

Este es un resumen de algunas de las lecturas, cursos y enseñanzas que se imparten en el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Facultat de Ciències de l'Educació de la Universitat Autònoma de Barcelona. El interés de la publicación de este resumen es el de promover la discusión y el acercamiento de los profesores interesados en la Educación Química en México.

# La didáctica de las ciencias: una necesidad

Margarita Rosa Gómez Moliné,<sup>1</sup> y Neus Sanmartí Puig<sup>2</sup>

## Abstract

Through the years, the teaching of science has become a discipline with its own paradigms, theories and methods. This paper describes the main advances in the field, from the standpoints of philosophy and didactics, as well as the main strengths and weaknesses of each different school of thought in this area.

## Introducción

A diferencia de siglos pasados, la concepción actual de la realidad está determinada por el conocimiento científico y sus aplicaciones tecnológicas, que al estar en continuo avance obligan a una constante revisión, evaluación y actualización de los planes y programas de estudio.

A mediados de este siglo se desencadenó un fuerte cuestionamiento del sistema de enseñanza de las ciencias que dio lugar a investigaciones específicas en este campo. Se multiplicaron las publicaciones sobre el tema y se evidenciaron problemas, dificultades, carencias y necesidades relativas al aprendizaje.

Para tratar de resolverlos, además de profundizar en el estudio de la ciencia en particular y de la pedagogía en general, se sumaron las investigaciones de profesionales de otros campos del conocimiento, como psicólogos, epistemólogos, historiadores de la ciencia, pedagogos y sociólogos. Se empezó a considerar que el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias presentaba características y dificultades propias, y que su estudio estaba vinculado con diversas áreas, pero sin poderlo considerar como una sub-área de ninguna de ellas. Esta nueva área del cono-

cimiento se designa como Didáctica de las Ciencias y posee un marco teórico específico y propio: transmitir la cultura científica generada a través de los siglos de forma que los individuos puedan aplicarla y hacerla evolucionar.

Las investigaciones han llevado a un cambio de los paradigmas existentes y han originado diversos modelos de enseñanza que conducen a los cambios que sorprenden a los docentes cuando no han tenido ocasión de dar seguimiento a las investigaciones. Estos modelos son considerados como *modas de la enseñanza* y no son aceptados fácilmente por todos los profesores (Sanmartí, 1993). Por ejemplo, a pesar de que en su práctica diaria en el aula acostumbran a describir detenidamente la evolución de los diferentes modelos del átomo que permiten aproximarse cada vez más al conocimiento de su estructura, son reacios a aceptar el cambio evolutivo del modelo de enseñanza.

El presente estudio resume algunas de las investigaciones epistemológicas y psicológicas en que se basa la Didáctica de las Ciencias para poder explicar los diferentes modelos de enseñanza que coexisten en la actualidad.

Debido a que detrás de cada modelo de enseñanza existe un concepto de ciencia con sus teorías y leyes para mostrar una interpretación de la realidad, el análisis del desarrollo de los diferentes modelos puede ayudar a los docentes de las ciencias a explicitar los puntos de vista sobre la construcción del conocimiento. Las ambigüedades en los conceptos pueden conducir a asumir implícitamente concepciones sobre la naturaleza de la ciencia (por ejemplo, de tipo positivista) a pesar de formar parte de un programa de enseñanza correspondiente a otro modelo (por ejemplo, constructivista).

Las investigaciones llevadas a cabo por Kuhn, Toulmin y Lakatos obligaron a replantear la necesidad de un nuevo modelo epistemológico y por otra parte la recuperación de los trabajos de Vigostky y los planteamientos de Ausubel aportaron un nuevo enfoque psicológico a la enseñanza que dan origen a los modelos conocidos como "constructivistas".

(1) Profesora de Química de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

(2) Profesora titular de la Facultat de Ciències de l'Educació, Universitat Autònoma de Barcelona.

Recibido: febrero 29 de 1996; Aceptado: abril 5 de 1996.

## PRIMERA PARTE

### 1. Cómo se genera la ciencia:

#### Fundamentos epistemológicos

A los profesores de ciencias les gusta su materia y valoran la comprensión que su estudio les ha aportado acerca de los diferentes fenómenos del mundo físico. Valoran el pensamiento científico y lo consideran racional, por eso les es difícil aceptar el rechazo de los alumnos al estudio de las ciencias y las dificultades que entraña su enseñanza (Izquierdo, 1992).

Una forma de facilitar su tarea, es la búsqueda de cuáles son los aspectos esenciales que hacen que su materia sea una más de las manifestaciones de la interacción inteligente de los seres humanos y su entorno. La reflexión sobre estos aspectos esenciales, necesarios para fundamentar la actividad docente, nos acerca a la parte de la filosofía que se ocupa del pensamiento humano sobre el mundo y sobre sus actuaciones. Es aquella que nos permite superar las apariencias y distinguir y eliminar algunas de las contradicciones y dificultades que se presentan en la labor docente.

El estudio de la naturaleza ha sido una aventura que caracteriza a la civilización occidental, que hemos recibido como un conjunto ordenado, lógico, justificado, y hasta cierto punto cerrado, de ese conocimiento que se ha transmitido por generaciones a través de libros y profesores y que hasta el siglo pasado se conoció como la *Ciencia*.

La epistemología (una parte de la filosofía) de las ciencias permite transponer los conocimientos que ha elaborado la ciencia y cuestionar sobre el valor de sus métodos y de las interpretaciones que ofrece la naturaleza.

#### Las diferentes escuelas

Desde la antigüedad se formaron dos grandes corrientes de pensamiento para explicar cómo se genera el conocimiento: la escuela empirista y la escuela racionalista.

##### *El empirismo*

Los empiristas (Bacon, Hume, Locke) establecen que la verdad existe y que puede ser hallada a través de los experimentos (Mellado y Carrecedo, 1993). Explican la formación del conocimiento a partir de los datos suministrados por la experiencia y establecen un método científico, inductivo y riguroso, apoyado en datos experimentales. Esta corriente ha tenido muchos seguidores, entre ellos los positivistas, y un

importante papel a principios de este siglo en el llamado Círculo de Viena, donde los positivistas lógicos aspiraban a reformar las ciencias de tal forma que todos sus términos fueran observacionales. Esta corriente se ha visto impugnada por varios motivos, entre ellos, la demostración de que no podía haber observaciones objetivas, que éstas dependían del conjunto de ideas previas a partir de las cuales se hacía la observación y que la generalización no podía aportar más conocimientos que los aportados por las informaciones en las que se basa. Desde el punto de vista cognitivo acepta la inducción como una de las formas de obtener conocimiento, a pesar de no ser lógicamente demostrable.

##### *El racionalismo*

La escuela racionalista, por el contrario, destaca la importancia que la razón y los conceptos creados por la mente tienen en el proceso de formación y fundamentación del conocimiento científico. Esta escuela fue desarrollada por Descartes y continuada por Kant un siglo después, llevando a cabo una síntesis de las dos corrientes filosóficas. Estableció que todo conocimiento científico tiene su origen en la experiencia de los sentidos, pero debe, sin embargo, ser encuadrado en estructuras mentales trascendentes para convertirse en un conocimiento científico.

Este modelo presenta a la ciencia como un conjunto de conocimientos racionalmente válidos para explorar y describir la realidad, con su propio método para descubrirlos y apoyarlos. Está formado por conocimientos acabados y justificados, representa un saber bien fundamentado, y da una imagen de racionalidad indiscutible que rechaza las explicaciones de los fenómenos en que intervienen fuerzas o entidades que escapan a la experimentación o que contradicen las reglas de la lógica.

##### *El falsacionismo*

La aportación de Popper significa un avance respecto al empirismo y al racionalismo, aceptando que cuando se trata de la elección entre dos teorías rivales, es posible llevarla a cabo contrastándolas con hechos conocidos y con predicciones que puedan ser comprobadas experimentalmente, o bien, apoyadas por argumentos hipotético-deductivos y que mediante conjeturas y refutaciones se puedan conseguir progresivamente teorías más verosímiles. Una vez establecida la alternativa corresponde a los científicos decidir sobre las teorías que han pasado las pruebas (Llorens, 1991).

*Las revoluciones científicas: el historicismo*

A su vez, la historia de los descubrimientos científicos y la forma de trabajar de los investigadores demuestra que el avance de la ciencia no es lineal y contrasta con el rigor científico racionalista. En los años sesenta, los filósofos de las ciencias inician un debate que todavía perdura. Este debate parte de las dificultades de justificar el rigor del método y de contrastar el modelo de ciencia racionalista con la historia de los descubrimientos de los conocimientos científicos. Si se afirma que la ciencia es racional, hay que demostrar que su progreso también lo es, y que lo es también la modificación de sus teorías.

Ante esta contradicción, Kuhn supone que la actividad científica es dirigida por un conjunto de paradigmas que determinan la naturaleza de los problemas, colocando en lugar central los factores socio-psicológicos para explicar la evolución de las ciencias. Cuestiona la metodología para abordarlos y el marco conceptual en que se difunden influenciado por los medios de comunicación. El punto central de la teoría de Kuhn es el cambio relativamente brusco de la sustitución de paradigmas, cuando el paradigma vigente se muestra incapaz de abordar nuevos problemas y se produce una crisis de la que surge un nuevo paradigma. La principal aportación de esta investigación es haber enfocado la atención en el origen de los cambios y en la valoración de la forma en que los individuos perciben la realidad.

Esta teoría se enfrenta con la dificultad de evaluar paradigmas diversos debido a la imposibilidad de formular los conceptos de cada uno de ellos en los términos del otro, ya que pertenecen a enfoques tan diferentes que los hacen incommensurables. En el enfoque cognitivo se considera en cambio, que existe una parte común a los paradigmas que permite un cierto grado de comparación.

*El falsacionismo metodológico*

Lakatos recoge las teorías de Popper y Kuhn señalando que las teorías científicas no son sustituidas simplemente porque sus hipótesis puedan ser refutadas experimentalmente, sino que la historia de las ciencias puede ser descrita en términos de competencia entre programas de investigación alternativos (Mellado y Carrecedo, 1993). Estos programas se evalúan por su capacidad de explicar con éxito nuevos modelos.

En 1986, Laudan establece que la ciencia es una actividad que funciona sobre base de preguntas (problemas) y respuestas (teorías), que se desarrollan

según tradiciones de investigación. El cambio no es brusco. Considera que la ciencia está evolucionando constantemente y no establece una diferencia radical en la transición de un modelo a otro. Su modelo, sin embargo, está en contraposición con el modelo de jerarquías aceptado por el Círculo de Viena, ya que establece tres puntos de partida: *metodología, hechos y axiomas*, de tal forma que ninguno de los tres niveles se considere más importante que los demás.

*El evolucionismo*

Las obras de Chalmers y Toulmin presentan un modelo de síntesis donde las teorías y métodos están en evolución. Consideran que los racionalistas puros que rechazan la inducción pueden llegar a contradicciones que rompan la conexión con el mundo real. Proponen, por lo tanto, que si las ciencias son racionales, tienen una meta: comprender la realidad mediante teorías explicativas. Se trata de un racionalismo moderado capaz de cambiar una teoría cuando el científico lo considere necesario. Definen una verdad independiente de los hechos, relacionada con la capacidad de comprenderlos y explicarlos. Admite que el científico está inmerso en su época e influenciado por ésta, que puede establecer su propia escala de valores, pero que sus decisiones deben ser científicas y por lo tanto las teorías y los métodos serán evolutivos.

Existe una propuesta independiente debida a Feyerabend que rechaza cualquier método científico y considera que la ciencia es sólo una tradición más de la humanidad, pero que tiene un trato privilegiado en la sociedad actual. Opina que la inmensidad del cosmos propicia incontables teorías aunque no tengan conexión entre ellas. No acepta que las observaciones puedan existir sin un componente ideológico. Este autor forma parte de una corriente relativista que acepta que cualquier teoría vale y que prosperan unas u otras por razones externas a la ciencia.

*El cognitivismo*

Actualmente se están desarrollando un grupo de conceptos relacionados con las ciencias de la cognición apoyados principalmente en la *teoría cognoscitiva unificada de la ciencia* (Giere, 1992). Según esta teoría, la ciencia sería una actividad cognitiva —una más de las que el ser humano es capaz de realizar— que tiene la finalidad de generar conocimientos. Esta corriente propone estudiar el carácter estático y el dinámico del conocimiento. Al margen de los filóso-

fos y los sociólogos trata de establecer una disciplina para explicar la ciencia. Esta postura es llamada realismo naturalista. Es realista porque considera que las teorías plantean una cierta representación del mundo, y naturalista porque pretende explicar los juicios y decisiones científicas a partir de los mismos criterios de los científicos y no de los principios generales. La idea central es la noción del modelo teórico, entendido en términos de representación cognitiva.

El modelo teórico de Giere es considerado como un medio a través del cual los científicos representan al mundo y las teorías científicas son representaciones mentales. No pretende llegar a la verdad o falsedad sino a una similitud en ciertos aspectos y para propósitos determinados.

Hasta este momento se conoce cómo ha evolucionado y se ha concebido la ciencia, pero no se sabe cómo se concebirá en el futuro. Se sabe que no es la búsqueda de la verdad absoluta, pero sí se sabe que es un trabajo riguroso de relación entre un mundo físico con existencia objetiva y una sociedad interesada en comprenderlo.

Desde esta perspectiva de síntesis los modelos actuales tienden a un racionalismo moderado (Izquierdo, 1992) que considera que la observación depende de la teoría y que los conceptos adquieren su significado en la teoría, se formulan en su lenguaje y serán tan precisos como lo sea la teoría.

Aceptan que si este conjunto se desconecta de la realidad se pierde la meta científica porque caen en el relativismo (cualquier teoría es validada y prospera debido a causas externas a la ciencia), en el idealismo (el mundo es como lo vemos) o en el instrumentalismo (las teorías sólo sirven para manipular el mundo).

El contrapunto necesario es una concepción realista moderada, pero no ingenua, de las teorías científicas y de la inducción, a fin de conectar con la realidad.

Podemos afirmar, de acuerdo con Chalmers (1987), que el progreso científico tiene unos objetivos propios, un estilo de trabajo propio —la experimentación—, un lenguaje propio —matemático— y una serie de oportunidades de desarrollo diferentes para cada teoría rival, que serán las que atraerán a los científicos.

## 2. Cómo se aprende: fundamentos psicológicos

La creencia de que *el maestro nace, no se hace* y de que *la enseñanza es un arte* está relacionada con el empi-

rismo y el practicismo que han caracterizado la educación hasta hace unas décadas. Durante mucho tiempo se ha considerado que podían aprenderse contenidos científicos organizados sin considerar los procesos mediante los cuales se estructuran y adquieren significado en el estudiante. La exposición ordenada de las leyes, teorías y descripciones, era memorizada por el estudiante que debía reforzarla con el apoyo de un texto. Se creía que si la exposición había sido clara y el estudiante había puesto atención, la comprensión debía darse automáticamente.

Esta visión del aprendizaje se mantuvo mientras sólo una minoría seleccionada tenía la oportunidad de llegar al estudio de las ciencias. Era la minoría que se preparaba para puestos directivos en una sociedad que empezaba a industrializarse. Al desarrollarse la tecnología, la industria y los servicios demandaron cada vez más personal calificado para poder desempeñar puestos de trabajo en las fábricas, la comunicación, los transportes y la informática, entre otros.

Esta situación propició la masificación de la enseñanza y la aparición del problema que representa el elevado porcentaje de fracaso escolar, lo que llevó a cuestionar esta visión del aprendizaje.

Aparecieron críticas sobre los objetivos de la ciencia y de su enseñanza. Concretamente para Maxwell (1992) la ciencia y la tecnología deben contribuir a la creación de un mundo mejor en vez de llevarlo a un desastre humano y social. Las acusa de considerar únicamente pensamiento racional al pensamiento académico, dejando de lado la posibilidad de que los sentimientos, deseos, intenciones, valores y afectos puedan considerarse también racionales.

La psicología en general y la psicología de la educación en concreto han contribuido de manera decisiva a neutralizar esta situación y a mostrar la posibilidad y la conveniencia de sistematizar los procesos educativos. Debray (1980), por ejemplo, explica cómo la inteligencia de los alumnos funciona de acuerdo con unos procesos específicos, relacionados estrechamente con aquello a lo que se aplica.

Esta visión de la educación permite que la enseñanza de las ciencias, hasta hace poco dirigida a la formación de futuros universitarios, se dirija a la formación de una sociedad que posea una mayor comprensión de los fenómenos naturales y de la tecnología que está a su alcance.

Para alcanzar estas metas se han desarrollado numerosos proyectos (Garritz, 1994) que se conocen bajo el nombre de “Ciencia, Tecnología y Sociedad”

de los que forman parte *Chemistry and Community* (ChemCom) de la American Chemical Society de EUA; *Chemical Education for Public Understanding Program* (CEPUP), de la Universidad de California, EUA; *Science and Technology in Society* (SATIS) promovido por la Asociación para la Enseñanza de las Ciencias en el Reino Unido, ciencia con una perspectiva europea y con intención de favorecer el intercambio entre escolares de diferentes países.

En la misma línea se desarrolló el proyecto Gaia y el *Aprendizaje de los productos químicos. Sus usos y aplicaciones* (APQUA) en colaboración con CEPUP (Caamaño, 1995).

Pero hay que considerar que detrás de todos estos proyectos se desarrollaron diversas teorías de acuerdo con la época y a la teoría epistemológica predominante.

#### *El conductivismo*

A partir de los años 50 se desarrolla la teoría conductista, dentro del marco racionalista, relacionada con el avance de la epistemología y de acuerdo a las necesidades de una sociedad que deseaba un avance en las ciencias.

Esta teoría intenta relacionar todos aquellos factores observables que influyen desde el exterior (estímulos) en una persona. La conducta resultante que puede ser observada es la respuesta a través de mecanismos de causa y efecto. Pretende conseguirlo con una objetividad científica (ya que sólo lo observable es científico) y no se interesa por las funciones mentales. El conductivismo influyó mucho en la enseñanza desarrollando una teoría que supone que el aprendizaje se produce por asociación y que cualquier actividad humana compleja debe aprenderse a partir del estudio de sus unidades constitutivas más simples hasta las más complejas, puesto que el aprendizaje se produce por agregación de unidades.

Pero a pesar de sus innegables aportaciones se ha cuestionado fuertemente su objetividad, la imagen fragmentada de conocimientos y la génesis de pensamientos y conductas a simples relaciones causales.

#### *El cognitivismo*

A partir de entonces, se ha dado más énfasis al estudio de los mecanismos que dan lugar al aprendizaje; es decir, cómo se aprende, formándose la corriente cognitivista, cuyo propósito es el estudio del pensamiento humano.

Dentro de esta corriente se desarrolla la teoría

del aprendizaje jerárquico de R. Gagné (Aliberas, 1989). Éste es un aprendizaje que adopta teorías de asociación conductivistas y cognitivas, distinguiendo ocho fases sucesivas de todo aprendizaje: *motivación, aprehensión, adquisición, retención, recuerdo, generalización, ejecución y retroalimentación*. En cada una de las fases se activa un proceso psicológico distinto e intervienen diversos estímulos externos que pueden ser manejados para que se produzca el aprendizaje.

Las investigaciones sobre este tipo de aprendizaje muestran que sus limitaciones provienen de su falta de capacidad para explicar la naturaleza constructiva del recuerdo y la existencia de teorías espontáneas generadas por el alumno. Posteriormente se ha comprobado que la estructura total del conocimiento no es la suma de las partes sino que tiene una dinámica propia.

#### *El estructuralismo*

Con estas bases se desarrolla el aprendizaje por reestructuración que es un enfoque antiatomístico correspondiente a las ideas estructuralistas de los psicólogos de la Gestalt. Parte de dos supuestos: primero, no sólo se recibe la información, sino que el sujeto receptor la procesa, la elabora y la codifica, es decir, la reestructura. Segundo, la cantidad de la información almacenada está limitada por la capacidad de la memoria, pero depende de la calidad del procesamiento y de su cantidad.

#### *El aprendizaje genético*

Aparece en esa época la epistemología desarrollada por Piaget, que ha tenido importantísimas consecuencias en la enseñanza de las ciencias porque ha sensibilizado a los docentes sobre la necesidad del apoyo personal, aunque de hecho no propuso una nueva teoría del aprendizaje, sino que estableció los fundamentos del conocimiento ayudándose de la psicología.

Su punto de vista es dinámico porque se refiere a cómo se genera el conocimiento y cómo se desarrolla la inteligencia, a la cual concibe como una forma de adaptación del individuo al medio en que vive. Esta adaptación consta de dos mecanismos, la asimilación de elementos exteriores y la acomodación cuando se modifica una estructura debido a los elementos asimilados. Considera que para que se produzca un progreso en el conocimiento ha de existir un conflicto cognitivo consciente a partir del cual el sujeto modifique sus esquemas, es decir, aprenda.

Coincide con otros estructuralistas, postulando la existencia de estructuras cognitivas comunes a todos los miembros de la especie humana, y que el desarrollo sigue leyes naturales que permiten superar una serie fija de etapas, cada una de ellas con unas estructuras cognitivas características, correspondientes a edades determinadas, a las cuales toda la población acabaría por acceder: *el periodo sensorio-motor*, *el periodo de la inteligencia representativa* (el de las operaciones concretas y el pre-operativo) y *el periodo de las operaciones formales*.

Con esta clasificación introduce una cierta pre-determinación en la educación que no explica el caso de aprendizajes tan poco naturales como son los de las ciencias. Con la defensa indirecta de la enseñanza por descubrimiento introduce en su obra una confusión entre aprendizajes naturales y artificiales.

Con Piaget se llega a la paradoja del aprendizaje, pues si se aprende por reestructuración, debe suponerse que lo que se aprende ya estaba presente antes del aprendizaje y por lo tanto no hay aprendizaje (Izquierdo, 1992).

#### *El aprendizaje asimilativo*

Por otra parte, la teoría de Ausubel, extensamente divulgada, se centra en los aprendizajes específicos. Según este autor existen dos modelos extremos de aprendizaje y todos los aprendizajes reales serán casos intermedios de estos dos:

*Un aprendizaje significativo* que se produce cuando elementos exteriores se relacionan de manera no arbitraria sino sustancial e intencionada con parte de la estructura cognitiva de quien aprende, y *el aprendizaje memorístico* en el cual esta relación con conocimientos previos no existe. Se considera que el aprendizaje memorístico es importante en determinados momentos, pero a medida que se acumulan los conocimientos se requiere establecer relaciones significativas entre ellos para reestructurar los conocimientos.

El aprendizaje de estructuras complejas como las que requiere la química debe ser significativo, precisa que el material a aprender esté estructurado en forma lógica; que corresponda a la estructura de la disciplina, y que la estructura cognitiva del estudiante presente ideas inclusoras (conceptos estructurantes) que permitan que el nuevo material se relacione con conocimientos previos. Esto indica que los conocimientos se reciben, pero el aprendizaje significativo es fruto de una estructuración individual.

En la teoría de Ausubel, las ideas preconcebidas del alumno, aprovechadas para construir el nuevo conocimiento, pueden presentar continuidad o bien ser contradictorias. En este caso, el nuevo conocimiento será sólo memorizado, pero no será significativo.

Las ideas preconcebidas o preconceptos pueden ser ideas incorrectas basadas en errores de observación o de rigor lógico de los razonamientos, pero también pueden ser paradigmas individuales, elaborados por el alumno para interpretar su propia experiencia y por lo tanto visiones útiles del mundo, que deben ser respetadas.

Esta teoría considera que el conocimiento es estático y acumulativo. Es una teoría útil para organizar aprendizajes y forma parte de la ciencia *normal*. El inconveniente es que deja aparte los cambios conceptuales trascendentes. En cambio, Piaget habla de desarrollo como algo más que la suma de aprendizajes, lo considera un proceso para obtener el conocimiento.

Cuando se considera que el conocimiento estructurado sin el correspondiente conocimiento del proceso seguido conduce a un dogmatismo, ya que el saber *que* pero no saber *cómo* impide la verificación de una afirmación, es cuando se puede concluir que las teorías de Ausubel y Piaget deben considerarse más como complementarias que como excluyentes.

#### *El enfoque socializante*

En 1962 se presentó al público inglés la obra de Vygotski, escrita en los años veinte, así como otros avances de la psicología soviética que influenciaron fuertemente el pensamiento inglés (Coll, 1988). En la obra de Vygotski se encuentra un fuerte cuestionamiento sobre las teorías de la época, las considera incapaces de proporcionar una explicación global de los procesos psicológicos y se muestra convencido de que ni la psicología de la introspección, ni la psicología constructivista pueden explicar los procesos mentales de tipo superior como son la resolución de problemas o el pensamiento productivo.

Propone la conciencia como objeto de estudio de la psicología para señalar un camino que permita explicar de forma unitaria desde los procesos sensoriales elementales hasta los procesos superiores y la idea de que los sistemas de signos y en particular, el lenguaje, son herramientas intelectuales de origen cultural que permiten al hombre modificar su conciencia.

Propone, también, considerar los procesos men-

tales de tipo superior como un conocimiento de origen cultural e histórico acumulado por la humanidad y transmitido a las nuevas generaciones mediante el proceso de socialización y la enseñanza formal; la tesis de internalización progresiva del conocimiento a través de la acción y de la actividad; el método genético-experimental, que consiste en estudiar los procesos psíquicos desde las perspectiva de su origen y de su desarrollo.

Es remarcable la importancia que asigna a la influencia escolar y a la interacción con el adulto (Llorens, 1991) introduciendo el concepto de “zona de desarrollo potencial” que corresponde a aquellas adquisiciones o habilidades accesibles al alumno a través de la interacción con otro compañero más aventajado. Éste podría ser un concepto de elevado poder explicativo cuando se trata de relacionar la diversidad, complejidad y dependencia del contexto que se halla en los esquemas conceptuales de los alumnos.

Todos estos elementos y muchos más del pensamiento de Vygotski consituyen en realidad una aplicación psicológicamente importante del materialismo histórico y dialéctico.

#### *La generación de esquemas*

Si no se comprenden los errores que han originado los preconceptos, difícilmente se puede progresar en términos de enseñanza. Este vacío trata de superarlo la psicología del procesamiento de la información aportando descripciones más detalladas de los procesos cognitivos, que no fueron considerados por el conductivismo.

Está basado en una metáfora informática, consiste en el procesamiento de información y el aprendizaje por generación de esquemas, que presupone que el sistema cognitivo humano dispondría de unos sistemas de entrada de información, de una base de datos que contienen tanto la información como las reglas para manejarla, y una salida de información. El conocimiento se halla organizado en redes de proposiciones constituidas por esquemas. Estos esquemas se han formado como consecuencia de la interpretación del individuo de las distintas situaciones que ha vivido y son sus teorías particulares relativas a las experiencias. El crecimiento se rige por leyes asociativas y produce la acumulación de nueva información. Si no existen previamente esquemas que puedan integrar esta información, se producen nuevos esquemas que puedan hacerlo, por reestructuración de los esquemas previos.

El papel activo atribuido al estudiante hace necesario que él mismo sea consciente de la validez de sus conceptos, entrelazados entre sí formando redes para captar el mundo exterior. También en este modelo se insiste en que no puede sostenerse en la actualidad la antigua idea de que pueden aprenderse los procesos para obtener información con independencia del contenido informativo.

Las críticas al procesamiento de la información van dirigidas a que no se logra el objetivo inicial del planteamiento consistente en una comprensión global del pensamiento humano real. Esta visión de conjunto debiera superar la tendencia conductivista a la fragmentación y sin embargo, ha desarrollado pequeños modelos de sistemas, más que mecanismos de causa y efecto. Los problemas que resuelve la computadora y los que resuelve la mente son diferentes. La mente busca información y elabora respuestas dirigidas a metas relativas a su entorno y aprende estrategias sobre la marcha. La computadora es un receptor pasivo que procesa la información codificada simbólicamente y da respuestas en forma simbólica y requiere modificaciones del programa para cambiar de estrategias.

Las cuestiones relacionadas con la supervivencia, la integración en una sociedad, la reproducción y la participación en la cultura, en resumen, *las emociones*, que los estudios cognitivos suelen considerar superfluas, son las que ocupan en lugar preponderante en el sistema regulador y en el cognoscitismo puro, reconociendo la importancia que tienen en el comportamiento humano.

#### *El “constructivismo”*

Las teorías que conciben el aprendizaje como una construcción activa de saberes significativos reciben el nombre de “constructivistas” y son las que, actualmente, ofrecen posibilidades más atractivas para la didáctica de las ciencias y se adaptan mejor a los objetivos propuestos por la sociedad (Aliberas, 1989).

En el “constructivismo” convergen las teorías de Piaget, Ausubel y Vygotski, así como las de generación de esquemas (procesamiento de la información).

Pero cuando se emplea el término “constructivismo” no se refiere tanto a las investigaciones sobre cómo los estudiantes desarrollan su pensamiento en abstracto, sino cómo aprender determinadas materias y contenidos. En este campo, los psicólogos, los científicos y los profesores trabajan conjuntamente y

esta relación ha originado un avance importante en la comprensión de los procesos de aprendizaje.

Existen dos principios básicos en el que converge el pensamiento “constructivista” (Sanmartí, 1995): la idea de que el pensamiento es activo en la construcción del conocimiento, es decir, que el aprendizaje es más una consecuencia de la actividad mental del que aprende que de una acumulación de informaciones y procedimientos, y la idea de que los conceptos son inventados más que descubiertos, es decir, el que aprende construye formas propias de ver y explicar el mundo, cosa distinta de pensar que a través de su actividad redescubre los conceptos y teorías propias de la ciencia actual.

Driver (1986), resume las características de una nueva manera de concebir el aprendizaje, que tiene éxito creciente en la actualidad entre los profesores de ciencias.

Considera que se basa en los tres aspectos siguientes:

- Encontrar las ideas anteriores del alumno y determinar las relaciones necesarias entre lo que se va a enseñar y lo que ya sabe el alumno, porque lo que “hay” en el cerebro de los alumnos es muy importante.
- Hallar los puntos de vista alternativos del alumno y proveerle de material, de tal forma que quede estimulado para reconsiderar o modificar tales puntos de vista y pueda encontrar sentido para establecer relaciones.
- Encontrar los significados y conceptos que haya generado el que aprende, ya que a partir de sus conocimientos, de sus actitudes, habilidades y experiencias se van a determinar los modos de que el mismo genere nuevas significaciones y conceptos que le sean de utilidad personal, debido a que quien aprende construye activamente significados.

Existen diferentes formas de entender el constructivismo, más radical en el caso de las matemáticas, o bien como un proceso social de culturalización científica en el campo de la didáctica de las ciencias. El modelo teórico de “constructivismo” adoptado para explicar el aprendizaje científico y generar hipótesis de trabajo estará relacionado con la materia a enseñar. Lo que marca diferencias es que no es lo mismo enseñar a pensar lógicamente que enseñar a pensar mediante teorías (Izquierdo, 1993).

Entre las muchas discrepancias que existen en torno al “constructivismo” es interesante pensar si se

puede hablar tanto de enseñanza como de aprendizaje, ya que para algunos no es adecuado hablar de enseñanza “constructivista”, ya que está en contradicción en la idea definitoria del “constructivismo”, entendido como proceso de autoaprendizaje.

De todo ello derivan *buenas prácticas constructivistas* de actuación en el aula, favorecedoras de la actividad constructiva y reconstructiva del que aprende y en que las que éste puede tomar la responsabilidad de su aprendizaje, de negociarlas con los demás y de autorregularlas.

Las investigaciones llevadas a cabo en los últimos años indican que tanto los estudiantes que han aprendido bien las ciencias como los que lo han hecho superficialmente utilizan teorías para interpretar los fenómenos físicos y químicos y para resolver problemas. Las diferencias entre ambos grupos radican en el tipo de teorías que unos y otros utilizan y que difieren profundamente de las teorías científicas que pretende enseñar el docente. Estas teorías espontáneas de los estudiantes son tarea de las actuales investigaciones para explicar la actividad mental de los estudiantes.

Conocer cuál es la estructuración conceptual de los estudiantes se convierte en una de las tareas más importantes del docente, previa, incluso, a la planeación de la enseñanza.

## SEGUNDA PARTE

### 3. Evolución de modelos de enseñanza de las ciencias

Los profesores que tienen que llevar a término los objetivos que plantea la enseñanza de las ciencias en cada nivel y en cada país seleccionan determinados contenidos, programan distintas actividades a realizar con los estudiantes, preparan materiales y recursos a utilizar en el aula. Deben tomar decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo. Estas decisiones o estrategias responden a un modelo didáctico que suele ser explícito —como en los proyectos basados en el modelo de descubrimiento— o implícito, como en el caso de las clases magistrales basadas en el modelo de transmisión-recepción, porque es el modelo en el que han sido educados y es el único que conocen o el único en el que se sienten seguros.

Un modelo de enseñanza es un plan estructurado para configurar un *currículum*, diseñar materiales y, en general, orientar la enseñanza. Los modelos de enseñanza han variado a través del tiempo de acuerdo con las necesidades de la sociedad y con los



paradigmas imperantes. Cuando no se disponía de libros de texto, en donde la ciencia ha sido ordenada y estructurada y comprimida para que pueda ser más fácilmente transmitida, se contaba con los escritos de los investigadores que, llenos de entusiasmo y colorido, comunicaban al lector el interés y la emoción que el descubridor sintió al aventurarse inicialmente en un mundo nuevo. Incluso a principios de este siglo, libros como el de Mrs. Marcet describiendo los últimos descubrimientos sobre la electricidad, eran textos amenos que describían con detalle los fenómenos y teorías en boga, y eran capaces de dar a conocer la cultura científica. Pero cuando se trata de la enseñanza profesional, principalmente en las universidades, privaba y sigue privando la cátedra magistral, ávidamente escuchada sólo por los iniciados en el tema.

### Principales modelos

Se han desarrollado varios modelos didácticos siguiendo la evolución de la epistemología y la psicología para la enseñanza de las ciencias y que se proponen los mismos objetivos. Los de mayor relevancia son (Jiménez, 1992):

#### *El modelo de transmisión-recepción*

Se conoce también como método tradicional. Consiste en la transmisión verbal de conocimientos ya elaborados, tras pasados a la mente del alumno a través de descripciones orales o escritas en el pizarrón o en los libros. Se pensaba que una enseñanza fundamentalmente descriptiva de los fenómenos y de los seres vivos basada en la memorización era suficiente para despertar el interés y la creatividad de los estudiantes.

Sus fundamentos epistemológicos, eminentemente racionalistas, consideran que la ciencia es un cuerpo cerrado de conocimientos que no se modifican y que crece por acumulación. Estos conocimientos científicos son considerados como una imagen exacta de la realidad. Desde el punto de vista de la psicología corresponde al modelo conductista y se fundamenta en la creencia de que el estudiante es como una página en blanco en la que se pueden escribir los conocimientos. Por lo tanto, el conocimiento ordenado y elaborado por la escuela puede transmitirse de la mente de una persona a la de otra.

En consecuencia con los fundamentos expuestos, la concepción de aprender y enseñar ciencias está basada en el lenguaje, sea verbal o escrito. Aprender ciencias consiste en asimilar esos conoci-

mientos científicos tal y como han sido formulados, puesto que se suponen idénticos a los objetos y fenómenos naturales que representan. No se considera necesario el contacto de la persona que aprende con el mundo físico y natural.

Enseñar ciencias consiste en exponer los conocimientos científicos —especialmente los conceptos y principios verbalmente—, en forma clara y ordenada. Puesto que el conocimiento se transmite de una mente a otra, el alumno adquirirá estos hechos y conceptos tal como el docente los entiende.

Las críticas al modelo de transmisión-recepción pueden resumirse en que la mera exposición de un cuerpo de conocimientos no asegura su comprensión, y que los conocimientos no se adquieren ya hechos, sino que cada persona los rehace a la luz de sus conocimientos y experiencias anteriores. Tampoco se acepta que el desarrollo del conocimiento científico tenga lugar por acumulación, sino que hay momentos en que las teorías y los modelos anteriores son modificados o desechados. También es difícil que puedan resultar significativos los conocimientos que no respondan a problemas que los estudiantes se hayan planteado previamente.

#### *El modelo conductivista*

Hasta principios de los años sesenta, el anterior modelo no planteó problemas, ya que no se pretendía que los estudiantes fueran expertos en ciencias, pero en el momento en que se requieren conocimientos científicos y tecnológicos para trabajar en una industria cada vez más tecnificada y que el avance de esta industria representa el bienestar de un país, la sociedad demanda mayor número de individuos con preparación científica y la evaluación indica que los conocimientos deseados no son aprendidos en el aula.

Viene un periodo de investigación intensa en didáctica de las ciencias y aparecen nuevos modelos de enseñanza. El modelo conductista, epistemológicamente racionalista, se basa en la definición clara de objetivos a alcanzar, definidos por los paradigmas en boga, para preparar más investigadores y más tecnólogos en las áreas de vanguardia. Estos objetivos pretendían que, dado el avance de las ciencias, debía empezar a estudiarse en secundaria y preparatoria contenidos que correspondían al área profesional, sin tomar en cuenta el desarrollo mental del estudiante. Esta enseñanza iba reforzada con actividades para apoyar los objetivos que se esperaba fueran asumidos por los alumnos y con libros de texto

rigurosamente estructurados de acuerdo con el plan de estudios.

Tiene como fundamento psicológico las teorías de Skinner y se desarrolló siguiendo los ejemplos de los instructores técnicos.

La transmisión de conocimientos ya elaborados impedía un proceso activo de integración con conceptos ya existentes y, por otra parte, la enseñanza rígidamente diseñada limitaba el tiempo necesario para que el estudiante pudiera trabajar los conceptos y ligarlos con su estructura cognoscitiva.

#### *El modelo de descubrimiento*

La idea de enseñanza por descubrimiento ha dominado los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias a lo largo de más de treinta años.

Está encuadrada en un marco empirista y positivista y parte de la premisa de que imitando el “método científico” —mediante el cual presuntamente avanza la ciencia— el alumno podía no sólo asimilar los contenidos sino también convertirse en un científico. Este sistema da mayor importancia al aprendizaje del método que al de los conceptos. Se trataba de una reformulación de los contenidos y de inducir el aprendizaje de los grandes conceptos científicos que forman parte de la ciencia en contraposición del estudio descriptivo de los fenómenos o de los seres vivientes. De los libros de química desaparecieron las descripciones de las sustancias químicas y de los métodos de obtención; en cambio, se estudiaron reacciones generales globalizadoras, que partían de lo general a lo particular, antes de que el estudiante hubiera tenido ocasión de preguntarse en qué propiedades químicas se basaban las reacciones.

Los fundamentos psicológicos fueron diversos, aunque las teorías de Piaget fueron las más citadas; siguen el modelo estructuralista y se basan en la creencia de que la mejor manera de aprender algo es descubrirlo por uno mismo y que el conocimiento se construye mediante la actividad. Los fundamentos epistemológicos están basados en ideas inductivistas, según las cuales el rasgo que caracteriza a la ciencia es el método científico general y universal para todos los campos. El soporte y punto de partida de este modelo es la observación, a la que asignan un papel objetivo, no mediatizado por teorías.

Aprender ciencias es, sobre todo, dominar las destrezas o procesos del método científico, puesto que aplicando éstas a cualquier situación se llegaba a descubrir los conocimientos. El núcleo de esos

argumentos era la idea de que conceptos y principios científicos se obtenían operando con procesos, como observar, clasificar, extraer conclusiones y formular hipótesis.

Enseñar ciencias era enseñar esas destrezas de investigación, independientemente del contenido conceptual, es decir, organizar y coordinar actividades experimentales. Puesto que el alumno debe descubrir los conocimientos por sí mismo, el profesor no debe introducir o presentar conceptos sino crear unas condiciones favorables para que se llegue a ellos.

Se ha cuestionado si los procesos de la ciencia pueden ser inseparables de los contenidos, ya que el desarrollo de las destrezas intelectuales se producen sobre campos conceptuales concretos. Las evaluaciones hechas a finales de los años setenta sobre los resultados de numerosos proyectos sobre enseñanza de las ciencias, basadas en estos supuestos, demostraron que si bien había habido un mayor interés por las ciencias, no se alcanzaban las metas deseadas y se detectaban muchos errores en conceptos básicos. Las investigaciones llevadas a cabo por Kuhn, Toulmin y Lakatos obligaron a replantearse la necesidad de un nuevo modelo epistemológico; por otra parte, la recuperación de los trabajos de Vygotski y los planteamientos de Ausubel aportan un nuevo enfoque de enseñanza que da origen a los modelos conocidos como “constructivistas”.

#### *Los modelos “constructivistas”*

A partir de los años 80 va tomando forma un nuevo modelo llamado “constructivista” que considera que la ciencia se caracteriza básicamente por la interpretación mediante modelos de los hechos que ocurren en el universo. Estos modelos, que se llamaron inicialmente *cambios conceptuales*, son creaciones del hombre y van variando con el tiempo. Desde el punto de vista de la psicología, se acepta que el alumno construye por sí mismo su propio conocimiento y que comprende los conceptos y los modelos explicativos a partir de sus percepciones, de sus experiencias y del empleo que hace del lenguaje cotidiano. Cuando se le coloca en una posición de descubrimiento, generalmente lo interpreta de acuerdo con sus esquemas, lo que difiere del planteamiento científico y requiere un cambio conceptual.

Los fundamentos psicológicos de este modelo se encuentran en los enfoques cognitivos en cuanto a la consideración del aprendizaje como un cambio en las estructuras de conocimiento del alumno. Los

conceptos de asimilación y acomodación de Piaget y el reconocimiento de la importancia de los conocimientos del alumno de Ausubel. También considera las teorías personales relacionadas con el éxito o fracaso obtenidas con anterioridad.

Los fundamentos epistemológicos parten de la ciencia como un proceso de interpretación de la realidad mediante la construcción de modelos o programas de investigación, lo cual supone un proceso de equilibrio inicial y de reequilibrio posterior, que corresponde a las cuatro características de la orientación “constructivista” formuladas por Driver (1986):

1. Los estudiantes tienen ya sus propias ideas explicativas respecto a los fenómenos físicos y químicos antes de empezar a estudiar ciencias: estas ideas se organizan en estructuras, constituyen teorías.

2. El cambio nunca se producirá desde una situación en la cual un fenómeno tiene sentido hacia otra que no lo tenga. La nueva teoría se formará por reestructuración de la teoría previa y deberá superarla en cuanto a las posibilidades que ofrece de establecer nuevas y mejores relaciones entre las ideas. El problema es establecer una relación entre aprendizajes que, de alguna manera, se va acumulando y la reestructuración que finalmente se producirá.

3. El aprendizaje activo de significados supone una secuencia de situaciones de equilibrio y de desequilibrio o de conflicto cognitivo. Pero parece ser que no todos los conflictos conducen a una reestructuración de la pre-teoría.

4. El alumno debe ser protagonista de su propio aprendizaje y esto debe manifestarse necesariamente en su toma de conciencia de la existencia de un conflicto cognitivo. Si bien ésta es una condición necesaria, no es una condición suficiente y quedan por determinar cuáles son los procesos que intervienen en la solución del conflicto, para que éste genere comprensión.

Cuenta también con fundamentos empíricos ya que la emergencia del “constructivismo” está relacionada con las aportaciones de la línea de investigación sobre ideas alternativas, según las cuales los estudiantes mantienen sus interpretaciones de los fenómenos naturales aunque contradigan la ciencia escolar.

Para el “constructivismo” aprender ciencias es reconstruir los conocimientos, partiendo de las propias ideas de cada persona, expandiéndolas o cambiándolas según los casos. Los contenidos conceptuales cobran importancia, ya que se consideran

complementarios de los procesos o destrezas del trabajo científico.

Enseñar ciencias es mediar en este proceso de aprendizaje, tanto en lo que respecta a la planificación y organización de actividades relevantes, como a la dirección del trabajo individual y en equipo y a la intervención en determinadas fases de la secuencia. Las actividades a realizar pueden variar según las reacciones de los estudiantes.

Para llevar a la práctica este paradigma constructivista se han generado diversos modelos basados en la organización de la actividad en fases que tienen propósitos diferentes, entre las que se pueden identificar las siguientes (Sanmartí, 1993):

#### 1. Fase de exploración

Al inicio del aprendizaje de un tema determinado es conveniente que el docente conozca la forma en que los alumnos se plantean el tema, el lenguaje que usan, los razonamientos que aplican, sus actitudes hacia el aprendizaje propio, etcétera. También es importante que los alumnos reconozcan que existen otros puntos de vista diferentes a los suyos y las dificultades que se les presentan para convencer a alguno de sus discípulos. Es una fase de suma importancia para poder planear las siguientes actividades. La labor del docente consiste en motivar a los alumnos a expresarse, sobre la base de situaciones problemáticas en las que se pongan en juego razonamientos estratégicos para propiciar que los alumnos verbalicen sus diferentes enfoques y así permitir que todas las opiniones que se manifiesten sean acogidas en el grupo. Las preguntas contextualizadas y abiertas, así como experiencias motivantes, pueden ser buenas actividades de exploración, siempre que vayan acompañadas de discusiones en pequeños grupos y finalmente en la totalidad del grupo.

#### 2. Fase de introducción de nuevos puntos de vista

Se pretende provocar la evolución del pensamiento del alumno a partir de la confrontación de su conocimiento con el de sus compañeros. No se trata de que descubra nuevos modelos explicativos sino que mediante las confrontaciones, el uso de analogías y la introducción de nuevos puntos de vista por parte del docente los alumnos vayan integrando los conceptos y procedimientos como actualmente se utilizan en la ciencia.

Los cambios conceptuales no se llevan a cabo rápidamente y a veces no son totales, es más importante distinguir las variables que intervienen en el

fenómeno y reconocer las que puedan ser significativas y en segundo lugar establecer analogías, confrontar hechos o modelos, así como proporcionar más datos, más referencias, más precisión en el empleo del lenguaje. A veces, la comprensión se da fuera del aula o unos días después. La función del docente, además, consiste en ayudar al alumno a centrar la observación en determinados aspectos, posibilitando que el alumno reconozca algunas variables significativas y ayudarlo a reconocer y asociar fenómenos y explicaciones ya analizados en otros momentos y en otros contextos.

### 3. Fase de estructuración y de formalización

El hecho de reconocer una forma o una estructura evita el esfuerzo de un nuevo proceso constructivo para explicar lo que ocurre con un determinado fenómeno, cuando por asociación y analogía se puede encontrar la explicación ya estructurada en otro proceso o fenómeno.

Para formalizar se intenta encontrar una imagen mental o una estrategia operativa o matemática que pueden ser figuras geométricas, características comunes de una serie, proporcionalidades, etcétera. Los modelos empleados por los alumnos no van a coincidir con los de la ciencia actual porque provienen de sus experiencias personales. La labor del docente es encontrar las analogías apropiadas, los modelos mentales o facilitar el empleo de otras reglas del juego para cambiar la estrategia de pensamiento que ha sido empleada. Tiene que considerar también que existen muchos modelos para explicar un solo hecho y que el modelo que predomine será el más sencillo.

Para facilitar la estructuración y formalización del conocimiento existen instrumentos de mucha utilidad, como son las bases de orientación y los mapas conceptuales y en general, cualquier instrumento de resumen o síntesis construido por el mismo alumno. Se trata de que el alumno reconozca lo que sabe y lo que ignora.

En este tipo de actividades es tentador para el docente proporcionar el conocimiento estructurado, como lo hacen los libros de texto; lo interesante es que sea el alumno quien lo haga y modifique su propio modelo.

### 4. Fase de aplicación y evaluación

Cuando un aprendizaje es significativo el alumno puede aplicar sus conceptos reestructurados a nuevas situaciones. Puede, también, compararlos con el

concepto inicial, a fin de que reconozca su progreso y valore las ventajas de la nueva posición. La dificultad para el docente es la poca o nula facilidad que tiene el alumno para aplicar los conocimientos a manipulaciones o experiencias concretas porque no está acostumbrado a relacionar el nuevo aprendizaje con el entorno. Sin embargo, la búsqueda de los puntos de referencia en la estructura cognitiva de los alumnos que faciliten esta transferencia es uno de los campos más importantes de la investigación didáctica y un reto para encontrar la respuesta al problema que presenta a gran cantidad de contenidos que se pretende que los alumnos aprendan en el tiempo de permanencia en las aulas.

### Hacia dónde evoluciona el "constructivismo"

Gracias a las aportaciones y avances que presenta, este modelo sirve de referencia a la investigación y a múltiples proyectos en el campo de la enseñanza de las ciencias, pero está lejos de ser un modelo acabado y definitivo.

Desde el punto de vista teórico, el "constructivismo" no está claramente definido, ya que para tener el valor heurístico de modelo debería no sólo esquematizar la forma en que se desenvuelve el proceso cognitivo, sino también definir sus límites de validez y las condiciones en que puede ser aplicado. Por ahora, el constructivismo no permite hacer predicciones ni inferir las reglas del desarrollo de los procesos cognitivos. No ha construido hipótesis que permitan definir las variables significativas que intervienen en el proceso mismo.

En cuanto a su aplicación, este modelo proporciona indicaciones, sugerencias y sobre todo iniciativas al modelo escolar para lograr un aprendizaje eficaz; ha cuestionado el papel del lenguaje en la enseñanza, y la dificultad de efectuar una construcción individual del conocimiento a partir de operaciones cognitivas en un medio real a diferencia del medio artificial, entre otros, que propone la escuela.

El "constructivismo" no define *a priori* el objetivo a alcanzar mediante la actividad cognitiva, y se contrapone al sistema escolar actual que trata de que se aprendan temas determinados y saberes bien definidos en un tiempo determinado.

Los planes de estudio y la escuela tenderán a actualizarse (Arcá, 1993) para poder acomodarse al ritmo de los alumnos que están absortos en la construcción de sí mismos y en la construcción de los conocimientos que perciben por sí mismos y que no coinciden con los que les está proponiendo la escuela.

la, ya que el sistema hace que tengan que adaptarse cognitivamente al saber construido y organizado.

No es posible que las innovaciones metodológicas y didácticas puedan desarrollarse en un contexto inadecuado, con metas rigidamente dirigidas a objetivos diferentes de la construcción personal del conocimiento y con una didáctica que corresponde, por ejemplo, a un modelo de transmisión-recepción o bien a un modelo conductista.

El cambio requerirá un esfuerzo suplementario en la formación de docentes, en la organización de espacios, tiempos y programas para cambiar la estandarización cultural que propone la mayoría de los sistemas escolares.

### Conclusión

Generalmente cuando un profesor dice que el método que usa funciona perfectamente y que no es necesario buscar otras alternativas, hay que preguntarse a quién iba dirigido, qué objetivos se perseguía y cómo fue evaluado el proceso.

La enseñanza de las ciencias, de por sí, no es fácil. Los alumnos son diferentes; se han detectado gran variedad de estilos de aprendizaje y de intereses que aumenta la dificultad de la enseñanza, a la que hay que añadir un número creciente de estudiantes debido a la necesidad de la sociedad frente a un mundo cada vez más tecnificado.

No hay duda que los diferentes modelos que se han expuesto son fruto de serias investigaciones para dar respuesta a los problemas mencionados, pero no se puede esperar un modelo de enseñanza definitivo, dados los avances en este campo.

Frente a este reto, la didáctica de las ciencias se presenta como un área de conocimiento emergente, pero cada vez más consolidada que se apoya en las experiencias e investigaciones en curso de todos aquellos avances que le permitan transmitir la cultura científica de tal forma que un mayor número de individuos pueda aplicarla y hacerla evolucionar; ello implica responder a las cuatro preguntas en que se basa el diseño del *currículum*: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar?, ¿cómo enseñar? y ¿cómo evaluar los resultados? ▣

### Bibliografía

- Aliberas, J., *Didáctica de les Ciències. Perspectives actuals*, Eumo Editorial Vic, 1989.
- Arcá, M. y S. Caravita, S., "Le constructivisme ne résout pas tous les problèmes", en *Aster*, 16, 1993.
- Bybee, R.W., *Reforming science education. Social perspectives and personal reflexions*, Teachers College Press, Columbia University, 1993.
- Caamaño, A., "La educación en CTS una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias", en *Alambique*, 3, 1995.
- Chalmers, A.F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Siglo XXI, Madrid, 1987.
- Coll, C., *Conocimiento psicológico y práctica educativa.*, Editorial Barcanova, Barcelona, 1988.
- Debray, R., *Apprendre a penser. Le programme de R. Fenerstein: une issue a lehec scolaire*, Eshel, 1989.
- Driver, R., "A constructivist approach to curriculum development and science", en *Studies in science*, 1986.
- Garriz, A., "Ciencia Tecnología y Sociedad", en *Educ. Quím.*, 5 [4] (1994).
- Giere, R., *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1992.
- Gil, D., "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias", en *Enseñanza de las ciencias*, 1, 1983.
- Gil, D., "Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación", en *Enseñanza de las ciencias*, 11 [2] (1993).
- Izquierdo, M., *Memoria del Proyecto Docente e Investigador. Didáctica de las Ciencias Experimentales.*, Facultat de les Ciències de l'Educació. Universitat Autònoma de Barcelona, 1987.
- Izquierdo, M., *¿Qué son les ciències? Una reflexió imprescindible per ensenyar ciències*, Reflexions sobre l'ensenyament de les ciències naturals, Eumo, Vic, 1992.
- Jiménez, M.P., *Análisis de modelos didácticos*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1992.
- Joshua, S. y Dupin, J.J., *Introduction a la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF, Paris, 1993.
- Llorens, J.A., *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Colección Aprendizaje, Visor, Madrid, 1991.
- Maxwell, N., "What kind of inquiry can best help us create a good world?", en *Science, Technology & Human Values*, 17 [2] (1992).
- Mellado, V. y Carrecedo, D., "Contribuciones de la ciencia a la didáctica de las ciencias", en *Enseñanza de las ciencias*, 11 [3] 1993.
- Novak, J.D. y Gowin, *Aprendiendo a aprender*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1988.
- Pozo J.I., *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Morata, Madrid, 1992.
- Sanmartí, N., "¿Hi ha diferents maneres d'aprendre ciències?", en *Guix*, 185, 1993.
- Sanmartí, N., *Memoria del Proyecto docente e investigador de la Didáctica de las Ciencias*, Facultat de Ciències de l'Educació, Universitat Autònoma de Barcelona, 1995.
- Vygotski, L.S. *Thought and Language*, MIT Press Cambridge, 1962.