

# **Enseñar y aprender Ciencias: algunas reflexiones**

## **Introducción**

Estamos aún muy lejos de conseguir que todos los estudiantes aprendan cómo, a través de la historia, se han ido explicando los fenómenos de la naturaleza y disfruten planteándose nuevas preguntas. La investigación en el campo de la didáctica de las ciencias ha avanzado mucho en los últimos cuarenta años pero, al mismo tiempo, la profesión de enseñante es una de las más conservadoras. Todo profesor o profesora ha sido antes alumno, y tiende a reproducir los modelos de su sistema de enseñanza, aunque el contexto social y la tipología de alumnos escolarizados sean muy distintos.

Dar respuesta a la nueva demanda social de una cultura científica generalizada para toda la población requiere una transformación radical de la escuela, muy especialmente de la Secundaria. Los modelos de enseñanza utilizados hasta ahora no sirven para que aprendan ciencias chicos y chicas desmotivados, provenientes de ambientes familiares poco estructurados y de niveles culturales bajos, para los que hasta hace poco este objetivo ni se planteaba. Y es en este contexto en el que se formulan nuevos problemas a los que la incipiente investigación en didáctica de las ciencias trata de dar respuestas.

Afrontar el nuevo reto requiere una actitud investigadora, de búsqueda y reflexión, ya que las actitudes inmovilistas tienden a consolidar un sistema educativo válido sólo para unos determinados estratos socio-culturales. Es un reto difícil, porque los recursos no son suficientes, faltan materiales didácticos aplicables y, en muchos casos, implica una verdadera reconversión laboral.

Los materiales que acompañan este texto tienen como objetivo facilitar la actividad innovadora, y reúnen un conjunto de reflexiones y de recursos dispersos en la literatura relacionada con la enseñanza científica. La aplicación de la nueva Reforma educativa conlleva un trabajo suplementario para el profesorado, interesante porque le dota de autonomía y de la posibilidad de «crear», pero también difícil de realizar debido al poco tiempo disponible para el diseño de materiales didácticos. Como es sabido, el Diseño Curricular Básico (DCB) fija unos objetivos generales y recoge los contenidos básicos a enseñar en la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), pero cada centro y cada enseñante deben:

- seleccionar, organizar y secuenciar dichos contenidos y otros complementarios que consideren de interés y/o necesarios,
- seleccionar, organizar y secuenciar actividades para promover el aprendizaje de dichos contenidos, y
- seleccionar actividades de evaluación y de regulación para los estudiantes con dificultades o con posibilidades de ampliación

Se considera que los currículos deben partir del planteamiento de problemas cotidianos que interesen al alumnado, y plantear actividades motivadoras. Al mismo tiempo, la selección de contenidos y de actividades ha de ser significativa para el aprendizaje, ya que el tiempo dedicado a la enseñanza de las ciencias ha disminuido en relación a los currículos anteriores. Sin olvidar que han de posibilitar tanto el aprendizaje de conocimientos científicos básicos para toda la población como el de conocimientos más ampliados para aquellos estudiantes que deseen profundizar en el aprendizaje de los distintos temas.

Paralelamente, es sabido que en el campo de la enseñanza no hay recetas mágicas válidas para cualquier contexto. Aquello que funciona en el 3ºA no es adecuado para el 3ºB, y una clase a las 9 de la mañana de un lunes es muy distinta de otra a las 4 de la tarde de un viernes. Cualquier material didáctico necesita ser adaptado tanto a la realidad del alumnado y del centro como al propio estilo del enseñante, por lo que es necesario tomar decisiones continuamente. No hay duda de que caer en la rutina es perder competencia.

Aun reconociendo que los medios son una variable importante en la calidad de un proceso de enseñanza, es bien sabido que no es, ni la única, ni la fundamental. Muchos estudios muestran que influye mucho más la actitud del conjunto del profesorado que actúa en un centro, ya

que un buen equipo de enseñantes, que busca conjuntamente nuevas respuestas a los problemas de sus aulas y reflexiona sobre los resultados de sus proyectos, rentabiliza mucho más el tiempo y los recursos al ser coherente el tipo de formación promovida.

Pero, al mismo tiempo, cualquier toma de decisiones está condicionada por un marco teórico determinado, que en el campo de la enseñanza acostumbra a ser implícito. En las reflexiones que siguen se revisan algunos de los puntos de vista subyacentes en muchas de las prácticas profesionales, con la finalidad de que dicha toma de decisiones responda a los conocimientos generados en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias. Es decir, es importante que cualquier proceso innovador-investigador permita avanzar en el conocimiento y no sea sólo un continuo redescubrimiento empírico de modelos y prácticas ya experimentadas anteriormente. En el campo de la educación es importante reconocer que, para avanzar, no es suficiente cambiar técnicas y recursos, sino que también deben cambiarse los puntos de partida, y las teorías implícitas, lo que nos lleva a reflexionar en torno a tres preguntas básicas.

## **¿Qué ciencia enseñar?**

Hasta hace pocos años no era necesario plantearse esta cuestión. Los programas oficiales ya indicaban los temas y los libros de texto desarrollaban los contenidos. Las diferencias entre éstos eran mínimas (algunos ejemplos, ejercicios, esquemas, ..), ya que se consideraba que simplemente eran una explicitación de la ciencia-verdad que los estudiantes debían aprender.

Pero la nueva Reforma promueve los llamados currículos «abiertos», es decir, que la decisión sobre qué ciencia enseñar sea tomada por los propios enseñantes. Ello implica que éstos reconozcan la diversidad de criterios posibles a tener en cuenta y debatan y acuerden los que condicionan su toma de decisiones.

Entre las variables que influyen en qué ciencia se selecciona para enseñar destacaríamos las tres siguientes:

- Qué visión epistemológica subyace en el modelo didáctico seleccionado. Es decir, cuál es la concepción sobre qué es la ciencia y cómo ésta se ha generado a lo largo de la historia.
- Cuál es la finalidad del aprendizaje científico, por qué y para qué se debe enseñar ciencia.
- Qué características debe tener una ciencia escolar, que necesariamente no podrá ser idéntica a la ciencia de los científicos.

## **¿Qué visiones existen sobre la naturaleza de la Ciencia?**

En torno a esta pregunta hay un debate abierto entre filósofos e historiadores de la ciencia, sociólogos del conocimiento, psicólogos cognitivos e, incluso, didactas de la ciencia, quienes han elaborado diferentes respuestas a preguntas del tipo: ¿cómo se genera la ciencia?, ¿cómo se sabe que un determinado conocimiento es científico y otro no?, ¿qué relación hay entre la observación y la teoría, y entre la experimentación y el descubrimiento del conocimiento?

Es evidente que este tipo de cuestiones deben interesar al profesorado tanto para tomar conciencia sobre qué es lo que enseña, como para reflexionar sobre las posibles relaciones entre la génesis del conocimiento científico, tanto a lo largo de la historia como en los propios estudiantes.

En los últimos años se han escrito numerosos libros y artículos que analizan las diferentes posiciones en relación a la naturaleza de la ciencia. Por ejemplo, Duschl (1994) diferencia entre:

- Los puntos de vista tradicionales.
- La Nueva Filosofía de la Ciencia.
- El giro cognitivo en la Nueva Filosofía de la Ciencia.

- Se consideran **puntos de vista tradicionales** de la naturaleza de la Ciencia aquellos que asocian la génesis del conocimiento científico a la observación-experimentación y/o a la racionalidad del pensamiento humano.

Son posiciones empíricas y lógicas que se fundamentan, por un lado, en la separación entre las observaciones y las teorías y, por otro, en el papel de la lógica en la justificación de las observaciones.

Bacon (1561-1626), considerado como el padre de los empíricos, defendía que la ciencia avanzaba gracias a la capacidad del hombre para observar a través de los sentidos, a la posibilidad de hacer observaciones **objetivas** e inducciones. Descartes (1596-1650), en cambio, en su *Discurso del método*, defiende la capacidad humana de pensar como el verdadero motor del progreso en el conocimiento. Considera que a través de razonamientos lógicos, combinando juicios o proposiciones, se puede llegar a los cimientos del conocimiento.

Un nuevo paso, y muy fundamental, en la discusión sobre cómo se genera la ciencia, lo hizo Galileo (1564-1642) con su propuesta de realización de experimentos. En un experimento se crea una situación artificial en la que se observan regularidades que se identifican como leyes científicas. Esto es, se parte de una hipótesis deducida de teorías previas y se hacen observaciones en las que se seleccionan y combinan unas variables, las que se consideran significativas, y se descartan otras. Así, por ejemplo, para estudiar el fenómeno de la caída de los cuerpos, Galileo prescinde del rozamiento del aire, es decir, crea unas condiciones ideales para estudiar el fenómeno ignorando una variable que cuando se experimenta en condiciones naturales siempre está presente.

A principios de este siglo, después de una época en la que emergieron un gran número de nuevas teorías que significaban cambios importantes en relación a los planteamientos anteriores como, por ejemplo, la teoría de la evolución, los estudios en el campo de la termodinámica, la teoría cinético-molecular, etc., filósofos adscritos al llamado *Círculo de Viena* promovieron la corriente positivista. Pretendían desarrollar reglas lógicas consistentes que permitieran decidir que unas afirmaciones teóricas se derivan de unas determinadas afirmaciones observacionales.

Fue el momento álgido de la ciencia, que llevó a considerar que todo aquello que pudiera ser adjetivado como científico tenía la patente de verdadero, de indiscutible. Es el punto de vista aún mayoritario entre buena parte de la población.

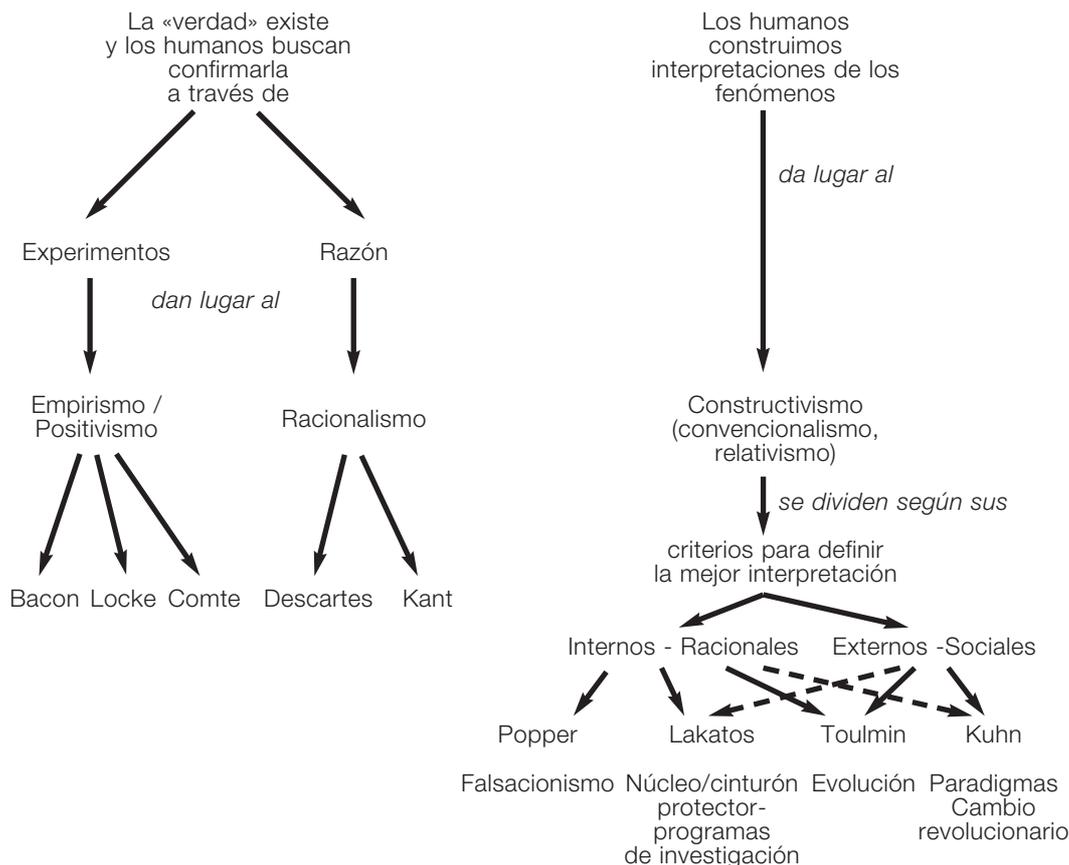
- La **Nueva Filosofía de la Ciencia** surgió en los años 50 al poner en duda, primero, la relación entre la experimentación y la génesis de nuevas teorías científicas y, posteriormente, la racionalidad de la ciencia. La confrontación entre, por un lado, una visión de la ciencia objetiva, racional y rigurosa y, por el otro, el estudio sobre cómo el conocimiento se ha ido generando realmente a través de la historia, ha hecho surgir numerosos interrogantes.

La idea básica desarrollada fue que el conocimiento científico está condicionado por las perspectivas teóricas de los que investigan o de la comunidad de investigadores.

Aun así, se pueden encontrar diferentes aproximaciones. Así encontramos, desde los epistemólogos que continúan defendiendo la racionalidad, con diferentes variantes, como motor del progreso de la ciencia, caso de Popper, Lakatos o Laudan, hasta los que opinan que los cambios son fruto básicamente de condicionamientos sociales, como es el caso de Kuhn. Incluso hay quien considera, como Feyerabend, que no hay ningún indicio de racionalidad ni ningún método en el progreso de la ciencia. En los planteamientos de la Nueva Filosofía de la Ciencia tienen mucha importancia los estudios del campo de la Sociología de la Ciencia, que ponen de manifiesto la relevancia de los factores sociales en el desarrollo científico.

La figura 1 esquematiza las diferencias y las relaciones entre las diferentes escuelas epistemológicas (Nussbaum, 1989).

## Corrientes epistemológicas



**Figura 1:** Esquema clasificatorio de las escuelas de pensamiento en filosofía de la ciencia (Nussbaum, 1989)

- El **giro cognitivo** en la Nueva Filosofía de la Ciencia se ha desarrollado en los últimos años, a partir del intento de preservar y comprender la racionalidad de la ciencia (Duschl, 1994).

Una teoría cognitiva de la ciencia es la que intenta explicar cómo los científicos utilizan sus capacidades cognitivas –percepción, control motor, memoria, imaginación y lenguaje– para, interactuando con el mundo, construir la ciencia moderna.

Esta concepción se basa, en cierto modo, en una visión evolutiva de la ciencia análoga a la evolución biológica. Los procesos cognitivos se relacionan con la evolución de las teorías de forma similar a cómo los mecanismos genéticos se relacionan con la evolución de las poblaciones. La genética condiciona la diversidad entre los organismos y la herencia, pero la supervivencia y la evolución dependen de las condiciones ambientales. Asimismo, se puede hablar de diversidad de representaciones o de modelos científicos y de herencia a través de la transmisión cultural de estas representaciones, cuya supervivencia o evolución también depende de factores sociales (Gieryn 1988).

Por todo ello, el desarrollo de la ciencia se basaría tanto en aspectos cognitivo-rationales como socio-culturales.

Como puede verse, el debate está abierto y nos muestra que la génesis del conocimiento científico responde a un proceso complejo, que no se puede reducir a la aplicación de reglas, y en el que los factores racionales, los empíricos y los sociales se interrelacionan fuertemente.

Las relaciones entre las teorías filosóficas y los métodos de enseñanza de las ciencias afectan principalmente a tres grandes temas de debate:

- La naturaleza del conocimiento científico y el papel de la teoría.
- La naturaleza del método científico y el papel de la experimentación.
- Cómo se cambia y se pasa de una teoría, consensuada en un determinado momento histórico, a otra distinta.

En relación a los dos primeros apartados, aunque como hemos visto no hay un solo punto de vista filosófico, se puede afirmar que se da un conjunto de ideas que actualmente gozan de cierto consenso y que, en diferentes formas, son reclamadas por buena parte de los investigadores en Didáctica de las Ciencias. Estas ideas se podrían resumir tal como lo hacen Driver et al. (1994) diciendo que «*el conocimiento científico es de naturaleza simbólica y negociado socialmente, y que los objetos de la ciencia no son los fenómenos de la naturaleza sino los constructos que la comunidad científica ha elaborado para interpretarla*». Ello no implica que se pueda considerar que el conocimiento científico sea relativo y que se pueda prescindir de la relación teoría-experimentación, es decir, del componente empírico que ha de permitir establecer relaciones entre el mundo de las ideas y el mundo de los hechos.

Pero en lo que no hay tanto acuerdo es en cómo se cambia de modelo, cómo se reestructuran los conocimientos científicos. Se han elaborado muchas propuestas o modelos de enseñanza de las ciencias basados en el *cambio conceptual*, y las diferentes versiones presentan diferencias a menudo significativas. Es un tema de debate y de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias, pero que aún se ha traducido poco en cambios reales en la forma de trabajo en las aulas. En el apartado 4 se analizarán algunas de estas propuestas.

## ¿Cuáles son las finalidades de la enseñanza científica? ¿Por qué?

La necesidad de enseñar ciencias es reconocida actualmente en todo el mundo. La sociedad valora la enseñanza de la Ciencia como algo fundamental y necesario para la formación de todos los estudiantes y no sólo de aquellos que, en el futuro, serán científicos o técnicos. Pero la generalización de estos estudios conlleva, necesariamente, una redefinición del tipo de contenidos que se priorizan y del contexto en el que se enseñan.

Al mismo tiempo, definir criterios de selección de los contenidos es una necesidad derivada de la gran cantidad de conocimientos científicos culturalmente disponibles. En el último siglo ha aumentado considerablemente su número, y muchos de ellos se aplican en aparatos de uso cotidiano o laboral, y/o son objeto de comentarios en la prensa diaria, es decir, forman parte del conjunto de conocimientos culturales básicos. Además, se ha constatado la necesidad de tener en cuenta no sólo los contenidos de tipo conceptual, sino también los procedimentales y actitudinales.

Los cambios en las finalidades de la enseñanza se reflejan en los currículos. Hasta los años 50 los programas de enseñanza de las Ciencias de todos los libros de texto y de todas las partes del mundo eran muy parecidos. Pero en los últimos 30 años los cambios han sido muy importantes y no hay dos currículos iguales, por lo que nos encontramos ante no pocos dilemas en relación a qué enseñar.

En la actualidad puede ser útil distinguir entre los currículos que enfatizan el aprendizaje de:

- a) Conceptos y teorías científicas
- b) Los métodos de la ciencia
- c) Las aplicaciones de la ciencia

**a)** Los currículos basados en el **aprendizaje de conceptos y teorías** científicas se estructuran alrededor de ideas que a través de la historia de la ciencia o por los expertos han sido

considerados como fundamentales. Estos conocimientos se consideran que son los que posibilitan la construcción de una estructura de pensamiento que permite afrontar la comprensión de los fenómenos naturales.

Dentro de esta perspectiva, hay puntos de vista diversos. Dos de los dilemas más discutidos son:

- ¿Los contenidos deben ser fundamentalmente *descriptivos*, o *más bien abstractos*? El paso de un currículo descriptivo a otro más abstracto fue una de las características de los cambios curriculares de los años 60. Estos cambios se promovieron con la pretensión de que, si un estudiante aprendía un concepto a un nivel abstracto, sabría aplicarlo a diferentes casos concretos. Ello solucionaba, además, el problema del elevado número de contenidos a enseñar. Así, por ejemplo, de enseñar las propiedades físicas y químicas, los métodos de obtención y las aplicaciones de diferentes tipos de ácidos –el clorhídrico, el sulfúrico, el nítrico, etc.– se pasó a enseñar el concepto de ácido.

Pero la investigación didáctica muestra que, al menos en las condiciones de enseñanza actuales, la transferencia de un conocimiento abstracto a casos concretos no se produce fácilmente, por lo que el dilema inicial se mantiene. Algunos de los enfoques curriculares actuales vuelven a hacer hincapié en el aprendizaje de conceptos descriptivos.

- ¿Se debe enseñar conceptos relacionados con cada temática o *conceptos generales, estructurantes o metadisciplinares*? Algunos currículos de los años 60 plantearon la necesidad de identificar grandes categorías de ideas a enseñar que fueran constitutivas del gran edificio de la ciencia, tales como los conceptos de diversidad, interacción, ciclo, cambio, equilibrio, estructura, etc. Estos conceptos corresponden a la categoría de ideas que tienen gran potencia explicativa sobre cómo es y cómo funciona el mundo, por lo que permiten afrontar el estudio de temáticas muy diversas.

Las críticas a estos planteamientos se centran en la generalidad y abstracción de estas ideas, lo cual dificulta que el alumnado pueda relacionarlo con los fenómenos cotidianos. Aun así, es un punto de vista de considerable interés, y muchas de las nuevas propuestas curriculares se basan en estos conceptos generales.

**b)** Los currículos basados en el aprendizaje de los **métodos de la ciencia** tuvieron gran importancia en los años 60 y posteriores. Ante la imposibilidad de enseñar todos los conceptos científicos se pensó que lo más importante era aprender a hacer ciencia. Si se conseguía, el estudiante podría aprender cualquier cosa.

Se trataba de enseñar las operaciones básicas o procesos vinculados al llamado método científico, muy relacionados con las operaciones lógicas piagetianas. Su objetivo era enseñar a razonar lógicamente y a aplicar este razonamiento a la resolución de problemas que pudieran ser estudiados científicamente.

Los estudios sobre las concepciones de los estudiantes pusieron en duda este tipo de orientación curricular, al igual que el debate en torno a cómo se genera la ciencia. A través de la experimentación, habitualmente sólo se confirma lo que ya se sabe, por mucho que se apliquen las *reglas* de la investigación científica. Y es imposible separar el aprendizaje de los contenidos conceptuales de los procedimentales. Enseñar ciencias implica enseñar a pensar y a hacer de forma interrelacionada. Por ello deben ponerse en cuestión planteamientos curriculares en la ESO basados sólo o primordialmente en la enseñanza de procedimientos.

**c)** En los últimos años ha adquirido mucha importancia el movimiento curricular que promueve la enseñanza de una **ciencia aplicada o ciencia en la acción**, muy especialmente los llamados currículos Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).

En principio, este tipo de currículos nacieron del problema de la falta de motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje científico. Este problema es uno de los que más han preocupado a los países en los que la optatividad en la enseñanza es elevada. En ellos se da la cir-

cunstancia de que muy pocos estudiantes optan por asignaturas científicas, muy especialmente la Química, la Física y las Matemáticas.

Pero, a partir de los años 80, este movimiento se ha extendido fuertemente y no sólo con el objetivo de motivar a todos los estudiantes y promover su alfabetización científica, sino también con el objetivo de que la ciencia escolar conecte con los problemas cotidianos y sirva para que los individuos puedan ser más autónomos en la toma de decisiones y capaces de participar democráticamente en la resolución de los problemas de la sociedad. Es el llamado **conocimiento para la acción**.

Según esta línea de trabajo, los contenidos deben ser seleccionados no tanto por su valor en relación a la ciencia de los científicos, como por su utilidad para que los estudiantes puedan comprender los problemas del mundo real y actuar consecuentemente. En ella los contenidos de tipo actitudinal adquieren una valoración muy importante. Por ejemplo, los autores del proyecto *The Salters* (1988), defienden que sólo se deben introducir conceptos o ideas cuando los alumnos las necesiten, y parafraseando a Ausubel dicen que *el más importante factor para aprender es la actividad comprometida del que aprende con el material didáctico. Consíguelo y podrás enseñar por cualquier método* (Campdell et al., 1994).

Actualmente, en el conjunto de currículos CTS se pueden identificar muchas tipologías diferentes, por lo que se puede afirmar que es un conglomerado muy heterogéneo de líneas de trabajo sin un marco teórico común. Además y paralelamente, se han desarrollado los movimientos de la Educación Ambiental y de la Educación para la Salud que, sin estar totalmente vinculados con la orientación CTS, participan de buena parte de los mismos objetivos.

Las controversias en torno a esta orientación curricular están de actualidad. Tal como explica Bybee (1993) hay opiniones según las cuales se debe diferenciar entre el uso de problemas socialmente relevantes para enseñar las ciencias y el estudio coherente de una ciencia fundamental, de su estructura y de sus métodos. Para muchos, estos dos objetivos no están en contradicción, pero creen que buena parte de los currículos CTS sólo persiguen el primero sin tener en cuenta el segundo.

Para otros, este tipo de enfoque curricular aporta una solución a los problemas derivados de una excesiva parcelación de los conceptos que se enseñan y de la falta de conexión entre el contexto cotidiano y el contexto científico. Pero al mismo tiempo consideran que se basa en una visión empírica de la naturaleza de la ciencia, y que no tiene en cuenta el hecho de que los conceptos de la ciencia son invenciones, ni que las observaciones están condicionadas por las concepciones previas.

En general, cada vez más se constata la necesidad de interrelacionar el marco teórico constructivista con los presupuestos del movimiento CTS. Se puede concluir que actualmente hay un consenso mayoritario en la opinión de que una mayor comprensión de los problemas cotidianos y de la actuación de los estudiantes es una finalidad muy importante de la enseñanza de las ciencias, y que ello implica revisar los contenidos tradicionales de la enseñanza. Pero, al mismo tiempo, aún se está lejos de un modelo coherente que explique cómo se puede generar esta comprensión y esta actuación, ya que es obvio que no dependen sólo del cambio en los contenidos.

## ¿Qué transposición didáctica?

Enseñar ciencias implica, entre otros aspectos, establecer puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los científicos a través de textos, y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. Para conseguirlo es necesario reelaborar el conocimiento de los científicos de manera que se pueda proponer a los estudiantes en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje. Esta reelaboración no se puede asimilar a simples simplificaciones sucesivas de dicho conocimiento y constituye el campo de estudio de la llamada *transposición didáctica*.

En una situación de enseñanza-aprendizaje, la ciencia de la que el profesorado habla en el aula es diferente de la del científico y también diferente de la que construye el alumnado. Esta

ciencia del profesor es el resultado de un proceso, no siempre explícito, de reelaboración del conocimiento de los expertos.

Es evidente que nadie piensa que se pueda presentar al alumnado para su aprendizaje el saber ya construido, tal como lo tiene elaborado el experto. El problema reside en cómo se concibe la reelaboración de dicho saber. Habitualmente se considera que fundamentalmente consiste en suprimir todo aquello que es demasiado complejo y abstracto. Por ello, se piensa que se debería intentar extraer, del conjunto de saberes, aquellos que forman el núcleo fundamental, los que son inmutables e indiscutibles. Al mismo tiempo, los ejemplos también se deberían seleccionar en función de su simplicidad y adecuación a la teoría que se quiere enseñar (¡los experimentos tienen que salir bien!). También se valora el orden de enseñanza de cada uno de los conceptos, que debe ser uno muy determinado.

Esta forma de entender la transposición didáctica implica transmitir un modelo de ciencia que, como hemos visto, no se corresponde con las ideas actuales sobre la naturaleza de la ciencia. La ciencia es compleja y se enseña como si fuera sencilla. La ciencia es una construcción humana que a lo largo del tiempo ha ido evolucionando no siempre linealmente y, en cambio, se enseña como si fuera lineal. La ciencia quiere explicar fenómenos cotidianos y la ciencia que se enseña explica fenómenos seleccionados y acotados. Se fundamenta en teorías, pero se enseña como si fuera teórica, como si todos los fenómenos sólo se pudieran explicar de una sola manera, invariable en el tiempo. Etc.

Pero no es fácil tomar decisiones en relación a qué enseñar y en qué orden. En general, las propuestas actuales están poco fundamentadas teóricamente y son poco coherentes. Por ejemplo, Fensham (1994) analiza las diferentes soluciones que se dan al problema de la introducción de la Química para estudiantes de secundaria (a partir de los 12 años) y después de estudiar diferentes currículos observa que hay, fundamentalmente, tres aproximaciones: a) a partir del estudio de las sustancias; b) a partir del estudio de los estados de la materia y de la estructura atómica y c) a partir del estudio de las reacciones químicas. Pero, también constata que habitualmente, los modelos sólo se utilizan en el momento de introducirlos y a partir de ejemplos-tipo, pero no en las lecciones siguientes. Es el caso del modelo cinético-corpúscular introducido para explicar los estados de la materia pero que luego no se utiliza para explicar las propiedades de los materiales o sus cambios. Es decir, cada lección tiene un modelo referencial distinto, por lo que es imposible que el alumnado pueda reconocer y construir teorías que interrelacionen hechos diversos.

En el proceso de reelaboración o transposición intervienen diversos factores. Entre ellos se pueden destacar:

- La selección de aquello que se considera importante desde la ciencia de los expertos, que no hay que confundir con aquello que tradicionalmente se ha enseñado en las clases de ciencias.
- Las teorías epistemológicas y psicológicas consideradas más válidas para explicar cómo promover el conocimiento científico en los estudiantes.
- La edad de los estudiantes a los cuales va dirigida la selección de contenidos y, en consecuencia, las expectativas sobre lo que pueden llegar a *entender*.
- Los condicionamientos sociales, es decir, las necesidades de formación derivadas del nivel industrial y económico de la sociedad donde está situada la escuela.
- Los objetivos que se fija el mismo sistema educativo. En el momento actual, este factor está teniendo una influencia considerable en los modelos de transposición didáctica de la ESO, ya que al cambiar el objetivo de la enseñanza científica han variado también las consideraciones sobre lo que se considera básico. Así, por ejemplo, las perspectivas del tipo CTS, la educación ambiental o la educación para la salud, implican nuevas formas de afrontar el problema de la selección de contenidos.

Como se puede comprobar, la transposición didáctica tiene poco que ver con una mera simplificación de la cultura científica. Implica una relectura de esta cultura teniendo presente tanto la epistemología de la ciencia como los valores del enseñante, sus ideas sobre cómo los estudiantes aprenden, los condicionamientos socio-culturales del alumnado, el tiempo disponible, los materiales didácticos disponibles, etc. Y requiere tomar decisiones en relación a los

objetos de estudio prioritarios, las variables a introducir, el orden de presentación, el grado de complejidad y abstracción con que se presentan, los hechos con los que se relacionan, etc.

## ¿Cómo aprenden ciencias los estudiantes?

Actualmente el punto de vista dominante en el campo psicológico relacionado con la Didáctica de las Ciencias es el constructivismo. Por tanto, la respuesta a la pregunta inicial es que éstos construyen sus conocimientos. Pero, como muchos ponen de manifiesto, esta respuesta en sí misma es una tautología y, en todo caso sólo tiene la utilidad de diferenciar entre los planteamientos conductistas y un número indefinido de puntos de vista.

No hay duda de que sin un modelo sobre cómo aprenden los estudiantes es difícil plantear un modelo sobre cómo enseñar. En este apartado se discutirá principalmente en torno a:

- ¿Qué visiones hay sobre cómo los estudiantes aprenden ciencias?
- ¿Qué características tienen las concepciones alternativas construidas por los estudiantes?
- ¿Qué factores influyen en el aprendizaje?

## ¿Qué visiones hay sobre cómo los estudiantes aprenden la Ciencia?

Aprender es el resultado de un conjunto de factores que interaccionan entre ellos, en relación a cada individuo. Las diferentes teorías del aprendizaje, más que teorías alternativas son aproximaciones diversas a cómo aprende el mismo individuo. En relación al aprendizaje científico han sido especialmente importantes todos los estudios realizados en los últimos 20 años sobre las explicaciones *científicas* construidas por los estudiantes a menudo al margen del contexto escolar, cosa que ha hecho replantear en buena medida los puntos de vista sobre cómo enseñar ciencias.

Estos estudios obligan a plantear la pregunta: *¿Cómo se sabe que se ha aprendido algo?* Si aprender ya no se puede asimilar a saber repetir lo que dice el profesorado o el libro de texto, ¿cómo los enseñantes podemos valorar los resultados de nuestra acción? Pero la respuesta a la pregunta planteada depende de la teoría psicológica que se considere como referente. Aun a costa de simplificar el contenido de dichas teorías puede ser interesante revisar algunas de las que más influencia han tenido y tienen en el campo de la enseñanza científica.

- Desde el punto de vista **conductista**, se dice que se ha aprendido algo cuando se observa que una persona realiza adecuadamente las operaciones o conductas esperadas. Por ejemplo, se ha aprendido a pesar con una balanza si se sabe dar todos los pasos necesarios, se utilizan las unidades adecuadamente y se sabe identificar cuándo se requiere esta operación.

De ello, se deduce que aprender es la consecuencia de la repetición de ciertas conductas que el individuo realiza cuando se le motiva (positiva o negativamente). A pesar de las críticas que recibe este punto de vista en la investigación en Didáctica de las Ciencias, tal como indica Claxton (1984), aprendemos muchas veces de esta forma y cita el ejemplo de aprender a caminar entre las rocas de la playa, a base de probar una determinada posición del pie y cambiarla en función del dolor que sentimos, mediante el método de **ensayo y error**.

- Desde un punto de vista **piagetiano**, el desarrollo o aprendizaje se relaciona con la construcción de diferentes *operaciones* que se van integrando en la estructura cognitiva del individuo y dan lugar a los diferentes estadios evolutivos. Por lo tanto, se sabe que se han aprendido (asimilado) si se es capaz de poner en práctica las operaciones (acciones interiorizadas) en diferentes situaciones o contextos. Por ejemplo, diremos que un niño ha asimilado la conservación del volumen cuando, ante un trozo de pastilina o del agua contenida en un vaso,

reconozca que su volumen no varía aunque cambiemos su forma o la del recipiente que la contiene. Para Piaget se construye mentalmente y se expresa activamente, socialmente.

- Desde la **teoría de la actividad**, muy relacionada con los planteamientos de **Vigotsky**, el aprendizaje se produce cuando el individuo ha construido su *base de orientación consciente*, es decir, cuando delante de una tarea (hacer algo o concebir una explicación) se sabe representar sus objetivos, anticipar y planificar un plan de actuación para resolverla, y se tienen criterios para decidir si se está realizando bien o no.

A diferencia de los puntos de vista piagetianos, desde aquí se construye socialmente y se expresa mentalmente. Por lo tanto, un estudiante puede resolver una tarea interaccionando con los compañeros o con la maestra, pero una cosa sólo está aprendida cuando se ha interiorizado, es decir, cuando se es capaz de resolver el problema de forma autónoma.

- Novak (1977) recogiendo el punto de vista de la teoría del **aprendizaje asimilativo de Ausubel**, distingue entre aprendizaje memorístico y aprendizaje significativo. El primero se demuestra cuando una persona sabe repetir algo verbalmente sin que necesariamente establezca relaciones con los otros conocimientos que tiene almacenados en su memoria. En cambio, el aprendizaje es significativo cuando se es capaz de establecer relaciones con los conceptos y proposiciones relevantes ya conocidas. Así, por ejemplo, un alumno puede conocer y verbalizar las características de una lombriz, pero no establecer ninguna relación que le permita diferenciar entre una lombriz y una oruga. Solamente en el segundo caso el aprendizaje sería significativo.

Para Ausubel, se aprende cuando se almacena la nueva información de forma significativa, es decir, cuando se relaciona con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo, que al mismo tiempo tiene que ser relevante.

- Desde las teorías psicológicas **cognitivistas** relacionadas con las teorías de los llamados **Modelos mentales**, se considera que se ha aprendido cuando *se ha modificado el modelo mental inicial de forma que en el modelo evolucionado se explicitan y articulan de forma particularizada las convenciones implícitas en el modelo inicial* (Gutiérrez, 1995). A menudo, para decidir que un modelo va evolucionando, se utiliza como criterio la diferenciación entre el trabajo de un novato y el de un experto. El experto es precisamente mucho más capaz que el novato para explicitar las convenciones implícitas que utiliza en sus razonamientos. La evolución en las explicaciones es la que pone de manifiesto que se ha aprendido.

La variedad de puntos de vista (y aún se podrían añadir otros) permite tomar conciencia de la poca solidez de los puntos de vista intuitivos y simplistas sobre el aprendizaje científico. Todas estas corrientes psicológicas, combinadas con los estudios neurobiológicos, tienen mucha importancia actualmente en la evolución de los modelos de enseñanza de las ciencias, y son, en buena parte, la causa de las diferencias entre ellos.

Sobre la función de las teorías, es bueno recoger la opinión de Claxton (1984): *La mejor teoría depende de lo que se quiera hacer. Cada uno de los diferentes enfoques nos muestra aspectos de una misma realidad. Como no existe una teoría «óptima» quizá, para explicar un fenómeno, necesitamos diferentes teorías, aparentemente diferentes entre ellas... La física tuvo que debatir si el electrón era «realmente» una onda o una partícula antes de darse cuenta de que no era ninguna de las dos cosas. Las dos son una metáfora, una representación que contiene parte, pero no toda, de la conducta de los electrones en diferentes condiciones.*

## **Características de las concepciones alternativas elaboradas por los estudiantes**

Actualmente, en la Didáctica de las Ciencias, los estudios sobre las concepciones del alumnado son el punto de partida de buena parte de las investigaciones que se llevan a cabo y un

referente imprescindible para el diseño de un currículo. Pero, ¿qué son estas ideas? ¿Qué características tienen? ¿Cómo se orienta la investigación en relación a ellas?

Cualquier individuo desarrolla y utiliza modelos explicativos sobre la realidad que le rodea. La génesis y la evolución de muchas de estas ideas se deben a un proceso natural, pero complejo, en el que son fundamentales las experiencias de cada uno, las interacciones sociales y las propias capacidades de razonamiento. Cuando estas ideas expresadas por los jóvenes (¡y por los adultos!) no se parecen a las aceptadas actualmente por la ciencia, suelen llamarse *concepciones alternativas*. Éste es el término que se viene usando en los últimos años con mayor consenso después de muchas otras expresiones (errores conceptuales, ideas previas, preconcepciones, etc.), aunque muy a menudo, es difícil decir si una concepción es *alternativa* o, simplemente, se trata de una aproximación a las formas explicativas actuales.

Las concepciones alternativas pueden ser elaboraciones complejas y, sobre todo, válidas y racionales en el contexto en que se formulan. Ello ha planteado, actualmente, que aprender ciencias no necesita tanto un cambio en las concepciones de los estudiantes (que ya está bien que las mantengan para funcionar en el contexto cotidiano), como un aprendizaje de otras formas de ver y explicar que son las válidas cuando se comunican en el contexto científico.

El problema es que muchos estudiantes construyen el conocimiento científico sólo con la finalidad de pasar exámenes y responder a problemas planteados en el contexto escolar. Ello no implica que hayan aprendido a diferenciar los dos contextos, y cuando ya no necesitan pasar exámenes, este tipo de conocimiento se olvida, porque no han reconocido su utilidad. En cambio, dado que las ideas alternativas acostumbra a ser significativas para explicar los fenómenos cotidianos, es decir, permiten tanto organizar e interpretar la realidad como predecir y controlar los acontecimientos, se mantienen a lo largo de los años a pesar de los aprendizajes que se puedan haber tenido en la escuela.

Las principales características que se atribuyen a las concepciones alternativas son :

- a) Generalidad
- b) Persistencia
- c) Estructuración
- d) Dependencia del contexto

**a) Su carácter general** fue una de las características que más sorprendió inicialmente ya que un mismo tipo de concepciones se encuentran en individuos de diferentes habilidades, géneros y culturas.

Los estudios realizados hasta ahora demuestran que no se encuentran habitualmente diferencias entre alumnos *buenos* y alumnos con *problemas* de aprendizaje. Igualmente se han encontrado pocas diferencias en relación al género. La variable cultural sólo es significativa cuando intervienen tradiciones, creencias o formas lingüísticas muy específicas como ocurre con algunas ideas sobre cosmología, o palabras usadas para hablar sobre el calor o el movimiento.

Todo ello conduce a considerar que, en la construcción de estas ideas tan generales, las formas de percibir y de organizar la información del aparato cognitivo humano deben tener algún tipo de influencia.

**b) Otra de las características analizadas es la persistencia** a lo largo de los años y a pesar de la instrucción escolar. Es evidente que con la edad hay algunas concepciones que varían pero, sorprendentemente, otras permanecen prácticamente inalteradas en su estructura básica. Parece como si hubiera concepciones mucho más persistentes que otras, especialmente aquellas que tienen una base sensorial.

Como ya se ha indicado, una de las variables importantes que aseguran la aplicación de puntos de vista distintos es el uso de las nuevas concepciones. Así, licenciados en una área pueden expresar ideas alternativas cuando se refieren a un campo que hace tiempo que no enseñan. Como tampoco hay prácticamente diferencias entre las ideas expresadas por estudiantes de bachilleratos no científicos y alumnos de 12 años, a pesar de que los primeros hayan seguido más cursos de ciencias.

c) La variable que estudia el posible carácter **estructurado** y coherente de las concepciones es una de las más controvertidas. Ya desde el principio de la investigación en este campo se empezaron a utilizar expresiones para calificar las concepciones de los estudiantes como esquemas alternativos, marcos, estructuras, teorías, etc., que indicaban la suposición de que se trataba de un cuerpo estructurado de conocimientos que se aplicaba en diferentes dominios.

Pero ello aún no se ha demostrado, ya que es difícil acceder a estas posibles estructuras por su carácter fuertemente implícito. En los estudios normalmente se infieren algunas reglas o criterios en el razonamiento basados en diferentes marcos teóricos: por ejemplo, se escogen criterios relacionados con los modelos de la ciencia formal, con tipologías de razonamiento, con estilos cognitivos, con modelos utilizados a lo largo de la historia de la ciencia, etc.

Por todo ello, existen muchas líneas de trabajo distintas y muchas formas de aproximarse al intento de describir posibles estructuras que pudieran estar en la base del razonamiento que expresan las concepciones alternativas, aunque también hay los que opinan que no tiene sentido buscar indicios de coherencia.

d) Otra de las variables más estudiadas es la **dependencia del contexto** de las concepciones expresadas por los estudiantes. Se habla de que son representaciones *implícitas*, en el sentido de que son construcciones que hace el estudiante *ad hoc* o sobre la marcha para atender a las demandas de una tarea.

Se han observado cambios en las concepciones de los estudiantes, al cambiar el enunciado de las cuestiones, según si la cuestión se plantea en relación a una situación cotidiana o escolar, según si se trata de una situación de la que tienen experiencia o no, etc. Pero, al mismo tiempo, en algunos casos se ha comprobado que se adaptan modelos explicativos a diferentes contextos y que el estudiante incorpora a sus modelos preexistentes datos provenientes de nuevas informaciones que va recibiendo en el contexto escolar o a través de los *mass media*.

Las concepciones alternativas se estudian cada vez más como un tipo de conocimiento cotidiano, con características y reglas de funcionamiento distintas de las que definen el conocimiento científico. Desde este punto de vista, las principales dificultades de los estudiantes en el aprendizaje científico residen precisamente en no diferenciar entre el carácter *artificial* de la ciencia y el carácter *natural* del conocimiento cotidiano.

En general, se rechaza la visión de las concepciones alternativas como unas *ideas previas* o *primitivas*, puesto que las ideas de *sentido común* y las teorías científicas no son comparables. Las primeras pueden también ser muy elaboradas y, sobre todo, son flexibles y permiten operar rápidamente.

## Factores que influyen en el aprendizaje científico

Si, como se ha dicho en el apartado anterior, aprender es el resultado de un conjunto de factores que interactúan entre ellos, puede ser de interés profundizar en dichos factores o, al menos, en los más importantes desde el punto de vista escolar. Por ello, en este apartado se propone el análisis de la influencia de:

- a) La experiencia y las vivencias personales
- b) Las interacciones socio-culturales
- c) Las formas de razonamiento
- d) Las variables afectivas

### a) La experiencia y las vivencias en el aprendizaje científico

Tradicionalmente, se tiende a dar a la experimentación el máximo valor en relación al aprendizaje científico. Este punto de vista responde a la creencia implícita de que se aprende cuando

los sentidos captan los aspectos fundamentales del objeto o del fenómeno a estudiar, y está muy relacionado con la orientación inductivista del aprendizaje científico, es decir, se tiene una visión fundamentalmente empírica tanto de la ciencia como del aprendizaje.

Esta visión ha recibido muchas críticas. Así, por ejemplo, a la afirmación recogida en muchos textos sobre: *Escucho y olvido, veo y recuerdo, hago y comprendo*, Driver (1985) responde diciendo que lo único que comprende el alumno es lo que ya sabía. Es decir, que cuando se observa se ven las características que ya se conocen y/o que permiten reafirmar la propia explicación o concepción previa. Los individuos, a través de la experimentación, acostumbra a validar sus propias teorías o puntos de vista, más que descubrir otras.

¿Cuál es, entonces, el papel de la experimentación en el aprendizaje científico? A pesar de las consideraciones anteriores nadie pone en duda la relevancia de la actividad manipulativa, de las experimentaciones, de las vivencias personales, en el proceso de apropiación de la cultura científica. Las teorías sólo tienen sentido cuando explican hechos, y estos hechos deben conocerse. Pero, además, las experiencias personales son unos de los motores de la construcción de las ideas, aunque sean alternativas.

En el transcurso de la actividad manipulativa, los sentidos captan un conjunto de informaciones que el cerebro selecciona y almacena. Por ejemplo, no hay duda de que la experiencia cotidiana nos lleva a relacionar temperaturas altas con la proximidad de una fuente de calor. O a saber que para mover un objeto se necesita ejercer una fuerza. O que, para que una planta crezca se necesita agua y abono. La actividad podría haber proporcionado otras informaciones, pero el cerebro solamente ha seleccionado aquellas que ha considerado importantes. Por ejemplo, no se acostumbra a *ver* que no sólo es importante estar cerca de una fuente de calor para calentarse, sino que también depende de la dirección en que llegan las radiaciones caloríficas, o que cuando un objeto se mueve por una superficie muy lisa casi no se necesita aplicarle ninguna fuerza para que continúe moviéndose, o que el aire también puede ser una variable importante para conseguir que las plantas crezcan.

Muchas de las concepciones alternativas se explican en función del establecimiento de analogías, no siempre adecuadas, entre vivencias cotidianas. Es este hecho el que hace afirmar a Arcá et al. (1990) que, para aprender ciencias, se deben enseñar otras *maneras de mirar*.

Por ello, en el contexto escolar de aprendizaje, las actividades prácticas no tienen por qué tener la función exclusiva de recoger datos, sino muy especialmente la de ver con nuevos ojos aquello aparentemente conocido. Es decir, es necesario que a través de la actividad experimental, los estudiantes identifiquen nuevas variables que antes no han tenido en cuenta, nuevas interrelaciones o regularidades, etc., y que tomen conciencia de los cambios en su forma de percibir el fenómeno objeto de estudio.

## **b) Las interacciones socioculturales**

Como hemos visto, cada persona tiende a *mirar* los fenómenos desde un determinado punto de vista y a destacar unos aspectos frente a otros. Un individuo solo, por mucho que experimente, acostumbra a *ver* las cosas siempre del mismo modo. Para avanzar en el conocimiento parece que es necesario contrastar los diferentes puntos de vista y los diferentes razonamientos.

No hay duda de que en el aprendizaje científico la comunicación juega un papel muy importante. Por ello, el lenguaje se considera el instrumento mediador del aprendizaje más decisivo, tanto por lo que se refiere a la construcción de las concepciones alternativas como a su revisión y reconstrucción. A través de las palabras se expresan las ideas, por lo que no es de extrañar que el lenguaje cotidiano reproduzca modelos explicativos alternativos. Por ejemplo, se puede comprobar fácilmente que el lenguaje cotidiano reproduce, en cierta manera, el modelo explicativo aristotélico de la materia, según el cual las propiedades de los materiales se deben a que *tienen sustancias* que confieren dicha propiedad o que los cambios materiales se deben a cambios de su *forma*.

Pero, al mismo tiempo, el lenguaje es el instrumento que utilizamos para comparar y contrastar las diferentes maneras de explicar, los diferentes modelos. A través del lenguaje se expresan los propios argumentos y se conocen los de los demás. La discusión es una de las formas que utilizamos para comprobar la consistencia de los propios razonamientos, y a través de ella se posibilita su evolución. La necesidad de comunicar experiencias e ideas conlleva el uso del lenguaje, el cual provoca la evolución del pensamiento. No en vano Vigotsky afirmaba que *el pensamiento no se expresa tan sólo en palabras, existe a través de ellas*.

Para que estas interacciones sociales sean efectivas para el aprendizaje se plantea la hipótesis de que existe una *zona de desarrollo potencial* (ZDP) definida por el conjunto de actividades que una persona es capaz de hacer con la ayuda de otras. Es decir, se podría distinguir entre las actividades que una persona puede hacer sola (las que ya ha aprendido), las que puede hacer interaccionando con otras, y las que no es capaz de hacer ni con la ayuda de otros. Por lo tanto, las interacciones entre el enseñante y el aprendiz, para que sean efectivas, deberían situarse siempre en esta ZDP.

Para algunos las interacciones más efectivas son aquellas en las que se produce un conflicto cognitivo. Es decir, que no sólo es importante la interacción, sino que se necesita el conflicto, ya que es a través suyo que el alumnado puede necesitar revisar y reorganizar tanto su forma de hacer como de pensar. Duschl (1995) afirma que, si en una clase no existen diversidad de puntos de vista, deberían provocarse, porque si no se da esta condición no se puede aprender.

Esta manera de ver el trabajo en el aula contrasta fuertemente con las formas de trabajo tradicionales en las clases de ciencias, basadas en el hecho de transmitir un solo modelo, que se pide a los estudiantes que repitan y apliquen de forma acrítica. Requiere que las actividades programadas para que los estudiantes aprendan promuevan la verbalización de diferentes puntos de vista, el contraste entre ellos, la negociación. Será necesario enseñar a argumentar, a cooperar, a pactar..., habilidades que habitualmente se desarrollan poco.

## c) El sistema cognitivo humano

Como hemos visto, la aproximación vigotskiana al aprendizaje pone de relieve los factores socioculturales en la evolución del conocimiento. Aun así, no parece que se pueda pensar que estos factores son los únicos relevantes, ya que individuos de culturas y ambientes muy diferentes elaboran explicaciones alternativas muy similares. Este hecho, y otros, dan a pensar que debe haber algo en el cerebro humano que favorece el desarrollo de un tipo de explicaciones y no otras.

Los neurólogos aceptan que existe una base genética que actúa de sustrato biológico y que constituye una estructura que necesita una acción cultural para desplegarse adecuadamente. Así, por ejemplo, parece que la capacidad de producir un gran número de sonidos y vocalizaciones es innata, pero que después, según la lengua materna, se seleccionan sólo algunos determinados. Se sabe que los adultos han aprendido a utilizar los sonidos de su lengua materna y tienen dificultades para pronunciar los de otras lenguas (Nogués, 1987).

Del mismo modo se postula que, como producto de la evolución humana, debe haber algún tipo de *restricciones cognitivas* que dan lugar a que se puedan interiorizar ciertos aspectos que provienen del medio, y no otros. Así, por ejemplo, algunas de las restricciones podrían estar en la base de la forma *natural* de razonar causalmente o de concebir el espacio y el tiempo. Estas restricciones y formas de razonamiento serían innatas, y a partir de ellas se evolucionaría (aprendería) por influencia de la cultura.

Se podría afirmar que el ser humano, para poner orden en el *caos* de informaciones y de vivencias que recibe, pone en funcionamiento unas reglas de juego cognitivas que, a su vez, conducen al desarrollo de estructuras culturales. Estas reglas de juego o estrategias cognitivas son las que condicionan las *maneras de mirar*, las *maneras de relacionar*, las *maneras de organizar* las entradas que provienen del mundo de la cultura y del mundo de las sensaciones.

Uno de los aspectos más controvertidos es el papel de la *lógica* en la construcción del conocimiento, es decir, la habilidad en el uso de este sistema inferencial. Para Piaget, por ejemplo, es lo mismo *lógica* que razonamiento, y considera que en el estadio de las operaciones formales el tipo de contenido no influye en el aprendizaje. Sin embargo, las investigaciones actuales ponen de relieve la importancia del contenido en el razonamiento lógico, así como el papel de las concepciones alternativas que son antecedentes que condicionan el razonamiento.

Menos controvertida es la discusión sobre el papel de las analogías en la construcción del conocimiento. El razonamiento analógico ha jugado un papel muy importante en la creación de nuevas hipótesis científicas (pensemos, por ejemplo, en los diferentes modelos del átomo dibujados a través de la historia –el modelo «bola», el modelo «plum-cake», el modelo «sistema solar», etc.). Otra de las estrategias cognitivas que se consideran en la base de la construcción del conocimiento natural, tal como señala Gutiérrez (1994), es la tendencia a utilizar formas de razonamiento causales como sistema para hacer inferencias.

Estos tipos de estrategias, comunes a todos los seres humanos, coexisten con estrategias diferenciadas. Así, se identifican diferentes estilos cognitivos que son los que podrían explicar, junto con argumentaciones de carácter socio-cultural, el hecho de que todos los individuos tengan unas capacidades para hacer y pensar unas determinadas cosas, pero que no todos hagan y piensen lo mismo.

Por ejemplo, se diferencia entre los estilos *lógico-analítico* y *analógico-intuitivo* de procesamiento de la información. Esta diversidad parece que tiene bases biológicas y que existe una relación del hemisferio izquierdo del cerebro con el procesamiento de tipo lingüístico, analítico, lógico y *objetivo*, y del hemisferio derecho con el procesamiento de tipo vídeo-espacial, intuitivo, analógico y *subjetivo* (Nogués, 1987). Parece ser que no todos los individuos tienen igualmente desarrolladas las dos partes del cerebro, y aún se sabe poco sobre la relación entre los dos sistemas de procesamiento.

Estas diferencias podrían repercutir en los aprendizajes científicos. Así, se habla de un estilo de pensamiento más *global* que propiciaría la realización de tareas heurísticas, frente a un pensamiento más *analítico*, que propiciaría un mejor rendimiento en algunas tareas científicas. Y de un estilo de razonamiento del tipo *impulsivo*, que tendería a pensar sobre la realidad, frente a un estilo de razonamiento *reflexivo*, que llevaría a pensar sobre todo en lo posible (Pozo, 1992).

Según esta perspectiva, si las actividades que se desarrollan en el aula son, por ejemplo, fundamentalmente de tipo analítico, se favorece a un tipo de estudiantes más que a otros, igual que si son más manipulativas que verbales, etc. Un mayor conocimiento de este tipo de diversidad comportaría tener que diseñar estrategias didácticas diferenciadas o, como mínimo, combinarlas en el aula, para favorecer a todo tipo de estudiantes, e incluso, el equilibrio en el uso de todas las capacidades disponibles.

Como vemos, el funcionamiento del propio sistema cognitivo y su desarrollo también es fundamental en el aprendizaje. A través suyo percibimos los objetos y los fenómenos, tanto aquellos de los que tenemos experiencia directa como aquellos otros de los cuales nos hablan, los memorizamos, categorizamos, formalizamos o estructuramos relaciones entre ellos, desintetizamos o superponemos estas estructuras, establecemos relaciones causales, reconocemos si hay coherencia entre la idea y la experiencia, etc. El funcionamiento de este complejo sistema cognitivo humano condiciona la elaboración de diferentes modelos mentales que dan significado a la realidad, y sin duda alguna debe tenerse en cuenta en el diseño y puesta en práctica de las estrategias didácticas.

#### **d) Los componentes afectivos en el aprendizaje científico**

En el aprendizaje también tiene mucha importancia el mundo de la afectividad y de las emociones. En la realización de actividades no sólo se tienen en cuenta las ideas y los procedimientos sino también los sentimientos, la imagen que cada persona tiene de sí misma, cómo

piensa que la ven los otros, el grado de autoestima, los valores personales, la motivación, los intereses, etc. Estas variables parece que son especialmente significativas cuando se ha de explicar por qué no todos los estudiantes aprenden igualmente.

En relación a los valores, Nogués (1987) señala que parece *que sólo los valores son capaces de estabilizar la mente humana* y es bien sabido que la actitud con la que una persona afronta el estudio de una determinada temática es una variable muy importante en relación al éxito del aprendizaje.

En general, los estudios sobre la relación entre las creencias, las actitudes y la motivación y el aprendizaje de las ciencias son más descriptivos que interpretativos. Algunos de los aspectos del campo afectivo que se considera que más influyen son:

- **Las creencias que se tienen sobre la mejor manera de aprender ciencias.** Se ha hablado mucho sobre las preferencias de los estudiantes sobre los distintos estilos de enseñanza, la mayoría de las cuales reflejan un complejo sistema de creencias personales. Por ejemplo, muchos jóvenes no valoran la importancia de la reflexión sobre las propias maneras de pensar y de realizar las tareas, y prefieren que sea el profesorado quien les indique qué han de memorizar, qué hacen bien y qué hacen mal.

Tal como señalan Martín y Kempa (1991), también se pueden encontrar preferencias por estilos de trabajo que promueven la curiosidad o el trabajo en equipo o, por el contrario, la presentación sistemática de las nuevas informaciones o la competitividad. Según como se relaciona el sistema de enseñanza del profesorado con las creencias del alumnado, los resultados de aprendizaje pueden ser muy distintos.

- **Las actitudes hacia la ciencia o hacia su aprendizaje.** Ésta es una de las variables más estudiadas, ya que tradicionalmente se ha considerado que muchos estudiantes fracasan debido a imágenes negativas que se han creado. Muy a menudo, los estudiantes tienen la percepción de que aprender ciencias es aprender un gran número de palabras nuevas y sus definiciones o fórmulas, para aplicarlas en la resolución de problemas, lo cual no tiene ningún interés para ellos. También es muy importante la imagen de la ciencia como algo difícil, que sólo está al alcance de pocos alumnos.

- **Las actitudes científicas,** como pueden ser el deseo de conocer y de comprender, de plantearse preguntas, de buscar datos e interpretarlos, de querer verificar las interpretaciones, etc. También se incluyen en este apartado actitudes como la perseverancia, la honestidad, el escepticismo, la autodisciplina, el antiautoritarismo, etc.

- **Las creencias sobre la utilidad del aprendizaje científico.** En general, el contenido de las clases de ciencias se percibe como algo que tiene poco que ver con la realidad cotidiana y que sólo sirve si se quiere continuar estudiando. En muchos casos, ello da lugar a una falta de motivación e interés hacia el trabajo, especialmente si va acompañado de dificultades en la comprensión de los contenidos enseñados.

- **El grado de confianza en la propia capacidad para aprender.** Los fracasos continuos de muchos estudiantes les hacen creer que no son capaces de aprender. Cuando esto sucede, no se esfuerzan ni en el análisis de la información que reciben ni en la realización de las tareas propuestas, por lo que la probabilidad de aprender significativamente es muy baja.

Parece demostrado que el sistema de creencias de un individuo en relación al aprendizaje científico es como un prerrequisito que, si no es positivo, lo hace imposible, y habitualmente se considera como uno de los indicadores esenciales para valorar la calidad de una educación científica.

## ¿Cómo enseñar Ciencias?

Diseñar un dispositivo pedagógico para enseñar ciencias implica básicamente seleccionar las actividades de enseñanza-aprendizaje (actividades didácticas) que se consideran más adecuadas para las finalidades que un enseñante se propone.

Las actividades conforman el núcleo de un currículo y es a través de ellas que los estudiantes pueden construir los nuevos conocimientos. La calidad de una enseñanza no se evalúa por la definición de los contenidos y objetivos, sino por aquello que se hace en el aula. Consecuentemente, los cambios y las innovaciones no vienen tanto del establecimiento de nuevos programas por parte de la administración, sino por el cambio en las formas de trabajo escolar, es decir, en el tipo y gestión de las actividades.

Desde el punto de vista constructivista del aprendizaje, lo que hace el enseñante es crear actividades para que los estudiantes actúen, y a partir de ellas cada uno aprende según su situación personal.

En general las actividades escolares en la escuela secundaria están muy condicionadas por el libro de texto y son poco variadas. Básicamente se reducen a una exposición del profesor o profesora, muy cercana al contenido del libro, de la que los estudiantes deberían recoger apuntes, y la redacción por parte de estos mismos estudiantes de respuestas a diferentes cuestiones planteadas por el enseñante. A veces se incluyen trabajos prácticos, que se llevan a cabo a partir de guiones muy pautados. Se acostumbra a priorizar el trabajo individual y el tipo de interacción dominante es del profesorado hacia el conjunto del grupo-clase.

Estos tipos de actividades, su secuenciación y su gestión posibilitan el aprendizaje de un tipo de estudiantes, aquellos que están motivados y son más autónomos, pero son poco efectivas para muchos otros. Por ello, conviene profundizar en:

- La función y tipología de las actividades para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.
- La secuenciación de las actividades a lo largo de un proceso de enseñanza.
- La función y tipología de las actividades de evaluación.
- La gestión del aula para la puesta en práctica de dichas actividades.

### La función y tipología de las actividades para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias

Las actividades didácticas son el conjunto de acciones que se llevan a cabo en el marco escolar con la finalidad de promover el aprendizaje del alumnado. Cañal et al. (1993) las definen como *procesos de flujo y tratamiento de información (orientados, interactivos y organizados) característicos del sistema-aula*.

• **Procesos de flujo y tratamiento de información.** Con ello se pretende resaltar la función esencialmente comunicativa de las actividades didácticas ya que, a través de ellas, se concretan las interrelaciones entre el saber a enseñar, el enseñante y el que aprende (figura 2). Por medio de ellas circulan no sólo la información conceptual y procedimental, sino también actitudes, sentimientos, creencias y todo tipo de valores y mecanismos que configuran el *contrato didáctico* (Brouseau, 1984) que se establece en cada grupo-clase. Estos mecanismos permiten decidir qué información conviene seleccionar, ignorar o memorizar, cómo clasificarla o interpretarla, qué hacer con ella, etc.



**Figura 2:** Triángulo didáctico: la enseñanza como un proceso de comunicación entre tres polos. Adaptado de: Johsua & Dupin, 1993

- **Procesos orientados en relación a unas finalidades educativas.** La selección de estas actividades en un diseño curricular responde a una intencionalidad muchas veces no explícita de profesores y alumnos, y de la propia institución escolar y sistema educativo en general.

- **Procesos interactivos.** Si su finalidad es la comunicación, la interacción es el componente que mejor define las actividades didácticas. Dicha interacción implica negociación y concertación, procesos que no siempre se realizan de forma explícita.

- **Procesos organizados.** Es decir, tienen una estructura que, desde el punto de vista de quien las selecciona y aplica, es coherente con su visión de la ciencia, de cómo aprenden los alumnos y de cómo es mejor enseñarles. En ellas se interrelacionan concepciones, procedimientos y todo el sistema de valores, a partir de los cuales se orienta cómo se aplican y, muy especialmente, la selección que se hace entre sus diferentes posibilidades. Se podría decir que las actividades no son *buenas o malas* en sí mismas, sino según la selección que de ellas hace el enseñante (o los mismos estudiantes) en su aplicación.

- **Procesos característicos del sistema-aula.** Como ya se ha dicho, estas actividades sólo se llevan a cabo en el marco del sistema escolar, lo cual les confiere una especificidad que interesa definir y diferenciar de otro tipo de actividades.

Las actividades pueden ser de tipologías muy distintas y es importante que todo diseño pedagógico recoja esta diversidad ya que así se favorece que cada estudiante pueda desarrollar sus capacidades en función de los respectivos cognitivos. Entre las más significativas destacaríamos:

- a) Explicaciones del profesorado (o del alumnado)

- Para introducir el tema y despertar el interés por su estudio
- Para dar información, introducir nuevos conceptos, ideas, procedimientos...
- Para facilitar el análisis de los resultados de trabajos prácticos, salidas al campo, lecturas, etc.

- Para resumir los contenidos relacionados con una temática determinada
- Para ayudar a establecer interrelaciones entre distintos contextos

b) Trabajos prácticos

- Observación/análisis de fenómenos
- Deducción/comprobación de leyes
- Realización de investigaciones

c) Ejercicios y problemas

- Problemas académicos
- Problemas como investigaciones
- Cuestiones de aplicación o de relación con la vida cotidiana
- Ejercicios de resumen, síntesis, definición.

d) Actividades fuera del aula

- Las salidas al campo, Escuelas de Naturaleza, Centros de Educación Ambiental...
- Las visitas a servicios municipales u otros (depuradoras, tratamiento de residuos...)
- Las visitas a industrias, talleres, ...
- Las visitas a museos, exposiciones, ...
- La utilización del entorno escolar: el edificio, los patios, las calles, los parques...

e) Uso de medios audiovisuales

- Murales, fotografías, grabados.
- Diapositivas, transparencias.
- Películas, vídeos...
- La prensa y la T.V.

e) Enseñanza asistida por ordenador

- Como base de datos
- Para recoger y tratar datos: uso de sensores
- Para la simulación de fenómenos
- Para la evaluación y autorregulación de los errores

f) Uso de materiales de consulta

- Libros de texto
- Libros de consulta
- Biografías, historia de la ciencia...
- Enciclopedias
- Revistas

g) Instrumentos didácticos

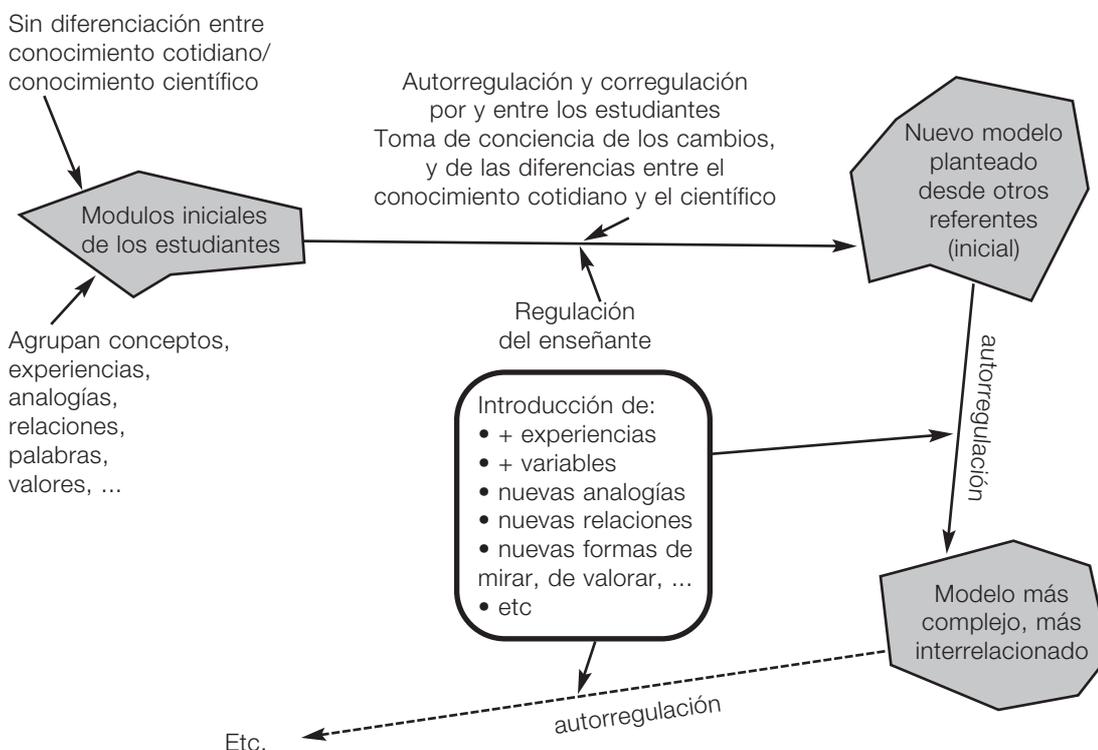
- Mapas conceptuales
- «V» de Gowin
- Bases de orientación
- Contratos didácticos
- KPSI
- Resúmenes, esquemas...
- Diarios

- h) Otros recursos didácticos
  - Maquetas y modelos
  - Juegos de simulación, dramatizaciones...
  - Realización de murales

## La secuenciación de las actividades a lo largo de un proceso de enseñanza

Como se ha indicado, es importante diseñar la enseñanza como un proceso a través del cual unos modelos iniciales puedan ir evolucionando hacia otros planteados desde el referente de la ciencia actual. Generalmente implica afrontar el estudio de algún problema relevante en el campo de la ciencia, y promover que los estudiantes identifiquen nuevas variables, relaciones, analogías, etc. y que vayan tomando conciencia de los cambios en sus referentes (figura 3).

### EVOLUCIÓN DE LOS APRENDIZAJES CIENTÍFICOS



**Figura 3:** Evolución de los aprendizajes de los estudiantes desde una perspectiva holística

Ello conlleva la necesidad de plantear un currículo en *espiral*, es decir, de retomar a lo largo de los cursos los conceptos o modelos-clave, realizando aproximaciones sucesivas a un nivel cada vez más complejo y abstracto. Consecuentemente, en un momento del proceso se puede evaluar escolarmente, como buenas, representaciones no *correctas* científicamente, pero que suponen una evolución de las ideas iniciales.

Aprender es fundamentalmente un proceso de regulación y de autorregulación. Las nuevas informaciones y las nuevas experiencias se discuten, se contrastan, se revisan, etc. Pero para que esta regulación pueda producirse deben darse ciertas condiciones. Por ejemplo,

- Aquello que se trabaja en el aula debe tener sentido para el estudiante, debe conectar con sus conocimientos previos, con sus intereses, con su «lógica». Ello implica que empezar la unidad didáctica dando a conocer el saber organizado y abstracto tendrá poca incidencia en el posible aprendizaje de la mayoría de estudiantes.

- El conocimiento escolar no se puede asimilar a una simplificación del saber de los expertos. Más bien debe concebirse como una reelaboración. Ello conlleva que los enseñantes, conjuntamente con los estudiantes, elaboran un nuevo conocimiento, el que se construye en el aula, en el que las actividades, las informaciones y las experiencias son creadas *ad hoc* con el objetivo de promover el aprendizaje.

En consecuencia, la tarea del enseñante no consiste en encontrar la forma sencilla de decir o hacer aquello que han dicho o hecho los expertos, sino en planificar las actividades que promuevan la construcción de un saber válido en el contexto escolar.

- El paso a la abstracción requiere tiempo y sucesivos momentos de regulación. Los enseñantes y los mismos estudiantes reconocen cuándo se han «perdido», es decir, cuándo ya no les es posible participar de la construcción colectiva del conocimiento que tiene lugar en el aula. Es absurdo planificar las unidades didácticas de forma que, ya en el primer día de clase, algunos alumnos o alumnas no puedan participar. La actividad del grupo-clase debe promover que, al menos en una buena parte del tiempo de trabajo, el progreso en el conocimiento sea colectivo, sin que ello implique que pueda haber aprendizajes diferenciados.

- Es de prever, dada la diversidad de un grupo-clase, que no todos los estudiantes llegarán a los mismos niveles de abstracción pero, en cambio, debe conseguirse que la mayoría llegue a construir su propio sistema de resolución de la tarea objeto de aprendizaje.

- Conviene tener presente que el tiempo de enseñanza no coincide necesariamente con el tiempo de aprendizaje. La construcción del conocimiento requiere períodos de tiempo largos, en los que se van acumulando informaciones y se revisan los puntos de vista. Pero los momentos de reestructuración en los que se produce el «clic» son pocos. Estos momentos se pueden dar en el estudio de temas o asignaturas distintas a la que ha sido objeto de aprendizaje, y en años sucesivos. Por ello es imprescindible concebir la enseñanza como una tarea colectiva que se lleva a cabo en un centro educativo y en el que intervienen distintos profesionales a lo largo de varios años.

¿Qué clase o clases de dispositivos didácticos facilitan que cada alumno o alumna pueda avanzar en su proceso de aprendizaje, desde sus condicionantes previos y en el conjunto de un grupo diverso?

Cualquier diseño pedagógico es tan sólo una hipótesis de trabajo que el profesorado debe ir regulando en función de lo que sucede en el aula. No hay reglas o recetas generalizables para cada situación. Actualmente se trabaja con modelos en los que las actividades se secuencian considerando distintas fases en el proceso de construcción de los nuevos conocimientos, con objetivos didácticos específicos. Estas propuestas implican reconocer que diseñar un dispositivo de enseñanza/aprendizaje es algo mucho más complejo que pensar sólo en cómo explicar la lección y qué ejercicios proponer a los estudiantes para que los respondan.

Aunque hay muchas propuestas distintas, en los materiales que acompañan este texto se ha optado por distinguir entre:

- Actividades de exploración
- Actividades de introducción de conceptos/procedimientos o de modelización
- Actividades de estructuración del conocimiento
- Actividades de aplicación

## **a) Actividades de exploración**

Son actividades orientadas a promover que los estudiantes identifiquen el problema o temática objeto de estudio y formulen sus propios puntos de vista e hipótesis. Toda actividad investigadora se inicia con una primera formulación de un problema y la emisión de hipótesis.

En ellas se propone el análisis de situaciones muy simples y concretas, cercanas a las vivencias e intereses del alumnado, y que sirvan para dar a conocer de forma global los contenidos más representativos y fundamentales que se pretenden enseñar en una unidad didáctica o en una secuencia. De esta manera, el alumno o alumna puede tener una primera visión global y simple de todo lo que el profesor pretende que aprenda.

Se valora que una de las causas del fracaso escolar está en la dificultad, por parte de algunos estudiantes, de identificar el objeto de la enseñanza que están recibiendo. Diversos estudios muestran que a menudo no hay coincidencia entre los objetivos propuestos por los enseñantes y los percibidos por los alumnos y que aquellos alumnos que reconocen lo que se les pretende enseñar, y cómo, son los que aprenden de forma más significativa.

Estas actividades también tienen la finalidad de diagnosticar las situaciones de partida de cada estudiante y del conjunto de la clase. El profesorado puede reconocer los razonamientos verbalizados por el grupo de alumnos y alumnas, el uso que hacen de las palabras, sus dificultades al aplicar distintos procedimientos, los aciertos o intuiciones que han de posibilitar la evolución de sus aprendizajes, sus actitudes hacia los nuevos aprendizajes, etc., y en función de ellos puede prever los sistemas de regulación más idóneos para adecuar la programación al punto de partida de cada estudiante.

Al mismo tiempo los estudiantes pueden reconocer que entre ellos hay diversidad de puntos de vista, de explicaciones, de interpretaciones, etc., y que sus razonamientos no son tan coherentes como piensan, o que, cuando quieren comunicar alguna idea, sus compañeros y compañeras no les entienden. Se ha comprobado que uno de los problemas que dificultan el aprendizaje de los alumnos es su convencimiento de que ya tienen los conocimientos adecuados sobre los contenidos que se les propone aprender. Sus posibles errores o dificultades los atribuyen más a «despistes» u olvidos momentáneos que no a falta de conocimiento.

## **b) Actividades de introducción de conceptos/procedimientos o de modelización**

Las actividades de este tipo están orientadas a favorecer que el estudiante identifique nuevos puntos de vista en relación a los temas objeto de estudio, formas de resolver los problemas o tareas planteadas, características que le permitan definir los conceptos, relaciones entre conocimientos anteriores y los nuevos, etc. Las propuestas metodológicas pueden ser distintas, en función tanto del tipo de contenido a enseñar como de los conocimientos anteriores del alumnado.

La tarea del enseñante consiste en introducir nuevas vivencias o experiencias, nuevas formas de mirar, nuevas variables, nuevas analogías, nuevas técnicas, nuevos algoritmos, etc., y promover la cooperación entre los estudiantes con el objetivo de un avance conjunto del grupo-clase en la resolución de las tareas propuestas. Las actividades deberán proporcionar instrumentos de análisis de las experiencias e informaciones y facilitar la identificación de las características que definen un concepto o de las operaciones que se deben efectuar para resolver una tarea.

En general, es conveniente partir de situaciones concretas, materializadas, para ir analizándolas por partes utilizando progresivamente lenguajes más abstractos. Es decir, primero se manipulan los objetos y se experimenta con ellos para luego pasar a representar las acciones y las ideas con distintos lenguajes y a formalizarlas. Todo ello para aumentar el nivel de apro-

piación del sujeto de las acciones, desde formas próximas a las experiencias de los estudiantes, materiales, simples y concretas, hasta formas mentales internas.

Por ejemplo, si se quiere que los estudiantes construyan un modelo geométrico para explicar la producción de sombras o de imágenes, las primeras actividades deberán ser concretas y manipulativas, es decir, inicialmente se deberá «jugar» con los focos de luz, los objetos, los espejos o las lentes, para pasar luego a la elaboración de modelos manipulativos (con hilos que representen los rayos de luz) y sólo en último lugar pasar a representar los rayos dibujándolos sobre el papel. En cambio, si la enseñanza se inicia con esta última acción, dibujando en la pizarra los modelos geométricos abstractos, tan sólo unos pocos estudiantes podrán apropiarse del nuevo conocimiento.

Esta secuenciación es importante si se quiere conseguir que todos los estudiantes progresen. Los ritmos de aprendizaje son distintos, y una parte del alumnado se pierde en el proceso. Los profesores son expertos en los temas que enseñan y pueden no tener en cuenta aspectos o pasos que para algunos estudiantes son imprescindibles para que el aprendizaje sea significativo.

Dos son, por tanto, los aspectos que se deberán tener muy presentes:

- Por un lado, la secuenciación del proceso didáctico, sin obviar aspectos o formas que puedan ser importantes para facilitar la construcción del conocimiento por parte de todos los estudiantes.
- Por otro lado, la evaluación continua para poder reconocer cuándo un alumno o alumna no sigue el tema o se ha bloqueado y poder arbitrar, en este preciso momento, los medios que le ayuden a superar las dificultades.

### **c) Actividades de estructuración del conocimiento**

El proceso a través del cual se pretende ayudar al estudiante a construir el conocimiento está generalmente guiado por el profesorado y siempre es consecuencia de la interacción con los compañeros. Pero la síntesis o ajuste es personal, y lo hace cada alumno o alumna. Podemos decir que ha aprendido si es capaz de reconocer los modelos elaborados y de comunicarlos, utilizando los instrumentos formales que se usan en las diferentes disciplinas. Estos instrumentos deben estar relacionados con las preguntas o problemas planteados inicialmente y deben posibilitar la esquematización y estructuración coherente de las distintas formas de resolución.

Una síntesis elaborada en el transcurso de una unidad temática es forzosamente provisional, ya que los aprendizajes realizados no deben considerarse como puntos finales, sino como etapas de un proceso que discurre, de hecho, a través de toda la vida.

Son ejemplos de actividades la elaboración por parte de los propios estudiantes de esquemas, mapas conceptuales, bases de orientación, «V» de Gowin, modelos matemáticos o, sencillamente, resúmenes de sus aprendizajes. A través de ellas los estudiantes deben explicitar cómo abstraen las ideas principales del trabajo realizado, ideas que deberán poder aplicar a situaciones nuevas y distintas a las utilizadas en la fase de apropiación.

Cada estudiante debe encontrar su propia forma de expresar sus conocimientos. En general, no sirven las definiciones dadas por el enseñante, ni los esquemas que se pueden encontrar en libros de texto, ni los que en clase se han escrito en la pizarra, ni los de un compañero, ni los mapas conceptuales ya elaborados. Por el contrario, es necesaria una elaboración personal que se pueda contrastar con la del enseñante o con las de los otros compañeros y compañeras. La diversidad de formas de sintetizar un mismo aprendizaje y la confrontación entre ellas es lo que posibilita avanzar en este proceso largo y complicado que es aprender.

En consecuencia, la tarea del enseñante, más que transmitir modelos ya elaborados, es promover que cada estudiante comunique su propio modelo, valorando sus aproximaciones y sus aciertos y promoviendo la autocrítica. Algunas síntesis pueden ser muy concretas, muy

simples, pero para algunos de los estudiantes representan pasos importantes que le permiten afrontar la resolución de las tareas. No se puede pretender que todos lleguen al mismo nivel de elaboración de los contenidos trabajados en el aula, pero sí se debe conseguir que todos progresen desde su punto de partida, y que el mayor número pueda tener éxito en la resolución de tareas.

#### **d) Actividades de aplicación**

Se considera que, para conseguir que el aprendizaje sea significativo, se deben ofrecer oportunidades a los estudiantes para que apliquen sus nuevos conocimientos a situaciones o contextos distintos. También es importante que reconozcan cuáles han sido sus progresos, sus cambios, es decir, que pongan en funcionamiento los componentes metacognitivos de todo aprendizaje.

Esta fase también puede propiciar que el alumnado se plantee nuevas cuestiones sobre la temática estudiada, que utilice distintos lenguajes para explicitar sus representaciones, etc., ya que el modelo elaborado sólo es un modelo provisional que irá evolucionando y enriqueciéndose a medida que se aplique a nuevas situaciones didácticas.

Uno de los problemas más importantes que el enseñante tiene que afrontar en su tarea es el hecho de que los estudiantes no transfieren fácilmente los aprendizajes, hechos a partir de manipulaciones y experiencias con ejemplos concretos, a otros núcleos de experiencias con los que están relacionados, pero cuya relación no perciben (Driver, 1988). Para ellos, cada nueva situación es un nuevo aprendizaje. La búsqueda de anclajes en la estructura cognitiva de los alumnos que faciliten esta transferencia es el reto que se debe afrontar para poder dar respuesta al problema de la gran cantidad de contenidos que se pretende que los estudiantes aprendan en sus etapas de escuela obligatoria.

Desde el punto de vista de atención a la diversidad, en esta fase se pueden diferenciar fácilmente las propuestas de trabajo, teniendo en cuenta tanto los intereses de los estudiantes como sus niveles y ritmos de aprendizaje. Así, pueden ser objeto de diversificación:

- Las situaciones o contextos en los cuales se apliquen los nuevos conocimientos, que pueden ser escogidos por los mismos alumnos en función de sus intereses, de futuros estudios o de otros aspectos.
- El grado de complejidad de las situaciones seleccionadas. Los estudiantes más aventajados pueden superar niveles de dificultad con mayor rapidez que los que tienen más dificultades. El material didáctico puede prever fácilmente tareas distintas sin complicar demasiado la gestión de la clase para el enseñante.

En el esquema de la figura 4 se resume este proceso.



**Figura 4.** Fuente Jorba y Sanmartí, 1996

## La función y tipología de las actividades de evaluación formativa

Cambiar el modelo sobre cómo aprenden los alumnos y, en consecuencia, sobre cómo enseñar, conlleva un cambio en todas las prácticas educativas incluidas en la profesión de enseñante. Sin duda, uno de los cambios más radicales es el que hace referencia a la función de las actividades de evaluación, a su tipología, a su relación con las otras actividades que se realizan en el marco escolar y, muy especialmente, a quién es el que evalúa.

Desde los planteamientos socioconstructivistas del aprendizaje, la evaluación, y más aún, la autoevaluación y la coevaluación, constituyen forzosamente el motor de todo el proceso de construcción del conocimiento. Constantemente el enseñante y los que aprenden deben estar obteniendo datos y valorando la coherencia de los modelos expuestos y de los procedimientos que se aplican y, en función de ellos, tomando decisiones acerca de la conveniencia de introducir cambios en los mismos.

No es el enseñante quien da la información que el alumno precisa, como tampoco es el mismo estudiante quien *descubre* cuál es la información que necesita. Más bien nos encontramos con que el estudiante va identificando lo que conoce, lo que observa y lo que dicen los demás, valora si le interesa o no y toma decisiones sobre si le es útil incorporar los nuevos datos y las nuevas formas de razonar. Y el enseñante también evalúa qué sucede en el aula, cómo los estudiantes razonan y actúan, y toma decisiones sobre qué situaciones didácticas, qué actividades, qué propuestas plantea al grupo para facilitar una cierta evolución del pensamiento, de las actuaciones y de las actitudes de su alumnado.

En el marco de este modelo de enseñanza, la evaluación y la autoevaluación formativa tiene

la función de motor de la evolución o cambio en la representación del modelo. Sin autoevaluación del significado que tienen los nuevos datos, las nuevas informaciones, las distintas maneras de entender o de hacer no habrá progreso. Sin evaluación de las necesidades del alumnado, no habrá tarea efectiva del profesorado. Por ello, se puede afirmar que enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables.

¿Qué aspectos del proceso de aprendizaje son los más importantes a evaluar y en qué momentos? Aunque para esta pregunta habría muchas respuestas, creemos de interés la formulada por Nunziati (1990). En su propuesta, se considera que es fundamental regular (y auto-regular) en el alumnado:

- El grado de identificación de los objetivos de las actividades de aprendizaje.
- La calidad de los planes de acción para resolver las tareas.
- El grado de identificación de los criterios de evaluación.

### **a) Evaluación del grado de identificación de los objetivos de las actividades de aprendizaje**

En general, el profesorado es consciente de lo que quiere que sus estudiantes aprendan a través de las actividades que propone. Y muchas veces cree que sus objetivos son compartidos por ellos, es decir, que son reconocidos y comprendidos. Pero una buena parte del alumnado de una clase tiene dificultades en reconocer cuáles son las finalidades del trabajo que realiza y sólo unos pocos son capaces de explicar qué es lo que consideran que están aprendiendo.

El problema fundamental desde el punto de vista didáctico no es la explicitación de los objetivos por parte del profesorado, sino la construcción de una representación de estos objetivos por parte del que aprende. Para ayudar a los estudiantes en esta elaboración no basta con enumerarlos tal como los podría formular el enseñante, sino que las actividades que realiza el alumnado deben facilitarle la elaboración progresiva de su propia representación del motivo y de las finalidades del trabajo a realizar. Ello implica que es necesario evaluar cómo los estudiantes se van representando dichas finalidades y regular dichas representaciones.

Instrumentos para evaluar cómo los estudiantes se representan los objetivos de sus actividades son los cuestionarios abiertos, KPSI, mapas conceptuales, diarios de clase, etc., incluidos en los materiales que se acompaña.

### **b) Evaluación de la capacidad de anticipación y planificación de la acción**

¿Qué quiere decir que un alumno sea capaz de anticipar y planificar la acción? La anticipación es como una predicción, antes de llevarlo a cabo, sobre el resultado que se obtendrá si se realiza un acto concreto, o sobre la importancia de seguir un determinado itinerario para alcanzar el objetivo que nos hemos planteado.

La planificación de la acción es la elección de un determinado orden de realización, es un plan de trabajo, que evolucionará y se modificará según cuáles sean los resultados que se obtengan en el itinerario elegido. Si un alumno sabe anticipar y planificar las acciones significa que es capaz de representarse mentalmente las acciones que ha de llevar a cabo para tener éxito en la resolución de las tareas que se le proponen o en la aplicación de los conceptos, procedimientos y teorías que ha aprendido.

Por ello, en relación al aprendizaje significativo, se podría afirmar que es más importante evaluar la calidad de la planificación de la acción para construir gráficos, a calcular la densidad de un cuerpo, a identificar los elementos químicos, a resumir un texto, a relacionar un hecho con una teoría, etc., que no la de la realización de ejercicios concretos con estas demandas.

Instrumentos idóneos para la evaluación de esta capacidad son las bases de orientación, los mapas conceptuales, las V de Gowin, la elaboración de esquemas y resúmenes, etc.

### **c) Evaluación del grado de identificación de los criterios de evaluación**

¿Qué son los criterios de evaluación? *Los criterios de evaluación son las normas, a menudo implícitas, a las cuales el profesorado se refiere para decir que un estudiante ha comprendido una lección, sabe hacer una tarea u organizar su trabajo, mantener con los otros relaciones interpersonales positivas, etc.* (Nunziati, 1990). Generalmente, son aspectos que se tienen más o menos interiorizados y en el análisis de tareas o en la redacción de las pruebas se actúa de forma intuitiva. No es de extrañar, pues, que en la práctica se evalúen contenidos que no son muy importantes ni representativos de los aprendizajes promovidos, o que se vayan cambiando los criterios en función de la lectura de los trabajos del alumnado.

La dificultad está en explicitar para uno mismo y para los demás cuándo se considerará que una respuesta es la adecuada, si se ha sabido hacer una tarea, o si una actitud es positiva. Ante preguntas como *demuestra, describe, explica, resuelve, relaciona, ...* cada enseñante tiene criterios distintos para identificar como adecuadas las respuestas de los estudiantes. También puede ser que se varíen los criterios en función del alumno o alumna evaluado.

Al mismo tiempo el uso de términos polisémicos para la calificación de los trabajos como *de calidad o insuficientes, superficiales o buenos, originales o copiados*, etc. implica que cada evaluador les da su propio significado. El estudiante sólo percibe la connotación afectiva de la palabra utilizada, pero raramente reconoce qué aspectos debe regular para mejorar su producción.

Hay estudiantes que reconocen e interiorizan las normas implícitas de evaluación de los enseñantes sin necesidad de que éstos las expliciten. Pero éste no es el caso general, por lo que se deben diseñar actividades con estas finalidades específicas.

En el marco de la evaluación entendida como un proceso de regulación y de autorregulación, los criterios no son simples instrumentos de control establecidos por el profesor, sino conocimientos que han de posibilitar que cada estudiante pueda autoevaluar su producción y, en consecuencia, regularla.

Las actividades y estrategias didácticas que se muestran adecuadas para facilitar la tarea de los estudiantes en el proceso de apropiación de los criterios del enseñante son, básicamente: el recurso sistemático a la autoevaluación, la evaluación mutua y la coevaluación, así como las actividades de análisis de producciones ya acabadas. Instrumentos útiles son la elaboración conjunta de parrillas de evaluación o la explicitación de los criterios en contratos didácticos.

Analizando la evaluación desde la perspectiva anteriormente descrita, se constata que no se pueden diseñar las actividades de evaluación al margen del diseño de las actividades de enseñanza. Es más, en muchos casos las actividades de enseñanza y las de evaluación deben coincidir, si es que se parte del punto de vista del aprendizaje como un proceso fundamentalmente metacognitivo.

## **La gestión del aula**

Las estructuras de gestión del aula basadas en un enseñante que explica y un conjunto de alumnos y alumnas que escuchan silenciosos son absolutamente distintas de las que promueven que los estudiantes hablen, discutan, pregunten, trabajen en grupo, seleccionen lecturas, ... Pero los modelos de enseñanza-aprendizaje constructivistas se basan forzosamente en estos últimos tipos de interacción, por lo que es importante ver cómo se pueden institucionalizar en el aula sin que ello comporte desorden.

El aula debe gestionarse de forma que se creen entornos de aprendizaje que fomenten un

ambiente de clase y valores tendentes a facilitar la verbalización de las ideas y de las formas de trabajo, el intercambio de puntos de vista, el respeto a todos ellos, su confrontación y la elaboración de propuestas consensuadas.

Todo ello debe planificarse teniendo en cuenta la diversidad entre el alumnado de un grupo-clase. Desde una visión de *Ciencias para todos*, no se puede pensar en un tipo de organización en el que todos los estudiantes estén siempre desarrollando el mismo tipo de actividades, por lo que se deberán poner en práctica estructuras de gestión distintas a las tradicionales.

En este apartado se profundizará en la gestión del aula en las clases de Ciencias, fundamentalmente desde el punto de vista de:

- Cómo promover interacciones que favorezcan la autorregulación.
- Cómo atender a la diversidad del alumnado.

## a) Cómo promover interacciones que favorezcan la autorregulación

La situación de aprendizaje es, fundamentalmente, una situación social de comunicación y un lugar de interacción entre profesorado y alumnado y entre los mismos alumnos alrededor de una tarea o de un contenido específico. El enseñante intenta facilitar el aprendizaje a partir de intervenciones relacionadas tanto con los aspectos conceptuales como con los procedimentales y los actitudinales. Los estudiantes aprenden discutiendo entre ellos y con el profesor, comparando, desarrollando valores y actitudes más o menos favorables al aprendizaje, etc. Y todo ello, en relación a determinados contenidos, que son el objeto de estudio en el aula, y al uso de determinados materiales y recursos didácticos, cada uno de los cuales genera también nuevos valores, estrategias y formas de ver. No se pueden analizar las interacciones en el aula al margen de los contenidos que se tratan ni de los tipos de materiales que se utilizan o de las tareas que se llevan a cabo.

Este enfoque de la situación de enseñanza/aprendizaje, como un acto de comunicación, subraya la continua influencia conjunta de los conflictos sociales y culturales, y de los conflictos cognitivos sobre el desarrollo de los procesos de pensamiento de los estudiantes. El aprendizaje es un proceso muy complejo en el que son fundamentales las relaciones que se establecen entre alumnos y profesores, las cuales se rigen por un conjunto de códigos explícitos e implícitos que conforman el comportamiento de unos y otros.

Elementos clave de este proceso son la **comunicación** entre los actores de la situación didáctica para favorecer la **negociación** de los diferentes puntos de vista con la finalidad de llegar a una **concertación**, es decir a un pacto. Ello implica la necesidad de promover situaciones de aprendizaje que favorezcan la **verbalización** de las propias formas de pensar y de actuar, ya que permite **explicitación** de las diversas representaciones y la **contrastación** entre ellas, lo que puede conllevar su evolución y mejora.

El análisis de las formas comunicativas en las clases de ciencias es objeto de muchos estudios. Por ejemplo, qué tipo de preguntas hacen los profesores y los estudiantes, a qué estudiantes se pregunta y, muy especialmente, el tiempo que el profesor deja entre una pregunta y la respuesta, ya que muchos trabajos muestran que ésta es una variable muy importante en el aprendizaje. Pero por su relevancia es interesante profundizar en el trabajo en grupos cooperativos.

El **trabajo en grupo**, aunque se utiliza a menudo en las clases de ciencias cuando se hacen actividades experimentales, es uno de los que plantean mayores dificultades al profesorado. En general, no hay silencio en el aula, se observa un cierto desorden, algunos de los grupos tienen problemas para organizarse, unos estudiantes van a remolque de los otros, copian o hablan entre ellos de temas alejados del objetivo del trabajo, etc. Todo ello hace que, en general, no se valore el trabajo en grupo como forma de organización del aula útil para el aprendizaje.

Pero el trabajo en grupo, en determinados momentos, tiene cualidades y ventajas que lo hacen imprescindible. Permite que cada estudiante aprenda a integrarse en un colectivo, a compartir las ocupaciones, a coordinar los esfuerzos, a encontrar vías para solucionar problemas y a ejercer responsabilidades. El mayor valor y la mayor dificultad del intercambio intelectual en un grupo se basa en que ponen al individuo ante puntos de vista diferentes del suyo.

Para que la discusión sea posible, es necesario que cada participante comprenda el punto de vista ajeno. En las discusiones en gran grupo, es difícil que este esfuerzo de comprensión se produzca. En general, las discusiones son conducidas por el enseñante, y el alumnado sabe que sus intervenciones son sólo etapas que conducen al momento en que el profesorado explica cuál es la interpretación *correcta*. Por ello, la mayoría de estudiantes no *activan* su mente en la discusión ya que sólo esperan identificar la *verdad* del profesor o profesora.

Las condiciones intelectuales de la cooperación se cumplen en un grupo cuando cada integrante del mismo es capaz de comprender los puntos de vista de los demás y adaptar su propia acción o contribución verbal a la de ellos. El estudiante razona con más lógica cuando discute con otro. Frente a los demás, lo primero que se busca es evitar la contradicción y, también, la objetividad, demostrar, dar sentido a las palabras y a las ideas, etc.

La cooperación es lo que permite sobrepasar las intuiciones egocéntricas iniciales y tener un pensamiento móvil y coherente. Es difícil que se adquieran hábitos intelectuales rígidos y estereotipados cuando hay la obligación de tener en cuenta otros puntos de vista además de los propios y de establecer relaciones entre los propios pensamientos y los de los compañeros.

Todo ello comporta que el trabajo en grupo favorezca a todo tipo de estudiantes, tanto a los que tienen dificultades de aprendizaje como a los que no. A los primeros, porque el pequeño grupo facilita la expresión de sus dudas y puntos de vista, cosa difícil en el marco del gran grupo. A los segundos, porque la necesidad de explicitar los propios razonamientos obliga a concretarlos y desarrollarlos de manera lógica, escogiendo las palabras más adecuadas. Es bien sabido que sólo se es capaz de explicar algo a los demás cuando está bien aprendido.

Al mismo tiempo, facilita el trabajo del profesorado. En el pequeño grupo tiene lugar un proceso de regulación de muchas de las dificultades de sus componentes, por lo que al enseñante sólo le llegan los problemas que el grupo no ha sabido resolver.

Para que los grupos puedan llegar a «funcionar» es necesario institucionalizarlos promoviendo la explicitación de las «reglas de juego». Éstas se referirán a su:

- Composición
- Los tipos de trabajo a realizar
- La relación entre el trabajo individual y de grupo

En relación a su composición se deberán tener en cuenta variables como: la diversidad de niveles de aprendizaje, la diversidad de género, la diversidad de capacidad de liderazgo, los problemas de comportamiento, las relaciones afectivas entre los miembros, etc. En función de las tareas, a veces será conveniente que los grupos sean heterogéneos u homogéneos.

Todas estas variables es conveniente negociarlas y pactarlas con el conjunto del grupo-clase. De la misma forma se pueden pactar la distribución de funciones entre los componentes: coordinador/a, portavoz, secretario, material u otras, al igual que la periodicidad de los cambios de grupo. Para mejorar el grado de institucionalización es conveniente escribir los acuerdos mediante contratos didácticos y revisarlos periódicamente.

En relación a las tareas debe evitarse que se confunda trabajo en grupo con división del trabajo. El trabajo en grupo es fundamental en tareas en las que es necesario poner en común y coordinar diferentes puntos de vista.

Desde la perspectiva del aprendizaje cooperativo, el trabajo en grupo sólo puede tener lugar a partir de las aportaciones individuales de todos los miembros que son comparadas y discutidas. Para que tenga lugar esta discusión es necesario que cada componente haya reflexionado sobre la tarea y haya verbalizado su propio punto de vista. Sin este paso previo no puede haber

trabajo en grupo, ya que el estudiante que no ha pensado sobre el problema no puede participar en la discusión y su papel se reducirá a copiar las soluciones de los demás.

Al mismo tiempo, es necesario que después de la reconstrucción de la tarea en grupo, cada estudiante tenga un nuevo espacio de reelaboración personal, para encontrar las propias formas de expresión.

## **b) Cómo atender a la diversidad del alumnado**

Conciliar democratización de la enseñanza y calidad parece ser algo imposible. Y, en cambio, en la base de la Reforma hay este gran objetivo implícito: conseguir que una gran mayoría de estudiantes aprendan de forma significativa.

Es de todos conocida la dificultad para atender a la gran variedad de niveles, ritmos de aprendizaje e intereses del alumnado de un grupo-clase. Cada estudiante requeriría una dedicación exclusiva del enseñante, lo cual en la práctica es imposible. Por ello se deben arbitrar sistemas que permitan dicha atención en el marco del aula.

Al mismo tiempo, y como ya hemos visto, la diversidad debería poder ser aprovechada para favorecer el aprendizaje en vez de ser un obstáculo para el mismo (Sanmartí, 1994). El análisis de posibles maneras de diferenciar y organizar el currículo de un grupo-clase permite poner de manifiesto que unas formas facilitan más que otras la interacción entre el alumnado.

En una clase hay muchas «diversidades» aunque el profesorado acostumbra sólo a pensar en términos de rendimiento escolar. En la clase de ciencias es importante tener en cuenta, además de la diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje, la diversidad de género y la diversidad de intereses y de motivación.

No es el objeto de este escrito profundizar en este apartado, pero sí que conviene remarcar la importancia de anticipar y planificar formas de trabajo que tengan en cuenta esta diversidad.

Es importante tener muy en cuenta la diversidad de género desde las áreas científicas en currículos con elevada optatividad, ya que las chicas escojen en mucha menor proporción que los chicos este tipo de aprendizajes. En las actividades será importante tener en cuenta las ilustraciones de los libros de texto, el lenguaje utilizado, el olvido de las mujeres que han trabajado en ciencias, los ejemplos o contextos utilizados, en general, mucho más cercanos a los chicos que a las chicas, etc.

También es necesario cuidar las relaciones que se establecen con los estudiantes según sean chicos o chicas. A quién se pregunta, qué tipos de preguntas se hacen según el género, cuáles son los niveles de exigencia, cómo se distribuyen las tareas en el laboratorio o en el trabajo en grupo, etc. También son muy importantes las expectativas del profesorado en relación a la orientación profesional.

La diversidad de motivaciones e intereses es otro de los factores a tener en cuenta. Pueden estar causadas tanto por estilos de aprendizaje diversos, como por condicionamientos culturales o de género. Pero el profesorado debe revisar si a través de su programación sólo se da respuesta a un tipo de intereses o estilos y se marginan otros. Muchas veces, más que diversificar aquello que se hace en clase, es conveniente diversificar el currículo a través del curso para que todos los intereses puedan tener cabida y, al mismo tiempo, todos puedan ser explorados.

La diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje requiere que la programación posibilite que todos los estudiantes aprendan desde sus puntos de partida. Es decir, no se trata tanto de que todos aprendan lo mismo, como de que cada uno progrese. Para conseguirlo no es tan importante diversificar las actividades como planificarlas de manera que los niveles de elaboración del conocimiento puedan ser diversos. Si la clase está organizada cooperativamente, los mismos estudiantes son capaces de ayudarse entre ellos, por lo que la responsabilidad de los aprendizajes es compartida por todo el grupo-clase.

En general, cualquier forma de atención a la diversidad exige disponer de materiales didác-

tivos variados y bien elaborados. Los libros de texto, por su misma estructura, no pueden cumplir dicha función. Tienen un número de páginas muy limitado; dan una única información, ya estructurada y construida, común para todos los estudiantes y sin tener en cuenta los diferentes referentes; las actividades son muy sintéticas, con lo cual se dejan de incluir instrucciones e informaciones necesarias para la comprensión de muchos de los estudiantes, etc.

Un buen diseño didáctico para atender a la diversidad debe:

- Permitir diferenciar los conocimientos mínimos que se pretende que todos los alumnos aprendan de los que pueden ser objeto de ampliación. En clase se habla y se trabaja en relación a muchas cosas, pero convendría distinguir entre los contenidos básicos y los complementarios.
- Secuenciar los aprendizajes por orden de dificultad y de proximidad entre los nuevos contenidos y los que ya se conocen, atendiendo muy especialmente a los procedimientos.
- Iniciar las secuencias con actividades concretas y simples, cercanas a sus intereses y en las que todos los alumnos puedan tener éxito, y aumentar progresivamente su grado de abstracción y de complejidad.
- Diferenciar algunas actividades, especialmente las de aplicación, posibilitando que algunos estudiantes realicen ejercicios más complejos que otros.
- Se debe evitar, tanto al dar información como al proponer tareas concretas, los datos, las operaciones y las acciones implícitas. Se debe facilitar que el alumnado pueda pasar del nivel de lectura literal, al inferencial, al evaluativo y al creativo. Es cierto que el profesorado también puede dar dicha información, pero, en este caso el estudiante dependerá de él. Seguramente la función del enseñante puede centrarse más en la regulación del uso que hace el alumnado de la información recibida que no en darla él mismo.

Estas breves ideas, que sin duda se pueden ampliar, se refieren a estrategias didácticas relacionadas con el currículo específico de ciencias. No hay duda que responder a las necesidades de todos los estudiantes requiere, además, respuestas de tipo estructural comunes a todo el centro. Hay problemáticas que no se pueden resolver en el contexto de la clase de ciencias sino que requieren el trabajo colectivo de todo el profesorado de un curso y/o la colaboración de equipos de apoyo.

## **Epílogo**

Como se puede comprobar, el oficio de enseñar ciencias es complejo y necesita de algo más que un buen conocimiento de las disciplinas. Se puede afirmar que estas necesidades se tienen poco en cuenta tanto por parte de la administración educativa como de la sociedad en general. Se acostumbra a pensar que la enseñanza es un tipo de trabajo privilegiado al contar como trabajadas sólo las horas de docencia. Pero dar respuesta a las necesidades de todos los estudiantes requiere muchas horas de dedicación paralelas.

Sin duda, si se puede disponer de nuevos materiales didácticos como el de esta publicación, y de soportes tecnológicos, como recursos audiovisuales e informáticos, se podrá conseguir una mayor efectividad en el trabajo. Pero seguramente aún es lejano (si es que se llega a ello) el día en que la enseñanza sea el resultado de la aplicación de una determinada tecnología. No en vano, es uno de los campos donde la informática, a pesar de las inversiones e investigaciones realizadas, ha substituido en muy escasa proporción a la actividad humana.

Ello nos muestra que un material didáctico no es bueno en sí mismo (aunque hay unos mejores que otros) sino en función del uso que hace de él el enseñante, es decir, de cómo lo

transforma y adapta para responder a las necesidades de sus estudiantes. Cuanta mayor sea la variedad de recursos de que se dispongan, mayor será la probabilidad de que se puedan encontrar los más idóneos para cada situación. Pero, de momento el **arte** del enseñante y sus **concepciones e ideología** son variables fundamentales en la realización de su actividad.

Los materiales que se acompañan pretenden facilitar la tarea de los enseñantes proporcionando ideas, reflexiones, informaciones y recursos para la preparación y realización de las clases. Es un material complementario al del libro de texto, y en él, se recoge todo aquello que se necesita para planificar el trabajo en el aula. En concreto, en relación a cada tema objeto de estudio, incluye:

- Una revisión actualizada de los aspectos teóricos básicos.
- Una revisión de la evolución a lo largo de la historia de la ciencia de las principales ideas y teorías.
  - Un análisis de los principales contenidos y de su interrelación.
  - Una revisión de los estudios sobre las concepciones alternativas del alumnado.
  - Diversas propuestas de secuenciación y organización de contenidos, analizando los prerrequisitos y las posibles relaciones interdisciplinares y con los temas transversales.
  - Actividades redactadas para ser utilizadas directamente en el aula y documentos para consulta del alumnado.
  - Orientaciones e informaciones para el profesorado, así como transparencias, láminas, actividades prácticas y otros recursos.
  - Actividades de evaluación (inicial, a lo largo del aprendizaje y final), y orientaciones para su análisis.
  - Actividades diferenciadas para atender a la diversidad del alumnado.
  - Una bibliografía básica comentada, distinguiendo entre libros de consulta para el profesorado tanto en relación a los aspectos teóricos del tema como a los didácticos, libros de consulta para el alumnado y libros de recursos prácticos.
  - Descripción de material audiovisual que se puede encontrar en centros de profesores.
  - Selección de artículos de interés en relación a la enseñanza del tema.

Estos materiales se irán actualizando constantemente, ya sea ampliándolos, ya sea revisando y mejorando las propuestas iniciales. Esperamos que puedan facilitar el ejercicio del arte de cada enseñante para que la cultura científica pase a ser patrimonio de todo el conjunto de la sociedad y no sólo de unos pocos.

## ***Bibliografía de consulta recomendada***

### **Libros generales sobre Didáctica de las Ciencias:**

- Driver, R et al., (1991). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ed. Morata/MEC.
- Gil, D. et. al., (1991). *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Horsori/ICE UB. Barcelona.
- Giordan, A. y Vecchi, G., (1988). *Los orígenes del saber*. Sevilla: Díada Ed.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A., (1988). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Ed. Laia/MEC.
- Jiménez, M.P. et al., (1992). *Didáctica de las ciencias de la Naturaleza, Curso de actualización científica y didáctica*. Madrid: MEC.
- Jorba, J. y Sanmartí, N., (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.
- Llorens, J.A., (1991). *Comenzando a aprender Química: ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.

Marco, B. et al., (1987). *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Narcea.  
Novak, J.D. y Gowin, (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ed. Martínez Roca.  
Osborne, R. y Freyberg, P., (1991). *El aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.  
Reid, D.J. y Hodson, D., (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.

## Revistas:

«Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales». Barcelona: Ed. Graó.  
«Enseñanza de las Ciencias». Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona y Universitat de València.

## Referencias

Arca, M., Guidoni, P. y Mazzoni, P., (1990). *Enseñar Ciencia*. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.  
Brousseau, G., (1984). Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. *3e Ecole d'été de didactique des mathématiques*, Olivet.  
Bybee, R., (1993). *Reforming Science Education*. NY/London: Teachers College Press, Columbia Univ.  
Cañal, P., López, J.I., Venero, C. y Wamba, A.M., (1993). El lugar de las actividades en el diseño y desarrollo de la enseñanza: ¿cómo definir las y clasificarlas? *Investigación en la Escuela*, 19. 7-13.  
Campdell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J. & Waddington, D., (1994). Science: The Salters Approach – A case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education* 78(5), 415-447.  
Claxton, G., (1984). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza Psicología.  
Claxton, G., (1994). *Educación mentes curiosas*. Madrid: Aprendizaje/Visor.  
Chevallard, Y., (1985). *La transposition didactique*. Grenoble: La Pensée sauvage.  
Driver, R., (1985). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open Univ. Press.  
Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.  
Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P., (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.  
Duschl, R., (1994). Research on the History and Philosophy of Science. En: Gabel, D. (edra.): *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. NY: MacMillan Pub., 443-465  
Fensham, P., (1988). Beginning to teach Chemistry. En: Fensham, P., Gunstone, R. & White, R. (eds.) *The content of Science* London: The Falmer Press. 9-11.  
Giere, R. N., (1988). *Explaining science: A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.  
Guidoni, P., (1990). Pre-escolar i formació cultural de base. *Papers*, Fundació la Caixa. 26-34.  
Gutiérrez, R., (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad*. Tesis doctoral. Universidad Complutense. Madrid.  
Johsua, S. y Dupin, J.J., (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. París: PUF.  
Jorba, J. y Sanmartí, N., (1996). *Enseñar a aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Madrid: MEC.  
Martín Díaz, 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.  
Mellado, V. y Carracedo, D., (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

- Novak, J., (1977), *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Ed.
- Nunziati, G., (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. *Cahiers pédagogiques*, 280, 47-64.
- Pozo, J. I., (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje* 57, 3-22.
- Sanmartí, N. y Jorba, J., (1995). Autorregulación de los procesos de aprendizaje y construcción de conocimientos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias*, 4, 59-78.
- Sanmartí, N., (1994). La atención a la diversidad en las clases de ciencias, ¿fuente de problemas o fuente de riqueza? *Aula Innovación Educativa*. Abril.
- Sanmartí, N., (1995). ¿Se debe enseñar «lengua» en la clase de «ciencias»? *Aula Innovación Educativa*. Octubre.
- The Salters, (1987). *Chemistry Course*, (13-16). University of York.