

UN MODELO DIDACTICO CON ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO

JESUS A. MENESES VILLAGRA

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta metodológica para la enseñanza de la física en los niveles superiores de enseñanza que tiene por finalidad producir en los alumnos aprendizajes significativos. Partiendo del análisis de varios modelos didácticos con enfoque constructivista ensayados en los niveles elementales y medios de varios países, se desarrolla el modelo que proponemos, especificando los objetivos que persigue, los principios en que se basa y la sintaxis de las etapas que configuran su estructura.

ABSTRACT

A methodologic project for the teaching of Physics in high levels is presented in this paper, the aim of which is to get meaning ful knowledge in the pupils. From the analysis of various models with the constructive approach which have been tried at elementary and secondary levels in some countries. The model we propose, specifying the objectives, the principles on which is based and the syntax of the stages which forms its structure is being developed.

PALABRAS CLAVE

Modelo Didáctico, Constructivismo, Metodología.

KEYWORDS

Didactic model, Constructive approach, Methodology.

1. JUSTIFICACION

Desde hace unos treinta años, en los currícula de las materias científicas en la enseñanza media, han tenido lugar muchas innovaciones y experimentaciones didácticas. Los primeros proyectos, en el deseo de superar una tradición centrada en los contenidos, estan basados en lo que se ha denominado *aprendizaje por descubrimiento*.

Tras la puesta en práctica y evaluación de estos proyectos, que conceden un papel primordial a la familiarización con "los procesos de la ciencia", se llegó a la conclusión de que el aprendizaje de los alumnos era deficiente y que se transmitía una pobre imagen de la ciencia. Autores como Hodson (1985), Ausubel (1978) y otros coinciden en que la metodología científica que propugnaban estos proyectos estaba marcada por un inductivismo extremo infravalorando la creatividad del trabajo científico e ignorando las aportaciones de la moderna epistemología.

Esta crítica hacia el modelo de aprendizaje por descubrimiento hizo que autores como los ya citados reivindicaran propuestas más o menos explícitas de retornar al modelo de aprendizaje por recepción de conocimientos ya elaborados. Así, señaló Hodson, el principal objetivo de la enseñanza de las ciencias es que los alumnos aprendan las teorías vigentes y sepan aplicarlas a los fenómenos adecuados en las situaciones apropiadas. Se trata en definitiva de aprender ciencia, no de (re)hacerla.

Sin embargo estas propuestas -y pese a las indudables mejoras introducidas por Ausubel en el modelo de aprendizaje por recepción (Ausubel, 1978; Novak, 1979)- no han dado solución a los principales problemas del aprendizaje de las ciencias, como así lo han mostrado las investigaciones que muestran los graves errores conceptuales de los alumnos, y que derivaron a la importancia que tienen sus ideas y esquemas conceptuales previos, y su dificultad para modificarlos, en el aprendizaje de los conocimientos científicos (Driver, 1986).

Estas modificaciones de ida y vuelta en la metodología, como ya se ha dicho, se experimentaron en niveles medios de enseñanza de diversos países. En el nuestro, desde hace una década, también se están ensayando varios proyectos -no conocemos ninguno que se desarrolle en la Universidad- realizados por equipos como: Faraday, IEPS, Axarquía, Taller Arquímedes, Grupo de Valencia, etc. que han contribuido a que el profesorado tome conciencia sobre la importancia de conocer diferentes métodos didácticos, teorías de aprendizaje, modelos de curriculum, formas de evaluación, etc.

Si bien en E.G.B. y Enseñanza Media se nota cada vez más preocupación por la Didáctica de la disciplina no ocurre lo mismo en la Universidad. En este nivel, la ciencia sigue presentándose como un cuerpo de conocimientos verificado y cierto, se concede mucha importancia a la exposición de hechos que reflejen de manera verdadera los conceptos de la ciencia. La naturaleza de la ciencia como proceso investigador raramente se tiene en cuenta; como mucho se menciona aisladamente en algún momento del Curso -casi siempre al comienzo- pero separado del grueso del contenido. Además se habla del "método científico" indicando una serie de cinco o seis pasos que finalizan con una "conclusión" o un "descubrimiento". El papel del alumno, en clase, se reduce prácticamente a ser un mero receptor de nuevos conocimientos y, en el laboratorio, sólo desarrolla destrezas manipulativas (Pujos y Fons, 1981).

Con objeto de intentar promover una enseñanza mucho más coherente con la metodología científica y con las actuales teorías cognitivas sobre el proceso de aprendizaje estamos desarrollando un proyecto que consiste en diseñar, poner en práctica y evaluar un conjunto de materiales para la enseñanza de la electricidad en el primer curso universitario.

En este trabajo desarrollamos el modelo de instrucción que hemos confeccionado y que creemos que puede servir de ayuda en la planificación de la enseñanza de cualquier tópico científico en el nivel superior. Por falta de espacio, dejamos para un futuro trabajo la secuencia didáctica específica que hemos diseñado para la enseñanza de la electricidad.

2. ALGUNOS MODELOS CONSTRUCTIVISTAS

Antes de desarrollar las fases del modelo que proponemos haremos un poco de historia mencionando algunas de las propuestas constructivistas que han sido elaboradas por autores diversos.

Durante los últimos años se han propuesto varios marcos o modelos didácticos destinados a producir un aprendizaje significativo. Todos contienen secuencias de instrucción más o menos explícitas y se han aplicado en la enseñanza de las ciencias en el nivel medio. En las líneas siguientes detallamos brevemente las fases que proponen algunos de estos modelos con objeto de recoger en nuestra propuesta aquellos aspectos que consideramos más apropiados para la enseñanza en el nivel superior.

El modelo de Barnes (1976) consta de cuatro etapas: una de *enfoque* para la presentación del tema y motivar a los alumnos, otra *exploratoria* para intercambiar opiniones sobre la experimentación que se realice, una tercera de *reorganización* para la elaboración de informes atendiendo a la información suministrada por el profesor, y una última etapa pública que consiste en la presentación mutua de los hallazgos.

Un año después Karplus (1977) propuso un ciclo de aprendizaje basado en tres fases: una *exploratoria* en donde los alumnos no son capaces de responder a las cuestiones que se les plantean, pero reflexionan y aprenden mediante acciones y reacciones ayudados por el profesor; una segunda fase para *introducir* los conceptos nuevos que resuelven los problemas planteados y una última para *aplicar* el concepto a nuevas situaciones. El aprendizaje se consigue mediante la repetición y la práctica, de manera que las nuevas ideas y modos de pensar tengan tiempo de estabilizarse.

Por su parte, Erikson (1979) estableció un modelo con los siguientes pasos: primero para familiarizar a los alumnos con la temática a tratar y puedan hacer explícitas sus creencias intuitivas se les provee de un conjunto de *maniobras experienciales*, después se presentan situaciones (*maniobras discrepantes*) que lleven a resultados inesperados para crear en los alumnos una incertidumbre o insatisfacción, y por último se procura acomodar los resultados inesperados en la red conceptual mediante un conjunto de *maniobras de reestructuración*.

La propuesta de Renner (1982) también está estructurada en tres etapas: se comienza proporcionando a los estudiantes las *experiencias* necesarias para que se familiaricen e interesen sobre lo que deban aprender, se continúa proporcionando la terminología específica para que el alumno pueda *interpretar* la situación problemática, y se finaliza presentando experiencias adicionales para ayudar a la *elaboración* de una red conceptual más acorde con la realidad científica.

La secuencia didáctica de Rowell y Dawson (1983) es muy parecida: a) mediante preguntas se averiguan las ideas de los alumnos sobre la situación-problema planteada a la vez que *toman conciencia* de ellas, b) el profesor acepta las soluciones de los alumnos pero introduce *soluciones alternativas* para que sean evaluadas, y c) se comparan las nuevas ideas con las antiguas prevaleciendo las de mayor *poder explicativo*.

Osborne y Freyberg (1985), después de analizar los modelos anteriores proponen uno nuevo que denominan modelo didáctico de *aprendizaje generativo*. Consta de las siguientes cuatro fases distintas de enseñanza:

1. *Fase preliminar*, en donde el profesor averigua los puntos de vista de los alumnos, clasificándolos, buscando interpretaciones históricas y reflexionando sobre cómo llevar a cabo su abandono.

2. *Fase de enfoque*, cuyo objetivo es proporcionar un contexto adecuado para el trabajo posterior. El profesor ofrece experiencias motivadoras, estimula el pensamiento de los alumnos formulándoles preguntas y ayudándoles a interpretar sus respuestas. Los alumnos se familiarizan con los materiales, hacen preguntas, manifiestan sus opiniones y en definitiva se implican en el aprendizaje.

3. *Fase de confrontación* para facilitar el intercambio de pareceres, para realizar procedimientos demostrativos, para plantear la solución de los científicos, para poner a prueba experimental las opiniones, etc. Esta fase debe finalizar con un buen número de preguntas por los alumnos al tratar de incorporar las nuevas ideas a la red conceptual.

4. *Fase de aplicación*, cuyo objetivo es reforzar las nuevas ideas mostrando su utilidad. Mediante la resolución de problemas se pretende utilizar el nuevo concepto como base de la solución.

Por último finalizamos este análisis cronológico indicando la secuencia del modelo de enseñanza constructivista que sigue el proyecto CLIS (Children's Learning in Science Project). Aunque el modelo está dotado de un carácter flexible y en la práctica se solapan las fases, Needham (1987) ha diferenciado cinco:

1. *Fase de orientación* diseñada para dar a los alumnos la oportunidad de desarrollar el sentido de la finalidad y motivación para aprender el tópico.

2. *Fase de elicitación*, en la que los alumnos explicitan sus ideas, haciéndose conscientes de ellas.

3. *Fase de reestructuración*, en donde se clarifican e intercambian las ideas, creándose conflictos y posibilitando la modificación de las mismas. El profesor propondrá las ideas de los científicos, explicándolas y sometiéndolas a debate y experimentación junto con las demás. Los alumnos construirán significados en la medida que las nuevas ideas satisfagan sus insatisfacciones y evaluaciones.

4. *Fase de aplicación* para que los alumnos puedan usar las ideas recién desarrolladas en diversas situaciones, nuevas y familiares, para consolidarlas y reforzarlas.

5. *Fase de revisión*, en donde los alumnos deben reflexionar sobre cómo se ha modificado su pensamiento. El profesor les ayudará a desarrollar estrategias metacognitivas.

3. MODELO DIDACTICO QUE PROPONEMOS

En las páginas siguientes desarrollamos la propuesta metodológica que proponemos para la enseñanza de la física en los niveles superiores. Explicitaremos, para ello, los objetivos que pretendemos, los principios didácticos en los que se basa y la sintaxis de las fases que deben seguirse en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la consecución del aprendizaje significativo que propugna.

3.1. Objetivos

1) Favorecer la adquisición de los conceptos y teorías vigentes y su aplicación a situaciones concretas mediante la resolución de *situaciones problemáticas* de interés atendiendo a las modernas teorías cognitivas sobre el aprendizaje y la forma como trabajan los científicos.

Consideramos necesario integrar en un único objetivo la familiarización del alumno con la metodología científica y la adquisición significativa de conocimientos. Los procesos científicos sólo tienen sentido en el marco de esquemas conceptuales (teorías como punto de partida y término). Sin atención a los contenidos o con tratamientos esporádicos y superficiales la metodología científica queda desvirtuada. Asimismo el estudio de los conceptos de modo memorístico implica su olvido inminente debido a su débil o nula integración a la red conceptual del alumno.

La línea de investigación en torno al estudio del origen, causas y características de los graves errores conceptuales cometidos por los estudiantes de cualquier nivel ha puesto en evidencia la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales y reiteradamente enseñados.

2) Potenciar el desarrollo de técnicas y estrategias necesarias para producir un cambio conceptual y metodológico.

Del mismo modo que desde el punto de vista cognitivo es necesario tener en cuenta las ideas de los alumnos, desde un punto de vista afectivo es necesario considerar sus características motivacionales (Martín Díaz y Kempa, 1991) como características internas que son y que se traducen en diferentes preferencias por distintas estrategias didácticas. El aprendizaje mejorará si los alumnos son expuestos a las estrategias que prefieren. Como los profesores tienen que trabajar con muchos alumnos -con diferentes características motivacionales- se deberán utilizar un amplio espectro de estrategias didácticas. Por esta razón, el modelo didáctico que se presenta está dotado de gran flexibilidad en función del alumno y del entorno en donde se desarrolle.

Conseguir el cambio conceptual no es nada fácil; según Posner y otros (1982) se deben cumplir cuatro condiciones para que se produzca:

- a) Es preciso que se produzca insatisfacción con los conceptos existentes.
- b) Ha de existir una nueva concepción mínimamente inteligible que
- c) debe ser inicialmente plausible y
- d) ha de ser potencialmente fructífera, abriendo nuevas áreas de investigación.

Por otra parte, Driver (1986) propone, para impulsar a los estudiantes a construir sus propios significados, las siguientes estrategias:

- a) La identificación de las ideas previas de los alumnos.
- b) La puesta en cuestión de las mismas, si es necesario, mediante el uso de contraejemplos.
- c) La invención e introducción de conceptos, bien mediante "tormentas de ideas" de los alumnos, o por presentación explícita del profesor, o a través de los materiales de instrucción.
- d) El uso de las nuevas ideas en un amplio abanico de situaciones para que los estudiantes adquieran confianza en las mismas.

3) Facilitar las relaciones de comunicación entre todos los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La enseñanza conlleva siempre procesos de emisión, circulación, recepción y procesamiento de información. Su flujo se produce con la intervención de emisores de diversa naturaleza (Cañal, 1987): el profesor, los alumnos, los libros, los audiovisuales, los archivos de informes, el entorno sacionatural, otras personas físicas o jurídicas, etc.

La recepción y el procesamiento significativo de la información se producirá o no en función del *clima del aula*, de las características del mensaje, de la vía empleada para la transmisión, de la capacidad de procesamiento de uno mismo, así como de la peculiar estructura de interacción social comunicativa existente en el aula.

Unas relaciones de comunicación abiertas, caracterizadas por una mayor riqueza y al mismo tiempo mayor selección de información, con una diversificación de las fuentes y una optimización de los canales de transmisión, primando la interacción, contribuirá a mejorar la eficacia de la labor docente.

La organización del centro, en general, no contribuye a favorecer las relaciones de intercambio mencionadas. Interesa adoptar un sistema organizativo flexible, adaptable a múltiples requerimientos, con horarios flexibles y en donde se establezcan relaciones de poder democráticas, en donde los alumnos puedan participar en la toma de decisiones.

3.2. Principios

Los principios didácticos se derivan tanto de los fundamentos psico-pedagógicos, científicos y didácticos como de presupuestos ideológicos o conocimientos funcionales concebidos en la práctica docente. Actúan como guía para la toma de decisiones en el aula, proporcionando una cierta coherencia a las actuaciones del enseñante.

El modelo que presentamos asume los siguientes principios:

1) Se concibe el aprendizaje de las ciencias desde una óptica constructivista. Para proporcionar una imagen correcta de la Ciencia y del modo de trabajar de los científicos se considera el aprendizaje como *cambio conceptual* (Posner et al, 1982), *metodológico* (Gil y Carrascosa, 1985) y *actitudinal*.

El cambio conceptual se fundamenta en el paralelismo existente entre el desarrollo conceptual de un individuo y la evolución histórica de los conocimientos científicos; el aprendizaje significativo constituye una actividad racional semejante a la investigación científica y sus resultados -el cambio conceptual- pueden contemplarse como el equivalente a un cambio de paradigma, en terminología de Kuhn (1971).

Al igual que Gil y Carrascosa (1985) consideramos que el cambio conceptual no es posible sin un cambio metodológico. Su fundamentación se basa en considerar que del mismo modo que el cambio (conceptual) del paradigma pre-clásico sólo pudo ser desplazado después de muchos años gracias al desarrollo de la nueva metodología, el cambio conceptual en los alumnos sólo será posible si son puestos reiteradamente en situación de aplicar esta metodología en su máxima amplitud. Es decir, sólo si los alumnos son puestos en

situación de construir hipótesis, diseñar experimentos, realizarlos y analizar cuidadosamente los resultados, con una atención particular a la coherencia global, será posible que superen la metodología de la "superficialidad" (Carrascosa y Gil, 1985) al tiempo que se producen los profundos cambios conceptuales que exige la construcción del conocimiento científico.

2) El aprendizaje significativo viene determinado por la estructura cognitiva de la persona. Partir del estado de los *conocimientos previos* de los alumnos es clave para la instrucción.

Una visión del aprendizaje derivado de las teorías constructivistas obliga a considerar las ideas, intereses, creencias,... de los alumnos como punto de partida de la enseñanza. Los resultados del aprendizaje dependen, además de la situación de aprendizaje y de las experiencias que proporcionamos a nuestros alumnos, de los conocimientos previos que posee, de sus concepciones y de sus motivaciones. Estos no sólo influyen en las explicaciones que dan a los fenómenos o problemas que se les plantean en la instrucción sino que determinan y orientan la observación hacia aspectos concretos que determinan la posterior conclusión.

Es necesario conocer el origen, las características y la organización interna de los esquemas conceptuales, así como las técnicas que existen para su detección (Valcárcel y otros, 1990) con objeto de establecer o diseñar estrategias para transformar las concepciones alternativas en ideas científicamente aceptadas.

Las concepciones de los alumnos no deben concebirse como un obstáculo para el aprendizaje de la ciencia sino como un vehículo para aprender ciencia. A partir de ellas deben desarrollar nuevas ideas. El uso de contraejemplos y datos en contra pueden ayudar a tomar conciencia de la debilidad de sus esquemas y provocar una reestructuración más acorde con la realidad.

3) El aprendizaje de modo significativo requiere *responsabilidad* del estudiante y tiene lugar cuando construye de forma activa sus propios conocimientos.

La construcción de significados implica un proceso activo de formulación de hipótesis o realización de ensayos, que son contrastados mediante experiencias sensoriales (Driver, 1986). Si hay acuerdo decimos que "comprendemos", en caso contrario intentamos con nuevas construcciones o abandonamos la situación como "carente de sentido". A veces no se necesitan grandes cambios en la estructura conceptual del sujeto para comprender los fenómenos; sin embargo, otras veces es necesaria una profunda reorganización de las ideas para encontrar sentido a nuevas experiencias.

Los estudiantes deben activar un proceso analógico haciendo uso de sus propios conocimientos para construir ellos mismos el significado a la situación de aprendizaje. Es necesario estimular a los alumnos mediante actividades diversas que generen la inquietud y curiosidad necesaria para que procedan a su resolución. El profesor diseñará situaciones didácticas para que los alumnos reflexionen sobre sus ideas y le asesorará en todo lo que solicite, pero debe ser el estudiante quién se implique en el aprendizaje.

4) Todos trabajos que impliquen la resolución de situaciones problemáticas son actividades intrínsecas de esta metodología. La resolución de problemas, los trabajos prácticos, y todas aquellas tareas que requieran investigación contribuyen a que el aprendizaje sea significativo.

Todas estas tareas son muy importantes en el aprendizaje, no sólo de los contenidos de las ciencias, sino de su naturaleza y de su método. Cuando el alumno se enfrenta a un *problema* (situación donde predomina la incertidumbre de cómo debemos actuar, teniendo que utilizar procedimientos más complejos que los rutinarios o manipulativos) intenta confrontarlo con las concepciones que tiene en ese momento. Si estas no le sirven para interpretar la situación problemática ni para elaborar estrategias de actuación se darán las condiciones idóneas para iniciar un proceso de reestructuración, en el que posiblemente cambien sus ideas respecto de la temática presente en el problema.

Todo tratamiento de *problemas* propicia el aprendizaje significativo (García y García, 1989) en la medida en que:

- Facilita que se expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que, en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos.

En los *trabajos prácticos* se debe evitar el carácter de simple "receta manipulativa" que muchas veces se les atribuye, echándose de menos que los alumnos no tengan la ocasión de emitir hipótesis, concebir posibles diseños experimentales, analizar críticamente los resultados, etc. (Payá, 1990). Para proporcionar una imagen más adecuada del trabajo científico y de recuperar el papel motivador que las prácticas de laboratorio tienen es necesario concebirlas con una naturaleza lo más próxima a una investigación científica. En Calatayud et al (1980; 1990) pueden encontrarse muchas prácticas, con este carácter de investigación, para cubrir el temario de las ciencias físico-químicas en la enseñanza secundaria.

En la *resolución de problemas* hay que implicar a los alumnos a considerar la situación física en su máxima amplitud, superando la mera manipulación de las expresiones algebraicas. Debe analizar en profundidad y críticamente hasta lo más obvio eliminando el simple juego de datos, fórmulas e incógnitas. Gil y Martínez Torregrosa (1983) proponen un modelo de resolución de problemas como investigación siguiendo los siguientes pasos:

- a) Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideren reinantes, etc.

- b) Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límites de fácil interpretación física.
- c) Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- d) Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
- e) Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límites considerados.

5) La planificación de estrategias metodológicas se concibe como hipótesis de trabajo que pretende guiar la práctica docente. Tiene la naturaleza de instrumento en construcción y adecuación permanente a la realidad educativa y por tanto está sometida continuamente a evaluación.

Las estrategias que se utilizan deben estar sometidas a periódicas evaluaciones. Los alumnos deben contribuir a aclarar cuestiones y problemas de funcionamiento relevantes. Las actividades deben ser evaluadas secuencialmente e individualmente. La secuencia de enseñanza planificada tiene la característica de una investigación/acción a través de la cual el profesor cobra una nueva dimensión, aproximándose la preparación e impartición de las clases a una investigación didáctica aplicada, lo que constituye a dar un mayor interés y efectividad a la tarea docente (Stenhouse, 1975).

Este papel de investigador que adquiere el profesor implica estar en contacto con otros colegas. No debe olvidarse que gran éxito de la experimentación didáctica, al igual que la científica, presupone compartir y discutir los hallazgos, éxitos y fracasos de técnicas y estrategias utilizadas, de actividades desarrolladas, de secuencias de enseñanzas implantadas, de tipos de evaluación efectuadas, de recursos empleados, etc. Además el intercambio de información proporciona una buena dosis de motivación y satisfacción para poderla transmitir luego a los alumnos.

6) El programa de actividades a realizar por los alumnos requiere flexibilidad. Es necesario disponer de un banco de actividades y recursos para ser utilizado según diferentes situaciones, no dando lugar a la improvisación.

En la planificación de la secuencia de las actividades hay que tener en cuenta muchos factores: la estructura de los conocimientos objeto de estudio, las ideas e intereses de los alumnos, el modo como aprenden, el medio en donde se desarrollará la enseñanza, los recursos con los que se cuenta, las ideas y maneras intuitivas de enseñar, etc. Por tanto, no puede pensarse en realizar actividades sueltas e improvisadas, sino en una cuidadosa secuencia de actividades que abarque el contenido del tema objeto de estudio.

Ahora bien, hay que ser conscientes del peligro de rigidez que implica el seguir una a una las actividades programadas. A veces ocurre que nuestros objetivos no coinciden con los que vislumbran los alumnos, o que estos no aprecian el hilo conductor que rige las

actividades, o que las conclusiones a las que llegan no son las deseadas. En estos casos hay que modificar la secuencia y/o las actividades "sobre la marcha", durante el desarrollo de la clase. Esto implica disponer de retroalimentación en varios puntos del proceso, así como un "banco" de actividades alternativas donde, si se cree necesario, se pueda modificar la estrategia.

7) Como el conocimiento es construido por las personas a través de la interacción social y como toda tarea de investigación requiere el trabajo en equipo, la metodología didáctica favorecerá el diálogo y la discusión de los alumnos entre sí y de éstos con el profesor.

Que el alumno sea responsable de su aprendizaje no quiere decir que tenga que trabajar de modo individual. Los aprendizajes se originan en el aula (considerado como un *sistema* complejo) fruto de la interacción entre todos los elementos que lo componen. El aula es un sistema vivo donde sus elementos se definen en función del intercambio y donde el sistema se configura como consecuencia de la participación activa y, en parte, autónoma, de los elementos que intervienen en la comunicación (Pérez, 1985).

Asímismo, dado que los estudiantes tendrán que abordar, para posibilitar la construcción de conocimientos, situaciones no familiares y abiertas (Solomon, 1987) interesa facilitar el diálogo de alumnos entre sí y de estos con el profesor, para así incrementar el nivel de participación y creatividad. El profesor debe jugar un papel activo centrando las intervenciones y realizando, en el momento adecuado, una síntesis aclaratoria. Deberá conocer y utilizar, según las circunstancias, diferentes técnicas: recoger las conclusiones en la pizarra y comentarlas, pedir opinión a un alumno y matizarla, completarla o criticarla, tomar datos de la bibliografía y analizarlos, etc.

En consecuencia es muy importante, para el aprendizaje significativo, que los alumnos se impliquen en el aprendizaje y, para que este sea fructífero deben intercambiar puntos de vista, informaciones y conclusiones con los compañeros y el profesor.

3.3. Estructuración

A partir de los objetivos y principios expuestos, así como del análisis de los modelos didácticos presentados, hemos diseñado una propuesta metodológica para ser tenida en consideración en las aulas universitarias. Al igual que en la mayoría de los modelos anteriores la secuencia de la enseñanza de cualquier concepto, principio o procedimiento está estructurada en tres fases.

A) Fase de *planificación*

El punto de partida de este modelo se basa en la constatación de que la adquisición de aprendizajes significativos requiere que los alumnos sientan la necesidad de encontrar respuesta a algo, o dicho en otras palabras, que para que se produzca el aprendizaje el sujeto debe estar interesado y tener la inquietud de aprender.

El tema que se va a tratar conviene presentarlo lo más ameno posible, quizás mediante alguna actividad de carácter audiovisual o mediante un relato histórico donde se muestre su importancia y evolución. Hay que relacionarlo con los conocimientos que posee el alumno pues cualquier objeto nuevo de conocimiento no debe quedar demasiado alejado de

las construcciones cognitivas que ya tiene el individuo, aunque tampoco debe parecer demasiado semejante a las mismas, pues no surgiría la motivación para aprender.

En esta fase los alumnos deben explicitar las ideas y modelos explicativos que ya tienen en relación con el tema de estudio. Este interesa que esté pactado, lo cual implica que el alumno se ha comprometido a profundizar sobre el mismo. Además de *motivarles*, la afloración de las ideas constituirá un buen instrumento de diagnóstico para el profesor, que le permitirá elegir y orientar situaciones problemáticas.

Cómo técnicas para hacer *aflorar* las ideas se utiliza la enseñanza socrática, la discusión entre los alumnos, la resolución de problemas en pequeños grupos, la observación-discusión basada en el trabajo de laboratorio, la utilización de cuestionarios adecuados, etc.

Las *situaciones problemáticas* que se presentan a los alumnos deben poner en duda sus ideas utilizando contraejemplos y generando conflictos cognitivos. Asimismo deben de ser motivantes, relacionadas con el entorno más próximo y adaptadas a la capacidad y conocimientos del alumno y/o grupo, para que así puedan formular sus propias hipótesis y propuestas de resolución.

B) Fase de *construcción*

Para facilitar la *formulación de hipótesis* se fomentará la discusión y contrastación de pareceres. Aunque en un principio serán ambiguas e imprecisas, servirán de hilo conductor para interpretar las observaciones, los resultados experimentales y la información recogida. Sin ellas la utilización de los instrumentos de investigación resulta carente de interés intelectual para el alumno y favorece su utilización mecánica. Por otra parte, la formulación de conjeturas será el elemento básico que facilite la construcción de ideas y conceptos interpretativos al forzar la coherencia entre lo que se piensa y la objetivización buscada a través de los instrumentos de investigación.

Esta es la fase más compleja pues los alumnos deben de *comprobar* sus hipótesis. Muchas veces necesitarán nuevos conceptos para interpretar la situación planteada. Un agente externo debe encargarse de proveer nuevos términos y definiciones, bien mediante presentación explícita del profesor o a través de *materiales de instrucción*. Estos deben de estar expertamente planificados por el profesor o un equipo de investigación. La eficacia o idoneidad de las actividades de aprendizaje que se seleccionen, constituye un problema empírico y su evaluación requiere investigación. Por tanto, concebimos el aprendizaje del mismo modo que Driver y Oldham (1986) como el *programa de actividades a través de las cuales dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos y adquiridos*.

En la elaboración de los materiales de instrucción es indispensable establecer una secuencia clara de las actividades basada en las posibilidades reales de investigación que ofrece la realidad de los centros universitarios. Por desgracia, debido a la masificación de la gran mayoría de los centros y a la rigidez de la organización, no se pueden utilizar todos los *métodos, recursos y técnicas de investigación* que se deseen.

No debe confundirse el término *actividad* con lo que hace el alumno. En muchos momentos el profesor debe introducir conceptos desconocidos por el alumno y demostrar su potencial explicativo para que luego puedan ser utilizados en la resolución de las situaciones-problema. Asimismo en actividades de introducción a la temática, de recapitulación, de comentario de informes, etc. el grado de participación del profesor es quizás superior al del alumno.

Al final de esta fase, tras la información adicional suministrada al alumno para que *evalúe* sus conjeturas, deben haber conceptualizado y estructurado los conocimientos implicados en la investigación. Se habrán cometido muchos errores hasta llegar a una conclusión clara, pero aprender esto es básico para avanzar más eficazmente en investigaciones posteriores. El aprendizaje mediante este método se basa en el ensayo y error progresivo, que permite la construcción de verdades aproximativas, que adquieren siempre una validez relativa. Los errores, con su consiguiente reelaboración, son fundamentales para la maduración de las estructuras intelectuales y la formulación de conceptos. El resultado de esta fase será, por tanto, la *construcción de* los nuevos conceptos, principios o procedimientos por los alumnos.

Durante todo el proceso de resolución del problema la confrontación de las ideas, pareceres, técnicas y estrategias empleadas, experiencias realizadas, hipótesis verificadas, etc. permite comprender que los conocimientos no son algo elaborado individualmente, sino fruto de un esfuerzo colectivo cuyo camino no siempre está claro y fácil.

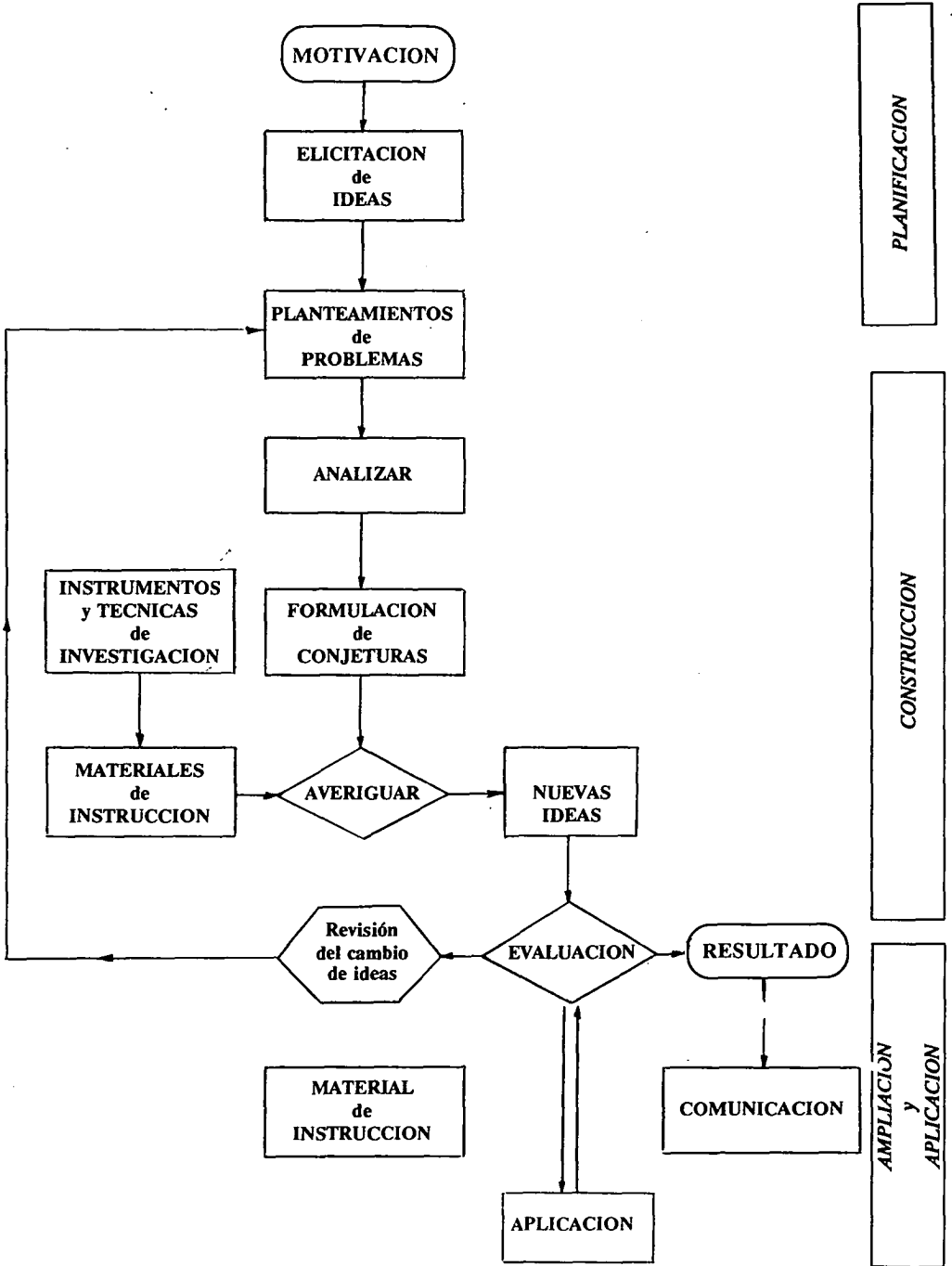
C) Fase de *ampliación y aplicación*

El objetivo de esta fase es favorecer y extender el significado del concepto. Se debe dar a los estudiantes oportunidades para usar las nuevas ideas de varias formas y hacer así que adquieran confianza en las mismas. Se plantearán nuevos problemas, algunos de los cuales requerirán información sobre nuevos conceptos, reiniciándose de nuevo el ciclo de aprendizaje. También se deben diseñar actividades que muestren la *utilidad* de los principios físicos y contribuyan a que los alumnos vean la relevancia y utilidad de lo aprendido.

Al final del proceso se debe hacer reflexionar a los alumnos sobre cómo han cambiado sus ideas, realizando comparaciones entre su pensamiento actual y el inicial. Conviene, por tanto, recoger en algún lugar las ideas primitivas para así poder observar la evolución de las mismas tras la instrucción. La utilización de diagramas conceptuales (Novak y Gowin, 1988) antes y después de la temática a tratar es una buena técnica para que el alumno pueda reflexionar sobre su grado de aprendizaje.

El ciclo puede ser utilizado con grados diversos de estructuración y directividad por parte del profesor. La interacción entre alumno-alumno y alumno-profesor son de suma importancia en el proceso de aprendizaje. Así en muchos momentos del proceso proponemos el trabajo en grupos de tres o cuatro alumnos.

En el diagrama de la página siguiente hemos representado la sintaxis de las fases.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUSUBEL, D.P. (1978): *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México.
- BARNES, D. (1976): *Lenguaje, the Learner and the School*. Penguin Books. Hammondsorth, Inglaterra.
- CAÑAL, P. (1987): "Un enfoque curricular basado en la investigación". *Investigación en la escuela, 1*, 43-50.
- CALATAYUD, M.L.; FURIO, C. et al (1980): *Los trabajos prácticos de química como pequeñas investigaciones*. I.C.E. de la Universidad de Valencia.
- CALATAYUD, M.L.; GIL, C. et al (1980): *Los trabajos prácticos de física como pequeñas investigaciones*. I.C.E. de la Universidad de Valencia.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1985): "La 'metodología de la superficialidad' y el aprendizaje de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias, 3*, 113-120.
- DRIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las ciencias, vol 4(1)*, 3-15.
- ERICKSON, G.L. (1979): "Children's conceptions of heat and temperature". *Science Education, 63*, 221-230.
- GARCIA, J.E. y GARCIA, F.F. (1989): *Aprender investigando*. Sevilla, Diada Editoras.
- GIL, D. (1983): "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias, vol 1*, pp 26-33.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985): "Science learning as a conceptual and methodological change". *European Journal of Science Education, 7 (3)*, 231-236.
- GIL, D. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1983): "A model for problem-solving in a accordance with scientific methodology". *European Journal of Science Education, 5 (4)*, 447-455.
- HODSON D. (1985): "Philosophy of science, science and science education". *Studies in Science Education, 12*, 25-57.
- JOYCE, B. y WEIL, M. (1985): *Métodos de enseñanza*. Madrid, Anaya.
- KARPLUS, R. (1977): *Science Teaching and the Development of Reasoning*. University of California. Berkeley. California.
- KUHN, TH.S. (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- MARTIN DIAZ, M.J. y KEMPA, R.F. (1991): "Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las ciencias en función de sus características motivacionales" *Enseñanza de las Ciencias, 9 (1)*, 59-68.
- NEEDHAM, R. (1977): "Teaching strategies for development understanding in science". *Children's Learning in Science Project*. University of Leeds.
- NOVAK, J.D. (1979): "The reception learning paradigm". *Journal of Research in Science Teaching, 16*, 481-488.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, Ed. Martínez Roca S.A.
- NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. y JOHANSEN, G.T. (1983). "The use of Concept Mapping and Knowledge vee mapping with junior High School Science Students". *Science Education, 67 (5)*, 625-645.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1981): "Brain storming in the classroom to invent a model: a case study". *School Science Review, 62*, 221, 771-778.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1982): *A study of conceptual change in the classroom*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva near Chicago.
- OSBORNE, R.J. y WITTROCK, M.C. (1983): "Learning Science: a generative process" *Science Education, 67 (4)*, 489-508.
- PAYA, J. (1990): "Los trabajos prácticos de Física y Química: una revisión bibliográfica". *Enseñanza de las ciencias, 8 (2)*, 151-185.
- PEREZ, A. (1985): *Paradigmas contemporáneos de investigación didáctica. La enseñanza, su teoría y su práctica*. Maedrid, Akal.
- POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982): "Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change". *Science Education, 66 (2)*, 211-227.
- PUYOL BALCELLS, J. y FONS MARTIN, J.L. (1981): *Los métodos en la enseñanza universitaria*. Eunsa. Navarra
- RENNER, J. (1982): "The power of purpose". *Science Education, 66 (5)*, 709-716.
- ROWELL, J.A. y DAWSON, C.J. (1983): "Laboratory counter examples and the growth of understanding in science". *European Journal of Science Education, 5(2)*, 203-215.
- SOLOMON, J. (1987): "Social Influences on the Construction of pupil's understanding of science". *Studies in Science Education, 14*, 63-82.
- STHENHOUSE, L. (1975): *An introduction to curriculum research development*. London, Heinemann.
- VALCARCEL, M.V. et al (1990): *Problemática didáctica del aprendizaje de las ciencias experimentales*. Universidad de Murcia.