

APLICACIONES DE LA TEORÍA DE LA ELABORACIÓN DE REIGELUTH Y STEIN A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. UNA PROPUESTA BASADA EN LA UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO CMAPTOOLS

Ángel L. Pérez, María I. Suero, M. Montanero y Pedro J. Pardo
Grupo Orión de Investigación de la Universidad de Extremadura, <http://grupoorion.unex.es>

Resumen. En este trabajo se presenta una propuesta de aplicación docente de la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein, mediante la utilización del programa informático CmapTools. Dado que dicho programa permite construir mapas conceptuales y nexos de unión entre ellos de manera extraordinariamente sencilla, se propone su utilización para construir mapas de experto tridimensionales: es decir, mapas conceptuales que, además de representar diversos tipos de contenidos, incorporan una dimensión más de jerarquización. Este tipo de mapas permiten así simular los diversos “niveles de elaboración” correspondientes a una secuencia de aprendizaje. También permiten dar cabida a los Contenidos de Apoyo y a los Contenidos de Planteamiento que propone la teoría de la elaboración, así como otros elementos que enriquecen el diseño de una unidad didáctica (como las Preconcepciones más frecuentes que presentan los alumnos o la Explicación Causal Básica de los fenómenos físicos considerados).

1 La teoría de la elaboración: aplicaciones a la enseñanza de la Física

Una de las cuestiones didácticas que más preocupan a los docentes es cómo seleccionar, estructurar y secuenciar los contenidos de enseñanza de la forma más eficaz. Desde la Didáctica y la Psicología de la Instrucción se han desarrollado tradicionalmente diversas alternativas para organizar secuencias de enseñanza-aprendizaje, ya sea principalmente 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. Dichas alternativas prescribían secuencias básicamente lineales en función de criterios de generalidad (desde los contenidos más generales a los más inclusivos); o bien en función de su complejidad (desde los aprendizajes más básicos o que requieren menos conocimientos previos a los más complejos). La teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein (1983, 1987) constituyó, por el contrario, una propuesta integradora, basada en lo que ha dado en denominarse “secuenciación en espiral” del aprendizaje.

La teoría de Reigeluth justifica la importancia de secuenciar los contenidos y actividades de enseñanza-aprendizaje sobre dos análisis fundamentales: la reflexión sobre el contenido organizador y los diferentes niveles de elaboración en que se debe vertebrar la secuencia de aprendizaje. Cada uno de estos niveles comienza con una “visión panorámica” (o epítome) de los contenidos más generales que posteriormente se pretende desarrollar con detalle. El epítome sintetiza aquellas ideas más generales en un mismo nivel que se retoma y consolida cada vez que se profundiza 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 sucesivas aproximaciones que no los agota, uno a uno, en su primera presentación. Cada una de estas fases de acercamiento del “zoom” al contenido específico de la materia supone pues un nivel mayor de elaboración de aquel epítome inicial.

Por otra parte, cada epítome es un contenido de enseñanza en sí mismo, estructurado en torno a un contenido organizador, como ya hemos dicho, pero sobre todo presentado 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 epistemológica de la materia. Cada vez que culminemos una fase más de profundización (“elaboración”), deberemos insistir en las relaciones que presenta con el plano general de conjunto, con lo que este se enriquece y extiende. Se trata del “epítome ampliado”. Al final de los sucesivos epítomes obtendremos, por tanto, un “epítome final”, donde aquella dimensión fundamentalmente práctica del primero aparece ya reformulada con múltiples relaciones semánticas (más abstractas) que se han ido generando en el proceso. En la figura 1 se presenta un esquema en el que se sintetizan los principales componentes didácticos que acabamos de comentar.

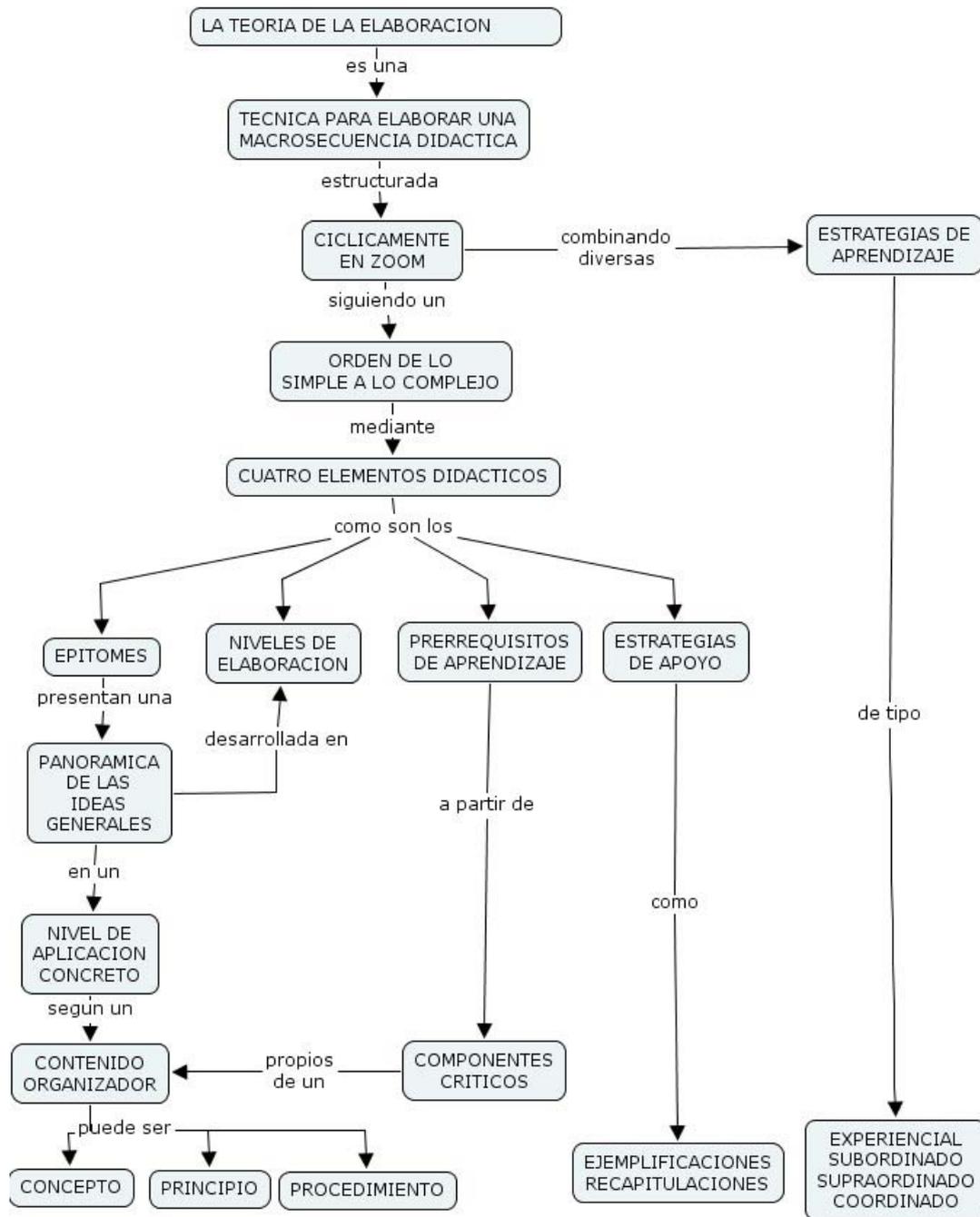


Figura 1. Componentes didácticos de la teoría de la elaboración (realizado en CmapTools)

La teoría de la elaboración contiene, en definitiva, aportaciones de gran interés para la secuenciación de contenidos en los diseños curriculares (Coll, 1987; Coll y Rochera, 1990). En el marco de la enseñanza de la ciencia, ofrece además un soporte teórico para propiciar ese progresivo encuentro entre el escenario cotidiano y científico que requiere el tratamiento de las teorías implícitas. Sin embargo, no tiene en cuenta cómo diseñar los procesos y estrategias que conducen al cambio conceptual, en materias donde este aspecto tiene tanta relevancia, como ocurre en la Física.

Para operativizar este objetivo, la principal innovación que hemos propuesto se fundamenta en la consideración de los fenómenos físicos (en lugar de los conceptos o principios) como un nuevo contenido organizador de las secuencias de enseñanza-aprendizaje. Desde nuestro punto de vista, el planteamiento de los fenómenos físicos como eje que vertebra la secuencia de instrucción, es el mejor recurso para facilitar el enriquecimiento de los conocimientos que van siendo construidos por los alumnos, desde el escenario cotidiano

hacia el escolar y científico; así como para incidir sobre los sesgos inferenciales que intervienen en las explicaciones causales que el alumno elabora sobre dichos fenómenos, a lo largo de toda la secuencia elaborativa. Esta hipótesis se asienta sobre tres consideraciones generales:

a) En primer lugar, *la construcción del epítome a partir de los fenómenos físicos* que se van a abordar, no sólo promueve el *conocimiento experiencial* (de acuerdo con uno de los presupuestos de la teoría de Reigeluth), sino que garantiza además un “contexto de descubrimiento”, fundamental para la generación de conflictos empíricos y conceptuales, desde los primeros momentos del proceso de aprendizaje.

Tomando como ejemplo un diseño didáctico sobre Termodinámica, el epítome inicial podría centrarse en los fenómenos de dilatación y cambio de estado que experimentan los cuerpos al variar su temperatura. El proceso de cambio conceptual requiere que el análisis de estos fenómenos físicos por parte del alumno esté contextualizada en un sistema y desde un modelo teórico adecuado al modelo mental que es capaz de construir en cada momento del aprendizaje; de manera que sea posible la producción de conflictos cognitivos con sus preconcepciones implícitas. Algunas de las más relevantes, en este caso, podría sintetizarse por ejemplo en la idea de que la temperatura del cambio de estado depende de la cantidad de sustancia o de la intensidad del foco calorífico. Los contenidos conceptuales de apoyo necesarios para poder realizar los nuevos aprendizajes de una manera significativa (temperatura, termómetro, estados de la materia...) se introducen en este momento de un modo “no rigurosamente científico”, sino en cuanto conocimientos cotidianos que posteriormente se irán reelaborando.

b) En segundo lugar, el diseño de secuencias de contenidos en diferentes niveles de elaboración debería tener en cuenta la consideración de sistemas, relaciones legales, explicaciones y modelos teóricos progresivamente más complejos. Así, en nuestro ejemplo de Termodinámica, el modelo físico que el alumno puede elaborar en las primeras fases se basa en una representación mental de los cuerpos, formados por partículas puntuales en movimiento, unidas entre sí por algún tipo de enlace de intensidad variable. Posteriormente, una vez introducido en el segundo epítome nuevos fenómenos relacionados con la transferencia de calor (conducción, radiación y convección) y los “gases ideales” en el tercero (procesos isocoros, isobáricos, isotérmicos y adiabáticos), el alumno debe reconstruir una nueva representación mental que incorpore el modelo de los “gases perfectos”.

Esta secuencia potencia el desarrollo de tres vectores básicos en la construcción del conocimiento científico. El vector *de lo simple a lo complejo, y de lo concreto a lo abstracto*, supone que el aprendizaje no consiste en incorporar sin más nuevos conocimientos ni en sustituir unos conceptos erróneos por otros verdaderos, sino en la constante reelaboración de las relaciones causales y legales entre los conceptos de una teoría, desde las más simples o unidireccionales, hasta relaciones más complejas y sistémicas. El vector *de lo implícito a lo explícito* requiere analizar, confrontar y verbalizar los modelos internos que representan la realidad física para someterlos a un proceso de reelaboración consciente. A estos ejes, podríamos, en algunos casos específicos, añadir un cuarto: el vector *del realismo al perspectivismo*, que implica la reflexión sobre explicaciones y modelos alternativos de construcción del conocimiento científico (Rodrigo y Correa, 1999).

c) Por último, la vertebración del aprendizaje en torno a los fenómenos como contenido organizador, facilita la inclusión de tres actividades específicamente dirigidas a confrontar las explicaciones causales y los modelos mentales que construyen los alumnos.

En primer lugar, el desarrollo del epítome, debe comenzar con actividades de observación de los rasgos esenciales que se dan en los fenómenos físicos y *discusión* sobre las posibles explicaciones causales. La *explicación causal básica* (E.C.B.) debe fundamentarse en el *modelo científico* más cercano al *modelo mental* que el alumno es capaz de construir en cada fase del aprendizaje o nivel de elaboración. Por ejemplo, a partir de la observación del fenómeno “cambio de estado”, la E.C.B. que el alumno debe inducir con la ayuda del profesor, en el primer nivel de elaboración, se fundamenta en la idea de que cuando un cuerpo aumenta de temperatura, se incrementa el movimiento de sus partículas hasta un punto en que se debilitan los enlaces que las mantienen unidas y se produce el cambio de estado. Una experiencia práctica, en este sentido, podría comenzar sometiendo un recipiente con un trozo de hielo, otro de estaño y otro de plomo (que poseen distintos puntos de fusión) a la llama de un mechero hasta conseguir su fusión. La pregunta que deben tratar de contestar los alumnos sería “porqué se deshacen estos cuerpos”, o “qué habrá pasado en su interior”. La explicación causal básica que los alumnos deben tratar de descubrir, a partir de los rasgos perceptivos del fenómeno, es que al “darle energía calorífica”, y aumentar en consecuencia su temperatura, las “partículas” del cuerpo (contenido de apoyo) vibran con más energía y se van separando entre sí (se dilata), hasta que disminuye tanto la interacción que mantiene unidas las partículas (otro contenido de apoyo) que acaba “deshaciéndose” el cuerpo.

Posteriormente, debemos promover actividades de *planteamiento inicial de leyes*, a partir de tareas que requieran el control de variables y la falsación de predicciones sobre el fenómeno. Para ello, es importante partir de la explicación de los cambios en los primeros niveles de elaboración, para ayudar luego progresivamente al alumno a reconocer las relaciones proporcionales, de interdependencia, etc., aunque aún no se lleguen a formular matemáticamente como leyes. Siguiendo con el mismo ejemplo, sobre la experiencia anterior, puesto que la temperatura debe ir aumentando, a medida que se proporciona energía al calentar, puede plantearse a los alumnos: ¿subirá siempre igual la temperatura?; ¿podría llegar a estabilizarse?; ¿cómo sería esto último posible? Se trata, en este caso, de sugerir una ley de la fusión: la constancia de la temperatura mientras dura ésta. Si, en cambio, se pretende sugerir la otra ley de la fusión (cada sustancia pura tiene su propio punto de fusión), se preguntará, por ejemplo, “¿por qué hay que elevar la temperatura más al plomo que al estaño, y más al estaño que al hielo?”, sin necesidad de llegar, de momento, a respuestas completas.

Combinadas con las anteriores, un tercer tipo de actividades (que pueden ser cooperativas o de “lápiz y papel”) estarían ya específicamente dirigidas a facilitar la toma de consciencia del conflicto entre la teoría causal (hasta ahora “implícita”) y las nuevas explicaciones causales de los fenómenos. El profesor debe aquí valorar si es conveniente desvelar todas o algunas de las respuestas correctas o, por el contrario, es más útil, didácticamente, dejar la solución correcta para ir dándola a lo largo del desarrollo posterior de los contenidos de la unidad didáctica (aspecto que, hábilmente utilizado, puede incrementar la motivación en el alumno). De cualquier forma, en la puesta en común el profesor debe formular explícitamente las teorías implícitas que hayan reflejado los alumnos a través de sus respuestas. Sólo así conseguiremos promover también con nuestra secuencia elaborativa un auténtico cambio conceptual.

2 Mapas de experto tridimensionales

Recientemente, hemos operativizado y apoyado todas estas orientaciones con materiales didácticos en diferentes macrosecuencias de aprendizaje para cada una de las ramas de la Física en la Educación Secundaria (Pérez y cols., 1999, 2000, 2001). En dichos trabajos (que fueron financiados por el CIDE y distinguidos con el 2º Premio Nacional de Investigación Educativa 1998), hemos incorporado una nueva herramienta, los mapas tridimensionales, que facilitan la operativización de este tipo de secuencias didácticas a la enseñanza de la Física. Los materiales ya publicados pueden consultarse en la dirección electrónica <http://grupoorion.unex.es/pdf/libro.pdf>

Como acabamos de ver, la elaboración de secuencias de enseñanza-aprendizaje basadas en la teoría de la elaboración debe partir de un análisis sistemático acerca de las relaciones epistemológicas entre los diversos contenidos científicos de enseñanza. Dicha reflexión debe apoyarse en un sistema de representación gráfica. Aunque podemos utilizar variadas técnicas de representación como los diagramas de flujo, los organigramas o los cuadros sinópticos, la más potente y desarrollada para este fin y con las que mejores resultados hemos conseguido en nuestra práctica docente es sin lugar a dudas los *mapas conceptuales*.

Un mapa conceptual es un procedimiento gráfico para explicitar nuestro conocimiento sobre conceptos y relaciones entre los mismos en forma de proposiciones verbales. Para Novak y Gowin (1984) no sólo es un instrumento útil para la instrucción y evaluación de contenidos conceptuales, sino también para facilitar el análisis previo de las relaciones significativas entre los mismos. Este análisis epistemológico requiere, además de un amplio trabajo de estudio e investigación científica, un proceso de explicitación de la *estructura lógica* de la materia. La utilización para este fin de una estrategia de representación como el mapa conceptual nos aporta tres soportes fundamentales en el proceso de reflexión didáctica antes de iniciar el proceso de enseñanza:

- permite confrontar visualmente la organización de los contenidos de la materia, de modo que se aprecian con más claridad las posibles lagunas y relaciones epistemológicas menos consistentes, que puedan restarle potencialidad significativa;
- facilita una organización jerárquica, que marca los posibles caminos didácticos que el profesor puede seguir desde los conceptos más generales hasta los más específicos; y, sobre todo,
- se convierte en un marco de diálogo, en una herramienta de trabajo en equipo, que permite confrontar los contenidos semánticos explícitos o implícitos sobre los que cada uno organiza la enseñanza.

Esta última ventaja es quizá la más relevante de cara a potenciar actitudes y estrategias de reflexión colaborativa del profesorado. Una vez que se domina la técnica del mapa, su elaboración se convierte en un “puzzle de conceptos” donde cada profesor puede confrontar su visión del contenido con la de otros compañeros, también especialistas en la materia (o con la de los alumnos).

La utilidad de esta herramienta puede llegar, sin embargo, más allá del análisis conceptual de los contenidos de enseñanza. Como ya hemos comentado, resulta muy enriquecedor que el profesor de Ciencias analice, no sólo una representación de los “conceptos” que organizan la materia, sino también de los “principios”, “procedimientos” y otros contenidos, no estrictamente conceptuales. En este sentido, no deberíamos hablar tanto de “mapas de conceptos” en general como de *mapas de experto* de muy diferente tipo, en función del análisis de contenido que se pretende primar, es decir, del *contenido organizador* (Reigeluth, 1983).

Por otro lado, la utilización de soportes informáticos interactivos, de carácter gráfico, ha posibilitado otras ventajas en su aplicación al diseño curricular. Como acabamos de ver, el mapa conceptual tradicional sintetiza el contenido en función de una dimensión vertical (correspondiente a las relaciones de pertenencia semántica entre cada concepto y otros más generales a los que se subordina) y otra horizontal (que permite visualizar aquellos que se relacionan en un mismo nivel jerárquico). Lo que hemos denominado *mapa de experto tridimensional* (Pérez y cols., 1998, 1999), facilita además al profesor la representación en un tercer vector: la “profundidad” de los contenidos, es decir, los diferentes niveles de complejidad que podemos establecer en la secuencia instruccional.

Para ello, inicialmente utilizamos el programa informático comercial FlowCharter 6.0 que permite combinar dos tipos de enlaces entre los contenidos representados. En primer lugar, las tradicionales líneas etiquetadas verbalmente que unen los diferentes contenidos entre sí (enmarcados generalmente en rectángulos o elipses) constituyen el soporte gráfico de la dimensión vertical y horizontal, antes mencionada. En segundo lugar, algunos de esos mismos contenidos (cuyos marcos aparecen además sombreados), se convierten en un enlace de “profundidad” que conecta con otro mapa, y permite al usuario “navegar” de uno a otro, sin salir del mismo documento. En la figura 2 se presenta el *mapa-llave* de la macrosecuencia de Termodinámica implementada con esta aplicación informática y en la 3, a modo de ejemplo, la síntesis del tercer nivel de elaboración. En esta última puede observarse que los “saltos” que están permitidos se corresponden con los enlaces posibles desde dicha síntesis que aparecen en el mapa-llave.

Volviendo a las aplicaciones de la teoría de la elaboración, la principal ventaja didáctica de este instrumento reside, pues, en su doble capacidad de representación. Por un lado, permite jerarquizar varios mapas en niveles sucesivos de complejidad, permitiendo al profesor simular una representación en “espiral” en niveles de elaboración, similar a la propuesta de Reigeluth. Por otro lado, esta versatilidad le convierte en el mapa de experto por antonomasia, dado que facilita la integración en un mismo soporte de diferentes técnica para representar contenidos (mapas conceptuales, mapas de principios, diagramas de flujo...).

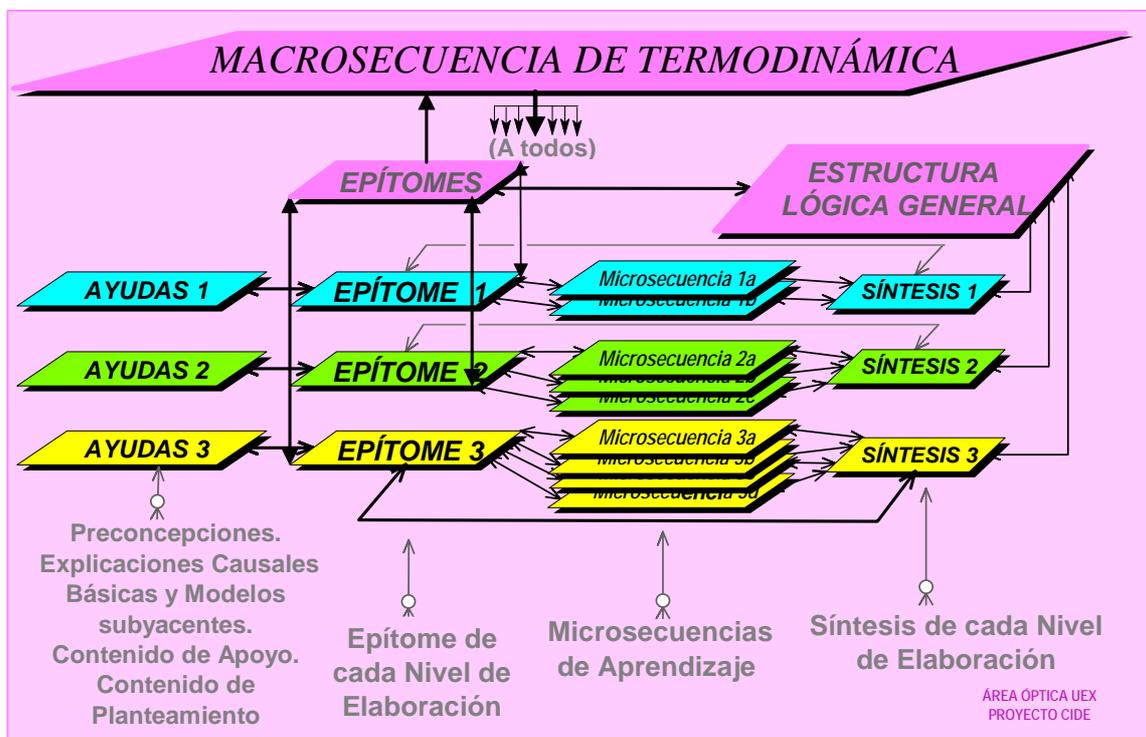


Figura 2. Mapa-llave de la Macrosecuencia Instruccional de Termodinámica (realizado en FlowCharter 6.0)



Figura 3. Síntesis del tercer nivel de elaboración de la Macrosecuencia Instruccional de Termodinámica (realizado en FlowCharter 6.0)

3 Aplicaciones de los mapas tridimensionales al diseño de una unidad didáctica de Termodinámica: resultados de investigación

Con objeto de estudiar empíricamente las posibles utilidades didácticas de los mapas tridimensionales seleccionamos un grupo de profesores de Física de 4º de la E.S.O. Nuestra hipótesis era que la confección de una Unidad didáctica siguiendo las orientaciones metodológicas anteriores y con el apoyo de los mapas tridimensionales, tendría efectos positivos sobre el aprendizaje de los alumnos, particularmente en la modificación de preconcepciones erróneas.

En la investigación participaron 5 profesores y 341 alumnos, de diferentes institutos de la provincia de Badajoz. Cada profesor trabajaba con 3 grupos-clase en sus respectivos centros escolares. Mediante un procedimiento aleatorio, 2 de esos grupos fueron asignados a la condición experimental (secuencia de instrucción, basada en la teoría de la elaboración, y diseñada con mapas tridimensionales) y 1 a la de control (secuencia de instrucción según la metodología habitual del profesor). La evaluación inicial nos obligó a desestimar un grupo que no cumplían suficientes condiciones de homogeneidad, razón por la cual uno de los profesores no tuvo grupo de control (quedando, por tanto, 10 Grupos Experimentales y 4 de Control).

Se elaboraron tres materiales de evaluación: una prueba objetiva con problemas para el análisis de teorías implícitas (T.IMP.); otra sobre comprensión de conceptos científicos (COMP.); y otra con problemas de interpretación de fenómenos y de aplicación a situaciones cotidianas (APLIC.). Además, cada profesor realizó una valoración tradicional del rendimiento en la materia mediante dos pruebas elaboradas "ad hoc" por ellos mismos: una prueba de ejecución con problemas de Física que requieren cálculo y soluciones numéricas (RP) y una prueba-examen general (CAL.).

La siguiente tabla recoge los resultados obtenidos. Como puede observarse, la puntuación media (GLOB) obtenida en las diversas pruebas de evaluación inicial por los grupos Experimentales (EXP) y de Control (CONTR) resultó prácticamente idéntica (0.1 puntos de diferencia). La medición posttest, una vez finalizada la unidad didáctica, reveló una mejora significativa en todos los grupos evaluados, lo cual es también una prueba de la aceptable calidad de los métodos de instrucción que hasta entonces habían utilizado los profesores que participaron en la investigación. Sin embargo, los resultados muestran mayores incrementos (hasta 1.0 punto más) en los grupos en los que se desarrollaron las actividades basadas en la teoría de la elaboración para la enseñanza de la Física. Las diferencias resultaron entre los grupos experimentales y control resultaron

significativas en la prueba específica de teorías implícitas (TI: $t=2.18$; $p<0.05$), en la asimilación de conceptos científicos (CC: $t=5.59$; $p<0.01$) y en la prueba de aplicación a situaciones cotidianas (A: $t= 4.60$; $p<0.01$).

GRUPOS	PRETEST					POSTEST						
	T.IMP.	COMP.	APLIC.	RP	CAL.	GLOB.	T.IMP.	COMP.	APLIC.	RP	CAL.	GLOB.
Experimental 1	4,2	5,0	4,9	5,0	5,9	5,0	4,6	6,7	7,7	7,3	7,7	6,8
Experimental 2	4,0	5,1	5,1	4,9	5,8	5,0	6,8	7,7	7,2	7,4	7,5	7,3
Experimental 3	4,2	4,5	4,3	4,7	5,5	4,6	7,0	7,6	7,3	7,1	8,1	7,4
Experimental 4	3,8	4,9	5,0	5,0	6,0	4,9	7,4	7,7	6,7	7,4	8,0	7,4
Experimental 5	4,4	4,9	4,8	5,1	5,9	5,0	7,3	7,5	7,7	7,8	7,6	7,6
Experimental 6	4,3	4,6	4,7	4,7	5,4	4,7	7,1	7,6	7,7	7,3	7,5	7,4
Experimental 7	4,3	4,8	4,7	4,9	5,7	4,9	7,3	8,0	7,1	7,2	7,8	7,5
Experimental 8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,7	4,9	7,6	7,5	7,0	7,7	8,2	7,6
Experimental 9	3,8	4,9	4,7	4,8	5,6	4,8	6,8	7,5	7,4	7,7	8,0	7,5
Experimental 10	4,2	4,7	4,3	4,9	5,6	4,7	7,1	7,2	7,2	7,3	8,0	7,3
Media de los G. Exp.	4,1	4,8	4,7	4,9	5,7	4,9	6,9	7,5	7,3	7,4	7,8	7,4
Control 1	3,6	4,9	5,0	5,0	5,7	4,8	5,8	6,5	6,9	6,6	6,8	6,5
Control 2	4,2	4,7	5,3	5,0	6,1	5,1	5,8	6,3	6,8	6,7	6,6	6,4
Control 3	3,7	4,8	4,8	5,0	6,0	4,8	5,8	6,3	6,1	6,4	6,9	6,3
Control 4	4,6	5,0	4,9	5,1	6,0	5,1	6,2	6,8	6,1	6,5	6,9	6,5
Media de los G. Cont.	4,0	4,8	5,0	5,0	5,9	5,0	5,9	6,5	6,5	6,5	6,8	6,4
Diferencia de las medias	0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	-0,1	1,0	1,0	0,8	0,9	1,1	1,0

El informe completo acerca de la metodología (participantes, diseño, instrumentos y procedimientos), los resultados y las conclusiones de la investigación realizada puede consultarse en la dirección electrónica http://grupoorion.unex.es/didactica/complemento_comunicacion_al_cmc.doc

4 Nuevas líneas de investigación: aplicaciones del programa informático CmapTools

Los mapas de experto tridimensionales constituyen, en definitiva, una propuesta innovadora con interesantes aplicaciones al diseño curricular en general, y a la enseñanza de la Física en particular. El aprovechamiento de herramientas informáticas que faciliten la construcción e integración de mapas constituye una ventaja esencial para el desarrollo y la comunicación en red de diseños instruccionales. Algunos nuevos programas de diseño gráfico ofrecen interesantes alternativas para conectar mapas entre sí, como proponíamos anteriormente, al tiempo que facilitan la comunicación entre los diseñadores y usuarios. En concreto, la herramienta informática CmapTools (Cañas et al., 2004) aporta unas posibilidades de compartir estos mapas con otros compañeros de cualquier parte del mundo que no eran contempladas en la aplicación informática anteriormente utilizada. Por esta razón, actualmente estamos trabajando en la utilización del programa informático CmapTools para construir mapas de experto tridimensionales, siguiendo las directrices anteriores. Nuestra aportación al uso de esta herramienta se centra en conectar los mapas simulando *niveles de elaboración*, además de introducir *contenidos de apoyo y de planteamiento*, así como conexiones con las *preconcepciones* más frecuentes que suelen tener los alumnos.

La versión original de los mapas de experto tridimensionales realizados con la aplicación FlowCharter incluyendo un visor y las instrucciones de instalación que la hacen completamente operativa, puede obtenerse en nuestra dirección web: <http://grupoorion.unex.es/didactica/premio.exe>. Estos mapas, revisados y ampliados durante la realización de dos tesis doctorales son los que han sido “traducidos” a CmapTools y alojados en un nuevo servidor adquirido con este fin que se ha compartido en la red de servidores CmapServer bajo el nombre de *Grupo Orión-Universidad de Extremadura (España)*. En este mismo congreso se presentan otras dos comunicaciones más, a modo de ejemplificación de lo aquí expuesto. En la primera “Macrosecuencia instruccional de óptica confeccionada siguiendo las directrices de la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein e implementada en el programa Cmaptools” se hace principal hincapié en el proceso de elaboración de la macrosecuencia instruccional y en la segunda “Macrosecuencia instruccional de electricidad confeccionada siguiendo las directrices de la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein e implementada en el programa Cmaptools” se hace principal hincapié en el proceso de elaboración de unidades didácticas a partir de la macrosecuencia instruccional. Ambas han sido implementadas en CmapTools y se encuentran compartidas a través de CmapServer.

5 Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE) del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) por la financiación que hizo posible el desarrollo de los trabajos de investigación que permitieron elaborar los materiales didácticos aquí descritos; a la Universidad de Extremadura en cuyo seno se han llevado a cabo estas investigaciones y a la Consejería de Educación, Ciencia y Cultura de la Junta de Extremadura por su colaboración en la difusión de los resultados obtenidos mediante la publicación de un libro que fue distribuido gratuitamente a todos los centros de Educación Secundaria de la región.

Referencias

- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., Gómez, G., Arroyo, M., & Carvajal, R. (2004). CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. In A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology, Proceedings of the 1st International Conference on Concept Mapping*. Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra.
- 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. (ed.). *Desarrollo psicológico y educación* (vol. 2). Alianza. Madrid.
- Novak, J.D. y Gowin, D. (1984). *Aprender a aprender*. Barcelona: Martínez Roca
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M.; Montanero Fernández, M.; Rubio, S.; Martín, M.; Gil, J. y Solano F. (1998): Propuesta de un método de secuenciación de contenidos basado en la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein. Aplicación a la Física. Ed. Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M.; Montanero Fernández, M. (2000) Mapas de experto tridimensionales. Consejería de Educación, Ciencia y Cultura de la Junta de Extremadura (Colección de Investigación Educativa).
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero F., M.; Pardo, P.J. y Montanero M., M. (2001). Three-dimensional conceptual maps: an illustration for the logical structure of the content of optics. *International Conference Physics Teacher Education Beyond 200 Selected Contributions*. R. Pinto & Suriñach. Ed. Elsevier. Francia. 603-604.
- Reigeluth, C. M. y Stein, F.S. (1983). The Elaboration Theory of Instruction. En C. M. Reigeluth (ed.). *Instructional design: theories and models: an overview of their current status*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum. 335-381.
- Reigeluth, C.M. y Stein, F.S. (1987). Lesson blueprints based on the elaboration theory of instruction. En Reigeluth, C. M. (ed.), *Instructional theory in action: Lesson illustrating selected theories and models*. LEA, Hillsdale. 245-288.
- Rodrigo, M. J. y Correa, N. (1999). Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo. En I. Pozo y C. Monereo, *El aprendizaje estratégico*. Madrid. Santillana. 75-86.