras de los contenidos organizadores de una materia cualquiera. Además, se ha añadido un análisis de los patrones de relación, las categorías cognitivas y las técnicas específicas de representación de cada una de estas estructuras, de cara a ampliar, como se verá brevemente, las posibilidades didácticas de estos instrumentos.

CONTENIDO	ESTRUCTURA	CONTENIDO	CATEGORÍA	REPRESENTACIÓN
CONCEPTO	1. DESCRIPTIVA	De pertenencia	Concepto: { Atributo Función Parte	Esquema Mapa conceptual
	2. COMPARATIVA	Criterial	Concepto ↔ Concepto	Cuadro sinóptico
PRINCIPIO	3. CAUSAL	Procesual	Causa → Efecto	Organigrama Mapa conceptual
	4. IMPLICATIVA	Argumental	Premisa → Conclusión	
PROCEDI- MIENTO	5. METODOLÓGICA	Decisional	Problema → Solución	Diagrama de flujo Organigrama
	6. SECUENCIAL	Episódica	Antecedente → Consecuente	

Tabla 1.

Simultáneamente al desarrollo y difusión de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth, han aparecido diversos estudios de este tipo, muchos de los cuales no parecen, desde nuestro punto de vista, suficientemente sistemáticos. De cualquier forma, creemos que la aplicabilidad didáctica del análisis cognitivo de la estructura lógica de un contenido, sea en un texto expositivo o en la misma explicación del profesor en el aula, no depende tanto del número de estructuras como de que se justifique un patrón de relación, un tipo de categoría y una estrategia de representación por cada una de las seleccionadas.

Como se ha definido recientemente (Montanero, 1997), cada tipo de contenido responde a muy diversos procesos de aprendizaje de los que lógicamente deriva la prevalencia de uno u otro método de instrucción. Es más, como muchos profesores perciben a diario, la dificultad del aprendizaje del alumno se debe a menudo, más que al contenido en sí mismo, a la complejidad de acceso a su estructura interna. Conocer con precisión dicha complejidad debe facilitar el conocimiento de los *prerrequisitos de aprendizaje* que requiere cada paso didáctico.

Para que esto se lleve a cabo, el profesor ha de actuar sobre algo más que los conocimientos previos, o las habilidades más simples a las que se refería Gagnè. A menudo se enfocan los prerrequisitos de un aprendizaje, simplemente como los conocimientos previos que facilitan su consecución. Sin embargo, el alumno debe dominar también estrategias metacognitivas

que le permitan asimilar las anteriores relaciones estructurales que organizan esos contenidos, si quiere que esa asimilación sea auténticamente significativa.

La aplicación didáctica de todo este análisis estructural que se ha hecho en torno al contenido organizador deriva en una visión sustancialmente diferente de aquellos **componentes críticos** que, según Reigeluth, el profesor debe enfatizar como prerrequisito que asegure un aprendizaje significativo:

♣ Si el contenido organizador está constituido por **procedimientos**, como en el ejemplo del contenido *Sistemas de ecuaciones*, el profesor debería tratar de desglosar cada *operación* básica que el alumno debe dominar por separado. Posteriormente, debería también entrenarle específicamente en la toma de decisiones estratégicas que relaciona dichas operaciones y que lleva en la práctica, por ejemplo, a elegir eficazmente resolver por *igualación*, mejor que por *reducción*, un sistema de ecuaciones concreto.

♣ Si por el contrario está constituido por **principios** (como sería el caso de los principios de Newton en la enseñanza de la Dinámica en Física) el profesor deberá esforzarse en explicitar las relaciones lógico-causales que explican:

- El cambio (según un patrón de relación procesual) de las **causas** a sus **efectos** (por ejemplo, para explicar el *ciclo de la evaporación del agua* en Ciencias de la Naturaleza); o bien,
- La argumentación desde unas **premisas** fundamentales, establecidas en un modelo teórico, a las **deducciones** que conforman esa teoría (por ejemplo, a partir de los presupuestos teóricos de las fuerzas centrales podemos deducir que la órbita de una partícula libre se mantendrá en un plano constante).

♣ En último lugar, si son los contenidos **conceptuales** los que sirven de eje vertebrador del contenido organizador, los componentes críticos en este caso serían sus *atributos* esenciales (como por ejemplo, las características de los gases ideales); los *elementos funcionales* ( las funciones de potenciómetro); o en su caso las *partes* (partes del potenciómetro), conectados por relaciones semánticas de pertenencia a cada uno de esos conceptos generales que hemos ejemplificado.

La existencia y activación de conocimientos previos deben considerarse como prerrequisito de aprendizaje para que las relaciones sean auténticamente *significativas* (y no meramente arbitrarias) en la mente del alumno. Además esa significatividad aumentará si el profesor evita las largas enumeraciones de características que definen un concepto, y proporciona en

cambio comparaciones transversales con las de otros conceptos generales ayudando también al alumno a establecer por sí mismo *criterios* que enriquezcan la comparación.

El análisis de las implicaciones metacognitivas del contenido organizador es un aspecto indispensable para la ambiciosa pretensión de desarrollar modelos de *Instrucción Basada en los Procesos* (Asman y Conway, 1989). Objetivo que Reigeluth nunca llegó a plantearse explícitamente.

Al impulsar un camino intermedio entre el análisis del contenido epistemológico y el de las destrezas de la tarea a instruir, ofrece, sin embargo, el marco más sólido para enfrentarse al desarrollo de estrategias metacognitivas sobre la base de los propios contenidos curriculares. Teniendo en cuenta estos presupuestos, es plausible considerar la anterior revisión de los componentes críticos de un contenido organizador como un primer paso para poder convertir un contenido curricular en un marco donde *enseñar a pensar* a los alumnos. El análisis diferencial de las categorías y relaciones que el alumno debe explicitar y contrastar en cada contenido, así como los instrumentos de representación para sintetizarlo, permiten que el docente pueda diseñar también objetivos y actividades de *mediación* metacognitiva integrados en la enseñanza diaria.

Los profesores, a veces, no comprenden la dificultad de los alumnos para responder en los exámenes a preguntas que ellos mismo llaman *de relacionar*. Como se ha visto, este requerimiento presupone que el alumno, además de recordar las ideas más importantes es capaz de poner en funcionamiento un conjunto de estrategias de comparación en las que probablemente nadie le entrenó. Debe identificar y reorganizar las características de ambos conceptos objetos de comparación; establecer unos criterios adecuados para realizar una contrastación por pares entre dichas características; inferir incluso aquellas que quizás no estuvieron recogidas explícitamente en sus “apuntes de clase” para poder completar los pares que pudieron quedar sin pareja; y ser capaz de representar sintéticamente todo esto de forma que pueda traducirse sin ambigüedades.

Uno de los recursos didácticos imprescindible para mediar la capacidad de activación de relaciones conceptuales en la memoria operativa del alumno son los mapas semánticos (mapas conceptuales, diagramas de flujos, etc.), de modo que este tenga un mínimo de recursos libres para enfrentarse a su análisis interno; para trascender y manipular un contenido, hasta entonces de apariencia *monolítica*.

El entrenamiento será posible si cada profesor reflexiona sobre las exigencias cognitivas que se pueden derivar del contenido que va a impartir y diseña actividades específicas en este sentido. Dichas actividades deben conformarse progresivamente como pequeños foros para una discusión metacognitiva en el que el alumno consolide hábitos de inferir y justificar

verbalmente con precisión la relación semántica o causal entre conceptos, así como evaluar y discutir en grupo las contradicciones y ambigüedades, las relaciones inconsistentes, los conceptos omitidos en los mapas que ellos mismos elaboran.

Cuando el estudiante es capaz de reconocer y generar por sí mismo estrategias para representar un contenido aumenta su responsabilidad activa en la comprensión. Para ello, debe habituarse progresivamente a planificar, evaluar y auto-regular diferencialmente la comprensión de cada contenido de aprendizaje.

Aunque la teoría de la elaboración ha sido aplicada casi exclusivamente a la secuenciación de contenidos curriculares en la Enseñanza Secundaria, su vigencia puede reafirmarse en otras direcciones de creciente importancia. La posibilidad de construir nuevos modelos de Instrucción Basada en los Procesos, integrados conscientemente en el diseño curricular, amplía las posibilidades didácticas para conseguir que, junto al aprendizaje de los propios contenidos curriculares, el alumno trabaje sistemáticamente nuevas estrategias de pensamiento.

#### 1.4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

Aunque la Teoría de la Elaboración ofrece un sólido marco teórico para el diseño de secuencias instruccionales en la Educación Secundaria debe complementarse con un estudio no menos profundo de su aplicación a la idiosincrasia de cada área de conocimiento. Como se ha mostrado en trabajos anteriores (Montanero, 1994), en el caso de la Física las especificaciones epistemológicas y didácticas se revelan con tanta claridad que son necesarias nuevas aportaciones, e incluso modificaciones, que faciliten diseños instruccionales auténticamente coherentes y realistas.

En definitiva, la importancia de la propuesta de modificación reside en considerar los **fenómenos físicos como contenidos organizadores** para la enseñanza de la Física. Ello lleva aparejado un doble cuestionamiento, crítico y prescriptivo, respecto al desarrollo teórico que se ha presentado anteriormente.

En primer lugar, es necesario destacar que hasta el momento no se había considerado el *fenómeno* como un tipo de contenido con entidad propia y susceptible de vertebrar las secuencias instruccionales en la enseñanza de la Ciencia. El fenómeno como contenido de enseñanza no puede subsumirse en la acepción de *principio*, ni mucho menos de acuerdo con reducirlo didácticamente a la categoría de *actividad* más o menos experiencial que se presenta a los alumnos para apoyar el aprendizaje de un conjunto de contenidos. Desde nuestro punto de vista el fenómeno de observación puede adquirir también, en función del diseño instruccional que se planifique, una suficiente consistencia didáctica como contenido vertebrador de todo el proceso de enseñanza.

En segundo lugar, hay que destacar que, es importante orientar la toma de decisiones del docente con respecto a la elección del contenido organizador. En este sentido, defendemos que, para conseguir un mejor aprendizaje, las secuencias instruccionales en la Física *deben* vertebrarse en torno a la jerarquización de los fenómenos físicos correspondientes a los contenidos seleccionados. Es decir, el fenómeno no sólo puede asumir el papel de *contenido organizador* en el diseño didáctico, sino que de hecho es el más apropiado cuando aplicamos la Teoría de la Elaboración a la enseñanza de Física. Esta afirmación se fundamenta teóricamente en tres razones:

- La primera justificación, de carácter **epistemológico**, se relaciona con los procesos de construcción del conocimiento científico. La observación de la realidad, concretada en la variedad de fenómenos físicos, es el punto de partida fundamental en el proceso de generación de las teorías científicas. Además, todo principio o

concepto científico se compone de elementos definicionales inevitablemente limitados por el contexto factual en el que se verifican (pensemos por ejemplo en el concepto de *presión*, que en la teoría cinética se define en términos de choque de partículas contra la pared, y en la hidrostática, en cambio, por el peso sobre la unidad de superficie de columnas de líquidos). De modo que difícilmente el alumno estará capacitado para profundizar en el sustrato epistemológico de la Física si el desarrollo de su **estructura psicológica** durante el aprendizaje no se vincula directamente a la observación y análisis de los fenómenos que constituye ese contexto factual.

- Por otro lado, existe una justificación de índole ya exclusivamente **psicológica** que viene dada por la misma necesidad del alumno de obtener explicaciones causales en el aprendizaje de la Física. En realidad, en ninguna otra área de conocimientos los hechos proporcionan con tanta claridad condiciones necesarias y suficientes para establecer relaciones causales. Muchas de las **teorías implícitas** que a menudo interfieren en el proceso de enseñanza-aprendizaje se generan en gran parte por esta necesidad, insuficientemente satisfecha en la enseñanza formal. Su modificación, antes de conseguir un auténtico *cambio conceptual*, requiere la provocación de variados *conflictos factuales* (Pozo, 1989), entre las observaciones que el alumno registra ante un determinado fenómeno, y las predicciones que inicialmente realizaba, a partir de su teoría implícita. Por lo que, tanto la reestructuración de las relaciones erróneas, como la facilitación de hipótesis causales adecuadas, requieren una prevalencia de las actividades de observación y análisis de los fenómenos físicos a lo largo de toda la secuencia instruccional.
- Por último, como justificación **pedagógica**, la consideración de los fenómenos como eje didáctico favorece la utilización de diversas estrategias de aprendizaje experiencial y por descubrimiento. Estas metodologías han cobrado un gran auge en los últimos años, especialmente en el ámbito de la Enseñanza de la Ciencia. Sin embargo, para que este enfoque no se reduzca al diseño de actividades puntuales, debe vincularse a una secuenciación de los contenidos en la que la observación y el análisis de los fenómenos tenga una relevancia constante a lo largo de todo el proceso.

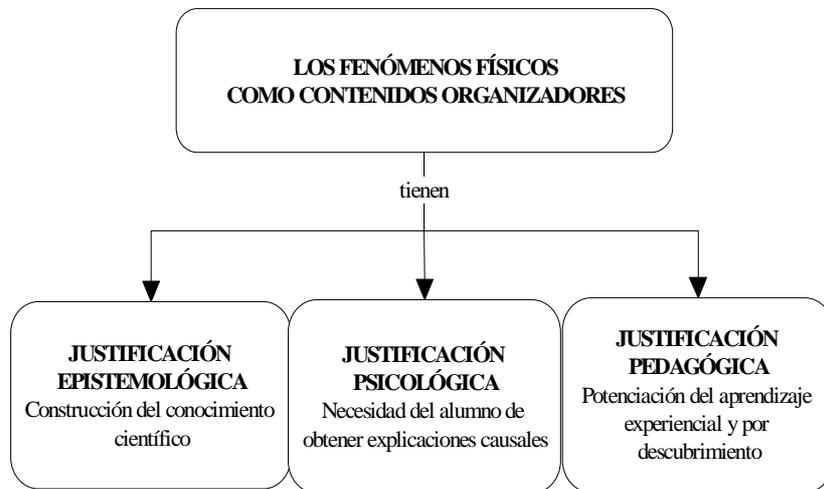


Fig.3.

Teniendo en cuenta los anteriores presupuestos que se muestran en el gráfico superior (fig. 3), se pueden plantear una serie de conclusiones con una doble pretensión, teórica y práctica, dirigida a ampliar, por un lado, las implicaciones didácticas de la Teoría de la Elaboración en el ámbito específico de la Enseñanza de la Física; y por otro lado, a aumentar su operatividad y las prescripciones prácticas que el docente tanto demanda. Desde el punto de vista teórico, se debe entonces considerar tres aspectos fundamentales en la aplicación de la Teoría de Elaboración a la enseñanza de la Física:

1. La primacía que deben adquirir los fenómenos en el desarrollo del epítome.
2. La consideración de dos grandes niveles de elaboración, *causal* y *legal*, en las macrosecuencias didácticas de la Física en la Educación Secundaria.
3. La importancia clave de considerar actividades de detección, el tratamiento de las teorías implícitas en torno a los contenidos de nuestra secuencia de aprendizaje.

Todos estos puntos pueden concretarse en una serie de orientaciones didácticas para el diseño de los elementos fundamentales de la secuencia elaborativa. En el siguiente cuadro (tabla 2) se ha sintetizado cada uno de los pasos que el profesor de Física debe desarrollar en los tres niveles de

elaboración que proponemos para la Educación Secundaria. A continuación, pasamos a analizar cómo afectan las anteriores aportaciones en cuanto al diseño del epítome y los niveles de elaboración a todo el proceso.

<b>Fases de diseño</b>
1°. Representación de la estructura lógica de la materia (Mapas de experto).
2°. Selección de los contenidos de los diferentes niveles de elaboración.
3°. Diseño de actividades de detección de teorías implícitas.
4°. Diseño del primer nivel de elaboración.
4.1. Confección del epítome del 1er nivel de elaboración: diseño y actividades.
4.2. Diseño de actividades de desarrollo de los contenidos del primer nivel de elaboración.
4.3. Epítome ampliado.
4.4. Diseño de actividades de evaluación.
5°. Diseño de segundo nivel de elaboración.
5.1. Confección del epítome del 2º nivel de elaboración: diseño y actividades.
5.2. Diseño de actividades de desarrollo de los contenidos del segundo nivel de elaboración.
5.3. Epítome ampliado.
5.4. Diseño de actividades de evaluación.
6°. Diseño del tercer nivel de elaboración.
6.1. Confección del epítome de 3er nivel de elaboración: diseño y actividades.
6.2. Diseño de actividades de desarrollo de los contenidos del tercer nivel de elaboración.
6.3. Epítome ampliado.
6.4. Diseño de actividades de evaluación.

Tabla 2.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- APORTA, J. y MOLINA, A. (1997) *El color de las mezclas de luces frente al color de las mezclas de pigmentos*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). . 207-208.
- ASHMAN,A.F. y CONWAY,R. (1989). *Estrategias cognitivas en la Educación Especial*. Santillana. Madrid.
- AUSUBEL, D.P (1978). *Psicología educativa: un punto de vista cognitivo*. Ed. Trillas. México.
- BANET,E. Y NÚÑEZ, F. (1990). *Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración*. Enseñanza de las Ciencias, 8(2), 105-110.
- BOSCHHUIZEN, R. (1988). The hierarchical ordering of conceptual system in Biology: Problems of student teachers. *European Journal of Teacher Education*, 11(2), 177-184.
- BRAAM, R.R. (1991). Mapping of science by combined co-citation and word analysis: Cynamical aspects. *Journal of the American Society for Information Science*, 42(2), 252-266.
- BROWN, H.I. (1984). *La nueva filosofía de la ciencia*. Tecnos. Madrid.
- BUNGE, M. (1978). *Filosofía de la Física*. Eudeba. Buenos Aires.
- CAMACHO, E. (1989). *Los mapas conceptuales y el aula*. Enseñanza de la Ciencias. 1, 151-152.
- CAVA, R. ; RUIZ, J.; TEJEDA, J.F. y ANTEQUERA, T.(1997) *Influencia de la alimentación del cerdo en el color del jamón ibérico*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 63-64.
- COLL, C. (1987). *Psicología y currículum*. Laia. Barcelona.
- COLL. C. Y ROCHERA, M.J. (1990). Estructuración y organización de la enseñanza. En Coll, C.; Palacios, J. Y Marchesi, A. (eds) *Desarrollo psicológico y educación* (vol 2). Alianza. Madrid.
- COLLADO, F.J. y MEDINA, V.J. (1997) *El color de las fachadas. Propuesta de estudio y recuperación cromática del barrio del Albaycín de Granada*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 15-16.
- DÍAZ, M.F.; GIL, J.; SUERO, M.I. y PÉREZ, A.L. (1999) *El color como tema de apoyo para el tratamiento del área transversal de educación vial en la enseñanza secundaria*. Actas del V Congreso Nacional del Color. Tarrassa (Barcelona). 131-132.

- DONCEL, A.J.; ELVIRA, M. ; GUERRERO, W.; MORALA, I., PEDRAJA, J.M. y MONTANERO, M.(1997) *Influencia del estado emocional en la elección de los colores*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 54-55.
- DORIA, P. M. (1997) *Vestido-color: signos de comunicación históricos*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 99-100.
- FERNÁNDEZ, M.; TORRENTS, A. y MARTÍNEZ, F.M. (1997) *El color en los libros escolares infantiles: una revisión*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 156-157.
- FLAVELL, J. (1984). *El desarrollo cognitivo*. Visor. Madrid.
- GAGNÈ, R. M. (1985). *The conditions of learning*. Holt. New York.
- GARCÍA ZAFORAS, A.M. (1991). *Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y COU*. Enseñanza de las Ciencias, 9(2), 129-134.
- GARÍ, C. (1987) *¡Viva el color!*. Fundación la Caixa. Barcelona
- GAVIDIAY, V. y RODES, M.J.(1996) *Tratamiento de la Educación para la Salud como materia transversal*. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Alambique, 9. 7-16.
- GAGNÈ, R. (1970). *Las condiciones del aprendizaje*. Aguilar Madrid.
- GONZÁLEZ-MORO, M. (1997) *Experiencia visual y representación pictórica*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 40-41.
- HAND, B y TREAGUST, D.F. (1991). *Student achievement and science curriculum development using a constructive framework*. School Science and Mathematics, 91(4), 172-176.
- HERNÁNDEZ PINA, F. (1992). *El mapa conceptual como modelo de organización gráfica*. Bordon, 44(3), 259-265.
- HERNÁNDEZ, B; APORTA, J. y SÁENZ, C. (1997) *La medida del color de la carne*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 38-39.
- HITA,E.(1981) *La visión del color y sus anomalías*. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.

- HITA, E. (1999) *Algunos aspectos sobre la enseñanza del color*. Cátedra Nova. Badajoz. 257-276.
- HOZ, R.; KOZMINSKY, E. y BOWMAN, D. (1987). *Evaluating learning through concept mapping: A study of student's cognitive structure in earth science course*. Unpublished paper, Ben Gurion University: Beer-Sheva, Israel.
- JOSHUA, S. (1986). *La limitación de los modelos físicos: una limitación y una posibilidad de elección*. Enseñanza de las Ciencias, 12, 145-152.
- KINTSCH, W. y VAN DIJK, T.A. (1978). *Toward a model of text comprehension and production*. Psychological review, 85, 363-394.
- KUHN, T. (1972). *La estructura de las revoluciones científicas*. Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
- LANDA, L. (1987). A fragment of lesson based on the algo-heuristic theory of instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional theories in action. Lesson illustrating selected theories and models*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1991). *Análisis de la influencia de la construcción de mapas conceptuales sobre la estructura cognitiva en estudiantes de Física*. Enseñanza de las Ciencias, 9(2), 135-144.
- LÓPEZ, I.; FUENTES, J.M.; HERNÁNDEZ, F. y VÉLEZ, M. (1997) *El color como factor determinante en la lectura de la señal*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 113-114.
- MARECHAL, A. (1980) "*Le brillant avenir de L'Optique*". Conference prononcée au Palais de la Decouvé. 9.2.
- MARÍN, M.J. y DE MIGUEL, C. (1997) *Relación entre color y prácticas enológicas en la obtención de vinos de calidad*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 85-86.
- McMURRY, J. (1994) *Química Orgánica*. Ed. Iberoamericana. México. ISBN: 968-7270-47-0.
- MEC (1995). Materiales didácticos.
- MEC, 1992.
- MERRILL, M.D. (1987). A lesson based on the component display theory. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional theories in action. Lesson illustrating selected theories and models*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.

- MONTANERO, M. (1994). *Aportaciones de nuevos elementos al modelo constructivista de enseñanza-aprendizaje. Aplicaciones a la Enseñanza de la Física*. (Tesis doctoral inédita). Badajoz: Univ. De Extremadura.
- MONTANERO, M. y MONTANERO, M. (1995). *Didáctica del Momento angular de una partícula. Un enfoque constructivista*. Badajoz: I.C.E. Univ. De Extremadura.
- MONTANERO, M. (1997). *Implicaciones metacognitivas de la teoría de la elaboración de Reigeluth*. Ciencia psicológica, 2.
- MONTERO, V. y LOZANO, M. (1997) *El color del pimiento y pimentón de la zona de la Vera*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 81-82.
- MORALA, L.; SUERO, M.I. y PÉREZ, A.L. (1997) *El color en el Ejército*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 180-181.
- MOYANO, M.J.; ALBA, J. y HEREDIA, F.J. (1997) *Discriminación multivariante de aceites de oliva virgen por colorimetría triestímulo*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 34-35.
- NOVAK, J.D.; GOWIN, D. (1988). *Aprender a aprender*. Martínez Roca. Barcelona.
- OSBORNE, R; WITTRICK, M. (1985). *The generative Learning Model and its Implications for Science Education*. Studies in Science Education, 12, 59-87.
- PEÑA, J.J.; CALVO, J.L.; SUERO, M.I. y SUÁREZ, M.P.(1989). *Mapas Conceptuales en Física Médica: Experiencia* 86-87. Sociedad Española de Física Médica., 1, 97-106.
- PEÑA, M. (1997) *La pintura monocroma: expresividad absoluta del color*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 42-43.
- PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I.; MONTANERO, M. y MONTANERO F., M. (1998). *Mapas de experto tridimensionales utilizados para aplicar la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein a algunos temas de Física*. Publicaciones Uex. ISBN: 8416-761-5.

- PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I.; MONTANERO, M.; MONTANERO F., M. y GIL, J. (1998) *Mapa de Experto Tridimensional de Óptica*. Publicaciones Uex..ISBN: 8416-762-3.
- PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I.; MONTANERO, M.; MONTANERO F., M. y RUBIO, S. (1998) *Mapa de Experto Tridimensional de Termodinámica*. Publicaciones Uex. ISBN: 8416-764-X.
- PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I.; MONTANERO, M.; MONTANERO F., M. y SOLANO, F. (1998) *Mapa de Experto Tridimensional de Dinámica*. Publicaciones Uex.. ISBN: 8416-763-1.
- PÉREZ, A.L., SUERO, M.I.; MONTANERO, M.; MONTANERO F., M. y MARTÍN, M. (1998) *Mapa de Experto Tridimensional de Electricidad*. Publicaciones Uex.. ISBN: 8416-765-8.
- PÉREZ Y TALLADELLAS M. L. (1996). *Los mapas conceptuales: un procedimiento interdisciplinar*. En Monereo, C. y Solé, Y. *El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva constructivista*. Alianza. Madrid.
- PÉREZ, A.L. y SUERO, M.I. (1997) *La formación del profesorado de Educación Secundaria. El color como tema transversal*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 186-187.
- PÉREZ, A. L.; SUERO, M.I.; MONTANERO, M. y MONTANERO F., M. (1998) *Mapas de experto tridimensional utilizados para aplicar la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein a algunos temas de la Física*. Publicaciones Uex.
- POPPER, K.R. (1991). *Conjeturas y Refutaciones*. Paidós. Barcelona.
- POZO, J.I. (1989) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- PRIETO, M. y SÁNCHEZ, M. (1997) *Reintegración cromática versus falsificación*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 19-20.
- REIGELUTH, CH. M. (1983). *Meaningful and instruction: relating what is being learned to what student know*. Instructional Science, 12, 192-218.
- REIGELUTH, CH. M. Y STEIN, F.S. (1983). *The Elaboration Theory of Instruction*. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional design theories and models: an overview of their current status*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.
- REIGELUTH, CH. M. Y STEIN, F.S. (1987). Lesson blueprints based on the Elaboration Theory of Instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.) .

*Instructional theories in action. Lesson illustrating selected theories and models.* Hildsdale, New Jersey: L. Erlbaum.

- RODRÍGUEZ, J.F.; SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L. y GIL, J. (1999) *¿Puede considerarse el color como padre de la Física Moderna?* Actas del V Congreso Nacional del Color. Tarrassa (Barcelona). 127-128.
- ROMERO, J. ; GARCÍA, J.A. y GARCÍA, A. (1996) *Curso introductorio a la Óptica Fisiológica.* Ed. Comares. Peligros (Granada).
- RUBIO, S; CALVO, J.L.; SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L.; PEÑA, J.J. y MONTANERO, M. (1992) *Evolución de los conceptos en torno a calor y temperatura en los diferentes niveles del sistema educativo mediante mapas conceptuales.* Actas de la VIII Conferencia Nacional de Física e II Encontro Ibérico para o ensino da Física. Vila Real (Portugal). 622-623.
- SÁNCHEZ, E.; ROSALES, J.; CAÑEDO, I. y CONDE, P. (1996). *El discurso expositivo: una comparación entre profesores expertos y principiantes.* Infancia y aprendizaje, 67-68, 51-74.
- SÁNCHEZ, J.J.; DE MIGUEL, C y MARÍN, M.J.(1997) *Aproximación al establecimiento de índices de color en aceites de oliva virgen extremeños(variedad cacereña).* Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres).93-94.
- SANTIN CARBALLADA, F.(1989) *El color en la vida.* Actas del I Congreso Nacional de Color. Logroño 77-78.
- SOLANO, F.; PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I. y PARDO, P.J. (1999) *Aplicaciones didácticas del programa informático "Descubriendo los colores".* Actas del V Congreso Nacional del Color. Tarrassa (Barcelona) 125-126.
- STENSVOLD, M.S. y WILSON, J.T. (1990). *The interaction of verbal ability with concept mapping in learning from a Chemistry Laboratory activity.* Science Education, 74(4), 473-480.
- SUERO, M.I. ; PÉREZ, A.L.; MARTÍN- DELGADO, M.J. (1994) *Pero...¿de verdad sabemos lo que es el color?* Actas del III Congreso Nacional de Color. Granada. 85-86.
- SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L.; MARTÍN-DELGADO, M.J. y BARATA, J. (1994) *Experiencia didáctica en seminarios de Óptica. ¿Qué más nos pueden decir los alumnos sobre el color?* Actas del III Congreso Nacional de Color. Granada. 83-84.

- SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L. y ESTEBAN, S. (1997) *Igualaciones de color en el monitor de ordenador. Aplicaciones didácticas y de investigación*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 209-210.
- SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L.; MONTANERO, M. y RUBIO, S. (1997) *Preconcepciones sobre el color: su persistencia en niveles universitarios*. Actas del IV Congreso Nacional del Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 198-199.
- SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L.; RUIZ, A.M. y GARCÍA, J.A. (1997) *El color en los diferentes fenómenos de la naturaleza: su visualización mediante experiencias de laboratorio*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 192-193.
- SUERO, M.I.; PÉREZ, A.L.; MARTOS, E. y GARCÍA, G. (1999) *Los cuentos y los colores*. Actas del V Congreso Nacional del Color. Tarrassa (Barcelona). 179-180.
- THEOBALD, D.W. (1978). *Una introducción a la teoría de la ciencia*. Editorial Adara. La Coruña.
- UTURBIA, C. (1997) *Ecología de la visión del color*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 50-51.
- VAQUERO, J.M.; SUERO, M.I. y PÉREZ, A.L. (1999) *El color en la España del 98*. Actas del V Congreso Nacional del Color. Tarrassa (Barcelona). 129-130.
- VÉLEZ, M. ; LÓPEZ, I.; FUENTES, J.M. y ESPINOZA, M. (1997) *El color: factor de calidad del entorno urbano*. Actas del IV Congreso Nacional de Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres). 52-53.
- WENHAM, E.J. (1984) *New trends in physics teaching*. Unesco.