

CAPÍTULO III

Las fuentes del currículo

En este capítulo se destaca la importancia de tener en cuenta las aportaciones de las fuentes psicopedagógica, epistemológica y social, a la hora de diseñar un currículo científico para alumnos de 11 a 14 años. A través del análisis de todas ellas se enfatiza la necesidad de no menospreciar ninguna, a la vez que se observa una clara confluencia entre las sugerencias que se derivan de su estudio y la intersección existente entre sus aportaciones.

La fuente psicopedagógica suministra informaciones sobre la manera en que los alumnos construyen los conocimientos científicos. Los datos se han ido conformando a partir de la psicología cognitiva y la didáctica de las ciencias, aunque no se puede olvidar que las fuentes epistemológica y social también colaboran a la comprensión de la génesis del aprendizaje.

Se describen someramente las principales teorías sobre el aprendizaje: conductista, de Piaget, de Vigotsky, de Ausubel, y se hace especial hincapié en el análisis de las concepciones alternativas y en la evolución del modelo constructivista. Se tienen en cuenta las relaciones entre los factores cognitivos y afectivos y se realiza una breve reflexión sobre la incidencia en el aprendizaje de los procesos metacognitivos. Por último, se resumen las principales aportaciones desde esta fuente para la toma de decisiones curriculares.

En la fuente epistemológica se busca conocer la concepción de ciencia que debe estar presente en los currículos científicos que se diseñen para estas edades. Para ello se indaga en las di-



ferentes concepciones de la ciencia que parecen haber incidido más en la enseñanza. Se resumen las principales: acumulativa, empirista-inductivista, así como las aportaciones de Khun y Lakatos a las concepciones actuales. Se reflexiona sobre la diferencia entre la ciencia de los científicos y la que se presenta en las aulas y se finaliza con algunas sugerencias concretas que se deducen desde esta fuente para la elaboración del currículo científico.

La fuente social se considera de especial relevancia a la hora de decidir los objetivos de la enseñanza de la ciencia, así como la selección de contenidos y los enfoques metodológicos. Se parte de la necesidad de proponer currículos científicos en íntima relación con las necesidades sociales de los países para no provocar rupturas entre el mundo real y la escuela. Se destaca el enfoque actual en la enseñanza de las ciencias de las relaciones ciencia/técnica/sociedad y sobre todo su incidencia en la motivación de los alumnos para el aprendizaje científico.

III.1. La fuente psicopedagógica

La fuente psicopedagógica suministra información sobre cómo aprenden los alumnos, y, concretamente, cómo construyen los conocimientos científicos. Estos datos se han ido conformando a partir de la psicología cognitiva y, en los últimos años, de las investigaciones que se han realizado desde el campo de la didáctica de las ciencias. Sin embargo, es difícil separar las aportaciones de cada fuente curricular, ya que los estudios desde la epistemología de la ciencia han colaborado también a entender cómo se aprende ciencia a partir de las reflexiones sobre la construcción del saber científico. Además, se ha visto la gran incidencia que tiene en la motivación para el aprendizaje científico el hecho de relacionar la ciencia con las necesidades y problemas sociales.

Desde hace poco más de dos décadas se ha asistido al desarrollo de un nuevo cuerpo de conocimientos desde la didáctica de las ciencias, que ha supuesto un avance importantísimo en la comprensión de las dificultades que presentan los alumnos para entender los conoci-

mientos científicos, y, sobre todo, se han abierto nuevas perspectivas de investigación en la búsqueda de estrategias didácticas coherentes con los nuevos modelos de aprendizaje propuestos.

La preocupación por conocer cómo se adquieren las ideas sobre el funcionamiento de la naturaleza ha sido objetivo de la investigación desde hace mucho tiempo. Se presenta, a continuación, una somera revisión de las aportaciones más significativas, haciendo especial hincapié en las de los últimos veinte años.

La concepción conductista o behaviorista

Ha dominado gran parte de la mitad del siglo. Las investigaciones sobre el comportamiento animal hicieron pensar que el aprendizaje era una respuesta que se producía ante un determinado estímulo. La repetición era la garantía para aprender y siempre se podía obtener más rendimiento si se suministraban los refuerzos oportunos.

Esta concepción del aprendizaje, asociada al esquema estímulo-respuesta, era coherente con las concepciones epistemológicas empiristas-conductistas sobre la naturaleza del conocimiento y la investigación, que ya habían defendido Bacon en el siglo XVII y Pearson a finales del XIX. Para ellos la verdad está en la naturaleza y solo hay que descubrirla mediante una observación y experimentación cuidadosa, poniendo gran énfasis en la importancia de someter los datos a las pruebas o refutaciones.

Los años cuarenta fueron hegemónicos de esta concepción y debido a ello se eclipsaron otras tendencias que empezaban a surgir, para las que la comprensión humana se basaba en algo más que en la lógica del descubrimiento.

La aparición de la obra de Kuhn (1975) a principios de los años 60 y de Toulmin (1977) en el inicio de los años 70, sobre la importancia de los paradigmas en la investigación científica y el carácter evolutivo de los conceptos en la sociedad y el papel que desempeñan en la comprensión humana, se oponían definitivamente al punto de vista sostenido por los empiristas de la búsqueda humana de verdades absolutas. Además, las nuevas explicaciones estaban más próximas a la rea-



lidad del quehacer científico, que va construyendo conocimientos que no son definitivos y que continuamente se van reorganizando. El problema, por lo tanto, no consistía en ser más estricto en la búsqueda de pruebas o refutaciones, sino en tratar de buscar nuevas formas para favorecer los procesos creativos.

Según la concepción conductista del aprendizaje, se puede enseñar todo con unos programas organizados lógicamente desde la materia que se enseña. No existen consideraciones sobre la organización interna del conocimiento del que aprende, ni tampoco hay límites de edad. Las secuelas del conductismo, a pesar de las citadas objeciones desde la epistemología, tuvieron vigencia hasta la década de los setenta.

La teoría de Piaget

Las investigaciones del psicólogo y epistemólogo suizo Piaget (1969, 1970, 1971) constituyen una importante aportación para explicar cómo se produce el conocimiento en general y el científico en particular. Marcan el inicio de una concepción constructivista del aprendizaje que se entiende como un proceso de construcción interno, activo e individual. El desarrollo cognitivo supone la adquisición sucesiva de estructuras mentales cada vez más complejas; dichas estructuras se van adquiriendo evolutivamente en sucesivas fases o estadios, caracterizados cada uno por un determinado nivel de su desarrollo.

Según Piaget, entre los 7 y 11 años se consolidan estructuras cognitivas de pensamiento concreto, es decir, los alumnos interpretan la realidad estableciendo relaciones de comparación, seriación y clasificación. Precisan continuamente manipular la realidad y tienen dificultades para razonar de manera abstracta, pues están muy condicionados por los aspectos más observables y figurativos.

En la adolescencia, a partir de los 12 años, se empieza a razonar de manera más abstracta y se pueden utilizar representaciones de la realidad sin manipularla directamente. Comienza lo que el autor denomina pensamiento formal. Las habilidades intelectuales que caracterizan esta etapa están íntimamente relacionadas con los requerimientos que se exigen para el aprendizaje de las ciencias. Se es capaz de compro-

bar hipótesis, controlar variables o utilizar el cálculo combinatorio. Esta consideración hizo pensar que el aprendizaje científico sólo era posible si los alumnos habían adquirido el nivel de desarrollo formal (Martín 1992, Carretero 1993). Para Piaget el mecanismo básico de adquisición de conocimientos consiste en un proceso en el que las nuevas informaciones se incorporan a los esquemas o estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican y reorganizan según un mecanismo de asimilación y acomodación facilitado por la actividad del alumno.

Aunque las implicaciones educativas del modelo piagetiano no son muy claras y el autor nunca las pretendió, parece evidente que, según su teoría, el desarrollo cognitivo del alumno en un momento determinado o a lo largo de un estadio condiciona en gran medida el tipo de tareas que puede resolver y, en definitiva, lo que es capaz de aprender. Se deduce que hay que adaptar los conocimientos que se pretende que aprenda el alumno a su estructura cognitiva.

Las ideas de Piaget tuvieron gran difusión y se concedió mucha importancia a los estadios, lo que llevó a pensar que el aprendizaje modificaba poco las estructuras cognitivas que lo caracterizaban. Por otra parte la figura del profesor aparecía desdibujada, al asumir un papel de espectador del desarrollo y facilitador de los procesos de descubrimiento del alumno.

Las descripciones piagetianas de las competencias intelectuales según los estadios del desarrollo fueron revisadas sucesivamente. Se comprobó que dichas etapas eran muy amplias y se encontraron grandes diferencias entre los alumnos de las mismas edades, por lo que se concluyó que no eran tan universales como se había interpretado. Además, se constató que las estructuras lógicas que los alumnos utilizan dependen de otras variables como el contexto de la tarea y los aprendizajes específicos que los estudiantes han adquirido anteriormente. Se pone por lo tanto en cuestión la existencia de esas grandes etapas piagetianas de límites precisos, seriadas y coherentes.

Las ideas piagetianas constituyen una teoría psicológica y epistemológica global que considera el aprendizaje como un proceso constructivo interno, personal y activo, que tiene en cuenta las estructuras mentales del que aprende. Aunque algunos aspectos han sido cuestio-



nados, suponen un marco fundamental de referencia para las investigaciones posteriores; sobre todo, sus aportaciones pusieron en cuestión las ideas conductistas de que para aprender bastaba con presentar la información. Pusieron, además, el acento en la importancia para el aprendizaje científico de la utilización de los procedimientos del trabajo científico, aspecto que actualmente se ha revitalizado, desde una nueva óptica, a partir de las recientes investigaciones sobre la profundización de la concepción constructivista.

La teoría de Vigotsky

A la vez que se desarrollaban los estudios de Piaget se empezaron a conocer las investigaciones de la escuela rusa, sobre todo de Vigotsky (Rivière, 1985). Este autor estudió el impacto del medio y de las personas que rodean al niño en el proceso de aprendizaje y desarrolló la teoría del «origen social de la mente» (Wertsch, 1985).

El concepto básico aportado por Vigotsky es el de «zona de desarrollo próximo». Según el autor, cada alumno es capaz de aprender una serie de aspectos que tienen que ver con su nivel de desarrollo, pero existen otros fuera de su alcance que pueden ser asimilados con la ayuda de un adulto o de iguales más aventajados. Este tramo entre lo que el alumno puede aprender por sí mismo y lo que puede aprender con ayuda es lo que denomina «zona de desarrollo próximo» (Martín, 1992).

Este concepto es de gran interés, ya que define una zona donde la acción del profesor es de especial incidencia. En este sentido la teoría de Vigotsky concede al docente un papel esencial al considerarle facilitador del desarrollo de estructuras mentales en el alumno para que sea capaz de construir aprendizajes más complejos.

La idea sobre la construcción de conocimientos evoluciona desde la concepción piagetiana de un proceso fundamentalmente individual con un papel más bien secundario del profesor, a una consideración de construcción social donde la interacción con los demás a través del lenguaje es muy importante. Por consiguiente, el profesor adquiere especial protagonismo, al ser un agente que facilita el andamiaje para la superación del propio desarrollo cognitivo personal.



Vigotsky propone también la idea de la doble formación (Martín 1992), al defender que toda función cognitiva aparece primero en el plano interpersonal y posteriormente se reconstruye en el plano intrapersonal. Es decir, se aprende en interacción con los demás y se produce el desarrollo cuando internamente se controla el proceso, integrando las nuevas competencias a la estructura cognitiva.

La gran diferencia entre las aportaciones de Piaget y las de Vigotsky consiste en el mayor énfasis que pone el segundo en la influencia del aprendizaje en el desarrollo. Para Vigotsky el aprendizaje contribuye al desarrollo, es decir, es capaz de tirar de él; esta consideración asigna al profesor y a la escuela un papel relevante, al conceder a la acción didáctica la posibilidad de influir en el mayor desarrollo cognitivo del alumno.

La interacción entre el alumno y los adultos se produce sobre todo a través del lenguaje. Verbalizar los pensamientos lleva a reorganizar las ideas y por lo tanto facilita el desarrollo. La importancia que el autor ruso concede a la interacción con adultos y entre iguales ha hecho que se desarrolle una interesante investigación sobre el aprendizaje cooperativo como estrategia de aprendizaje (Echeita y Martín, 1990), y sobre todo ha promovido la reflexión sobre la necesidad de propiciar interacciones en las aulas, más ricas, estimulantes y saludables. En este sentido, el modelo de profesor observador-interventor (Coll 1987), que crea situaciones de aprendizaje para facilitar la construcción de conocimientos, que propone actividades variadas y graduadas, que orienta y reconduce las tareas y que promueve una reflexión sobre lo aprendido y saca conclusiones para replantear el proceso, parece más eficaz que el mero transmisor de conocimientos o el simple observador del trabajo autónomo de los alumnos.

La teoría de Ausubel

La hegemonía de las teorías conductistas hasta bien entrada la mitad del siglo, dificultó el conocimiento de otras investigaciones que empezaron a surgir en los años 50 y 60. Novak trabajaba en 1955 sobre un modelo de desarrollo cibernético del aprendizaje que trataba de explicar cómo se producía el almacenamiento y procesamiento de la in-



formación en la mente del que aprende. Ausubel publica en 1963 su obra *Psicología del aprendizaje verbal significativo* y sus ideas pronto fueron incorporadas por Novak a sus programas de investigación.

La teoría de Ausubel (1963) acuña el concepto de «aprendizaje significativo» para distinguirlo del repetitivo o memorístico y señala el papel que juegan los conocimientos previos del alumno en la adquisición de nuevas informaciones. La significatividad sólo es posible si se relacionan los nuevos conocimientos con los que ya posee el sujeto. La importancia de los conocimientos previos había sido ya anteriormente sugerida por Bartlett (1932) y Kelly (1955), pero adquiere mayor protagonismo al producirse gran coincidencia en las investigaciones durante los años 70 (Ausubel, 1963, Viennot, 1976, Novak, 1982).

Ausubel hace una fuerte crítica al aprendizaje por descubrimiento y a la enseñanza mecánica repetitiva tradicional, al indicar que resultan muy poco eficaces para el aprendizaje de las ciencias. Estima que aprender significa comprender y para ello es condición indispensable tener en cuenta lo que el alumno ya sabe sobre aquello que se le quiere enseñar. Propone la necesidad de diseñar para la acción docente lo que llama «organizadores previos», una especie de puentes cognitivos o anclajes, a partir de los cuales los alumnos puedan establecer relaciones significativas con los nuevos contenidos. Defiende un modelo didáctico de transmisión-recepción significativo, que supere las deficiencias del modelo tradicional, al tener en cuenta el punto de partida de los estudiantes y la estructura y jerarquía de los conceptos.

Coincide con Piaget en la necesidad de conocer los esquemas de los alumnos, pero no comparte con él la importancia de la actividad y la autonomía. Rechaza también las ideas sobre los estadios piagetianos ligados al desarrollo como limitantes del aprendizaje, y considera que lo que realmente lo condiciona es la cantidad y calidad de los conceptos relevantes y las estructuras proposicionales que posee el alumno.

Para Ausubel y Novak, lo fundamental, por lo tanto, es conocer las ideas previas de los alumnos. Consideran que para detectarlas las pruebas de lápiz y papel no son muy fiables y que son más adecuadas las entrevistas clínicas, aunque su uso en las aulas presenta dificultades. Proponen para ello la técnica de los mapas conceptuales (Moreira y Novak, 1988) que es capaz de detectar las relaciones que los alumnos estable-



cen entre los conceptos. Por medio de la enseñanza se van produciendo variaciones en las estructuras conceptuales a través de dos procesos que denominan «diferenciación progresiva» y «reconciliación integradora».

La diferenciación progresiva significa que a lo largo del tiempo los conceptos van ampliando su significado así como su ámbito de aplicación. Con la reconciliación integradora se establecen progresivamente nuevas relaciones entre conjuntos de conceptos. Las personas expertas parecen caracterizarse por tener más conceptos integrados en sus estructuras y poseer mayor número de vínculos y jerarquías entre ellos.

Ausubel definió tres condiciones básicas para que se produzca el aprendizaje significativo:

- Que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados.
- Que se organice la enseñanza respetando la estructura psicológica del alumno, es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje.
- Que los alumnos estén motivados para aprender.

La teoría ausubeliana aportó ideas muy importantes como la del aprendizaje significativo, el interés de las ideas previas y las críticas a los modelos inductivistas. Se ha cuestionado, sin embargo, el reduccionismo conceptual y sobre todo se ha abierto la polémica sobre el modelo didáctico que defiende de transmisión-recepción. Muchos investigadores cuestionan su pertinencia sobre todo en edades tempranas. Driver (1986) y Gil (1986) critican el modelo por considerar que no es capaz de resolver los problemas asociados a la persistencia de los errores conceptuales o concepciones alternativas. Éstas empezaron a investigarse con gran interés a partir de los años ochenta.

Las concepciones alternativas

La constatación de que, a pesar de las exposiciones claras y reiteradas sobre los conceptos y teorías científicas, existían y persistían erro-



res conceptuales, ha producido una profunda insatisfacción en la enseñanza de las ciencias, que ha cuestionado el modelo de enseñanza tradicional de transmisión-recepción.

Desde finales de los años 70 se ha desarrollado una amplia investigación desde la didáctica de las ciencias y desde la psicología cognitiva sobre lo que se han llamado ideas previas, errores conceptuales o, últimamente, concepciones alternativas. Se pretende conocerlas en los diferentes campos científicos y sobre todo se buscan alternativas desde la didáctica de las ciencias, para su modificación o evolución hacia ideas más acordes con las científicas.

Se entiende por concepciones alternativas aquellas ideas distintas de las científicas, que se han detectado en los estudiantes y adultos, con las cuales se interpretan los fenómenos en la realidad cotidiana y que buscan más solucionar los problemas que la vida plantea que profundizar en su comprensión. Generalmente estas ideas se adquieren antes de la instrucción. Se han investigado en todos los campos científicos, aunque prioritariamente en la Física y sobre todo en la Mecánica.

Las características que presentan han sido ya ampliamente difundidas (Driver, 1986). Se sabe que tienen gran coherencia interna y son comunes a estudiantes de diversas edades, géneros y culturas próximas. Son persistentes y no se modifican fácilmente por los sistemas tradicionales. A veces se han encontrado similitudes con concepciones del pensamiento científico de épocas pasadas.

Estas ideas de los alumnos interaccionan de manera muy diversa con las que se les pretende enseñar, produciéndose readaptaciones de las existentes, asimilaciones diferentes e incluso coexistencia sin mezcla de ambas.

También desde la psicología cognitiva se ha profundizado en las concepciones alternativas y sus causas. Pozo (1991) cita algunas de ellas: predominio de lo perceptivo, uso de un pensamiento causal simple y lineal, influencia de la cultura y la sociedad y efectos de la propia enseñanza. Distingue tres orígenes diferentes: *sensoriales* o espontáneas, *sociales* y *analógicas*.

Las de tipo *sensorial* o espontáneas responden a la necesidad de dar sentido a los sucesos cotidianos, a partir de los datos observados, utilizando reglas de inferencia causal. Serían el resultado del uso del

pensamiento causal simple cotidiano o lo que Gil y Carrascosa (1985) denominan el uso de la metodología de la superficialidad. Se han detectado una serie de reglas a las que responde este tipo de pensamiento cotidiano, de las cuales Pozo (1991, 1994) destaca las siguientes:

- Se buscan causas cuando se producen cambios. Las situaciones estables no suelen explicarse. Esto supone tener dificultades con la comprensión de conceptos como equilibrio, conservación, reacciones químicas, calor o distintos tipos de interacciones.
- Las causas que se emiten son frecuentemente aquellas que son más accesibles, es decir, las que más fácilmente puede recuperar la mente, bien porque se han atribuido recientemente, se han considerado mayor número de veces o han sido constatadas por experiencias directamente vividas.
- Se suelen conexionar relaciones entre causa y efecto y entre la realidad y el modelo que la representa. Esto da lugar a atribuir causas simples a situaciones complejas o a explicar la realidad a partir de sus modelos o a asignar propiedades antropocéntricas a otros seres.
- Es corriente establecer entre las causas y los efectos correspondencias cuantitativas. Cuando el efecto es muy intenso se buscan causas múltiples que suelen considerarse por suma y no por interacción.
- Entre causas y efectos se tiende a considerar relaciones de contigüidad espacial y temporal. Se atribuyen causas muy próximas a los efectos, e incluso en contacto con ellos, y a menudo se supone que las causas están muy próximas en el tiempo. Estas apreciaciones limitan la búsqueda de causas y dificultan la comprensión de fenómenos históricos, geológicos o evolutivos.
- Frecuentemente se tiende a relacionar causalmente dos hechos que se dan juntos, cuando puede suceder que ambos dependan de otra causa. Por ejemplo, se dice que se está enfermo porque se tiene fiebre.
- En la vida cotidiana existen dificultades para la cuantificación, siendo necesario avanzar en la comprensión y el uso de la proporcionalidad, la probabilidad y la correlación.



Las concepciones *sociales* son inducidas por el medio sociocultural, fundamentalmente a través del lenguaje. Muchos conceptos científicos tienen en la vida real significados distintos a los científicos, lo que entraña dificultades para reorganizar en la mente nuevos significados. Se hace necesario utilizar como punto de partida los significados cotidianos de conceptos como calor, fuerza, trabajo, fruto, o flor, para posteriormente propiciar una evolución en la amplitud del significado y acercarlo más a la concepción científica.

Las concepciones *analógicas* son las que se promueven desde la instrucción, cuando los alumnos no tienen ideas sobre determinado campo científico porque resulta muy alejado de su realidad. En estos casos se proporcionan a los alumnos modelos y analogías próximas para que comprendan mejor. Estas estrategias provocan errores al no ser capaces los alumnos de superar los modelos. Así, por ejemplo, se piensa que la sangre venosa es azul y la arterial roja debido a los colores que se usan en los esquemas de los libros y en el aula, para explicar la circulación sanguínea.

Las investigaciones sobre las concepciones alternativas han dado lugar a otra visión del aprendizaje que ha dominado la enseñanza de las ciencias en las dos últimas décadas y que está siguiendo un interesante proceso evolutivo. Resnick (1983) la ha denominado visión constructivista, porque de esta forma se quería hacer especial hincapié en el papel del que aprende. Las características fundamentales de esta visión las resume Driver (1986) en las siguientes:

- Lo que hay en las personas que aprenden tiene importancia.
- Encontrar sentido a lo que se aprende supone establecer relaciones. Se recuerdan mejor los conocimientos muy estructurados e interrelacionados.
- El razonamiento está asociado a cuerpos particulares de conocimientos en relación con contextos determinados. No se aplican habilidades de razonamiento general. Los afectos influyen en los avances cognitivos.
- Quienes aprenden construyen activamente significados. Se interpreta la realidad con las estructuras conceptuales que se tienen, sometiéndolas a hipótesis y comprobaciones sensoriales. Si

no se aprende se intentan nuevas construcciones o se abandona la interpretación de la situación por carente de sentido. A veces se producen reestructuraciones profundas de los conocimientos para dar sentido a las situaciones, pero este proceso de cambio de estructuras conceptuales es muy complejo.

- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

Esta nueva concepción del aprendizaje ha originado una amplia investigación didáctica que busca facilitar lo que se ha llamado el cambio conceptual. Los diferentes modelos didácticos para provocar cambios conceptuales han supuesto un gran avance en el campo de la didáctica de las ciencias. Todos tienen en común que toman como punto de referencia las ideas de los alumnos e intentan ponerlas en cuestión creando conflictos cognitivos, a fin de que se produzca insatisfacción y se puedan asimilar las nuevas ideas científicas.

Los modelos didácticos de cambio conceptual han resultado en algunos casos más eficaces que los de la enseñanza tradicional. Sin embargo se ha constatado que, a menudo, las concepciones alternativas reaparecen cuando ya se creían superadas y después de seguir secuencias de aprendizaje específicas. Estos hechos han provocado reflexiones sobre las limitaciones de las estrategias basadas en el cambio conceptual. Se critica el reduccionismo conceptual del modelo que no tiene en cuenta los procedimientos y las actitudes, y se ha empezado a considerar que la construcción de conocimientos científicos no solo precisa cambios conceptuales sino que son necesarios cambios metodológicos y epistemológicos (Gil y Carrascosa, 1985, Duschl y Gitomer, 1991).

Además, se ha superado la idea de propiciar cambios conceptuales parciales, ya que los alumnos no manejan solo conceptos diferentes a los científicos, sino que utilizan verdaderas teorías alternativas de gran utilidad en la vida cotidiana que es necesario abordar globalmente si se quiere sustituir o ampliar su visión. Para Pozo (1991), los cambios conceptuales están unidos a la superación del pensamiento causal cotidiano, lo que supone que los alumnos aborden los problemas con procedimientos científicos más rigurosos, que superen las limitaciones de los que se usan en la vida corriente. En este sentido parece existir una gran coincidencia entre los psicólogos cognitivos y las nuevas al-



ternativas didácticas que condicionan el cambio conceptual a un cambio metodológico y actitudinal. Desde esta perspectiva, se propone abordar los problemas con las estrategias del trabajo científico para de esta manera poder superar la metodología de la superficialidad.

Actualmente se está revisando también la idea de la sustitución de las teorías personales por las científicas (Claxton, 1994, Caravita y Hall-den, 1994, Pozo y Gómez Crespo, 1994) y se empieza a hablar de la necesidad de una coexistencia entre ambas. Se considera que los dos tipos de teorías suponen análisis distintos que los alumnos deben aprender a diferenciar en función del contexto, pero también a integrarlas en un todo explicativo, dado el mayor poder conceptual de las teorías científicas. Lo que realmente importa es que los alumnos sean conscientes de las diferencias entre ellas, así como de su distinta funcionalidad y pertinencia en cada situación. En este sentido, la transferencia de los conocimientos del aula a la vida normal solo sería útil cuando las situaciones escolares y cotidianas coincidieran en las metas.

Además, los modelos de cambio conceptual han sido criticados por no tener en cuenta suficientemente la concepción social del aprendizaje, así como los aspectos afectivos que parecen tener gran incidencia en la construcción de conocimientos. Cada vez se constata más que el desarrollo cognitivo no se produce al margen de las variables afectivas, sociales y motivacionales. Es preciso, por lo tanto, tener en cuenta las investigaciones que se han realizado en los últimos años sobre estas relaciones a fin de tenerlas presentes al diseñar las estrategias de enseñanza-aprendizaje.

La incidencia de los factores afectivos en el aprendizaje

Se sabe que los aspectos afectivos y relacionales influyen en gran medida en los aprendizajes que somos capaces de construir. Se desconocen los mecanismos de interacción entre lo afectivo y lo cognitivo, por lo que es difícil diseñar estrategias concretas que potencien el éxito escolar. Solé (1993), destaca tres tipos de factores de especial incidencia en el aprendizaje: la disposición de las personas hacia el aprendizaje, la motivación y las representaciones, expectativas y atribuciones de alumnos y profesores.

La disposición positiva hacia el aprendizaje ha sido ya comentada a propósito de los requerimientos para el aprendizaje significativo desde la teoría ausubeliana y desde la concepción constructivista. Se han definido dos tipos de disposición hacia el aprendizaje, denominados «enfoque superficial» y «enfoque profundo» (Marton, 1984, Entwistle, 1988). El superficial considera el aprendizaje como una obligación, una imposición que hay que solventar de manera rápida. Este enfoque favorece la tendencia a la memorización, no se produce el esfuerzo necesario para la reflexión y, por lo tanto, difícilmente se produce la transferencia de lo aprendido. El profundo se caracteriza por un interés por comprender, por relacionar lo que se aprende con otros conocimientos, y por buscar situaciones para aplicar los nuevos aprendizajes.

Ambos enfoques parecen depender de determinadas variables: el interés por el contenido de aprendizaje, las características de la tarea y el tipo de evaluación. Además, se manifiestan con mayor o menor intensidad dependiendo del tipo de profesor y del contexto.

Se sabe que el interés por el contenido aumenta si se conoce su propósito y el interés práctico que proporciona. Las tareas que se proponen claramente, explicando lo que se pretende con ellas, los problemas a los que dan respuesta y cómo se enfoca su desarrollo son más motivadoras. El aprendizaje y la evaluación a base de situaciones problemáticas abiertas y contextualizadas, favorecen los enfoques profundos, mientras que si demandan respuestas memorísticas y cerradas, sin ubicación concreta, dan lugar a enfoques de tipo superficial. Es preciso, por lo tanto, potenciar disposiciones de enfoques profundos para el aprendizaje. Requieren esfuerzo por parte de los estudiantes, pero se facilitan con ayuda profesional y afectiva del profesor en un contexto interactivo saludable.

La motivación es otro de los factores que influye en el aprendizaje. Los alumnos pueden tener motivación intrínseca o extrínseca (Alonso Tapia, 1994). La primera depende de causas internas: obtención de placer por el aprendizaje y gusto por la tarea bien hecha. La segunda tiene que ver con causas externas: castigos, regalos, etc. Ambos tipos de motivación se van conformando a lo largo de las experiencias del aprendizaje personal en el contexto social. Éstas condicionan las representaciones personales sobre las capacidades propias, las de los

iguales, las del profesor y las de los tipos de tareas. Asimismo las experiencias positivas ante el aprendizaje aumentan la autoestima y el buen autoconcepto, lo que a su vez determina la motivación intrínseca para seguir aprendiendo.

Se han establecido relaciones entre la motivación y la eficacia de los métodos de enseñanza. Todas las personas tienen un potencial motivador, pero presentan diferentes «estilos motivacionales». Estos se caracterizan por presentar distintos tipos de expectativas y ser más sensibles a determinadas clases de recompensas. Las modernas teorías sobre la motivación indican que, en general, las personas presentan tres tipos de necesidades: de poder, de afiliación y de logro. Parece que la motivación por el logro resulta más adecuada para persistir en el aprendizaje, aunque también repercute positivamente en él la necesidad de afiliación, es decir, el sentirse acogido dentro del grupo.

Los estilos motivacionales dependen de las atribuciones que se realicen de tipo causal sobre el éxito o el fracaso, las expectativas que se tengan y la intensidad de la recompensa que se espere obtener (Alonso Tapia y Montero, 1990). Los estilos motivacionales de tipo intrínseco son más adecuados para el aprendizaje. Pueden favorecerse ayudando a los alumnos a realizar atribuciones que basen el éxito en el esfuerzo; a desarrollar la autonomía y la autoestima; a valorar situaciones de logro no asociadas directamente a la evaluación; a proponerse metas intermedias ante las tareas y a reflexionar después del proceso de su ejecución.

Martín Díaz y Kempa (1991) proponen que se usen para el aprendizaje científico diferentes estrategias didácticas en función de las características motivacionales de los alumnos. Tienen en cuenta los cuatro modelos motivacionales de Adar (1969): los que buscan el éxito, los curiosos, los cumplidores y los sociables, y defienden que hay que buscar las estrategias más adecuadas para cada tipo.

La investigación sobre la motivación y su influencia en el aprendizaje aparece como una línea de trabajo de gran importancia para los próximos años. De momento, lo que parece evidente es que, ante el aumento de la diversidad del alumnado en capacidades e intereses, puede resultar más eficaz para el aprendizaje utilizar en el aula el mayor espectro de estrategias didácticas, a fin de motivar al mayor número de alumnos.

Las representaciones y las atribuciones de alumnos y profesores tienen también incidencia en el aprendizaje. Diversas investigaciones (Rosenthal y Jacobson, 1968, Spears, 1984), han demostrado que si se crean en los profesores expectativas falsas respecto a determinados alumnos, los profesores tienden a comportarse con arreglo a ellas. Se producen en unos casos progresos no esperados y en otros casos escasos avances, no coherentes con los puntos de partida reales de los alumnos. Estos datos indican en qué medida son importantes las expectativas del profesor sobre sus alumnos y las que logra despertar en ellos.

Las representaciones de los profesores sobre los alumnos, aunque son variadas, tienen aspectos comunes. Según Coll y Miras (1990), los profesores prefieren alumnos que respeten las normas, trabajadores, participativos y educados. El aspecto físico agradable también influye de manera positiva y se han detectado importantes estereotipos ligados al sexo en diferentes materias. En el caso de las ciencias (Spears, 1984), las investigaciones han demostrado que los estereotipos respecto al sexo son muy frecuentes, lo que lleva a atribuir peor capacidad para su estudio a las chicas que a los chicos.

Las expectativas que los profesores tienen sobre sus alumnos, junto con sus atribuciones respecto a las causas del éxito y fracaso de los estudiantes, tienen influencias en el rendimiento, aunque aparecerán matizadas por el propio autoconcepto de los alumnos y las atribuciones que a su vez ellos realicen. Las variables atribucionales de los profesores son tan importantes que se ha observado que inciden en las diferentes ayudas educativas que suministran a sus alumnos. Las investigaciones de Allington (1980) han demostrado la tendencia a dar ayudas más eficaces, basadas en la enseñanza de estrategias para solucionar errores a los sujetos que se consideran buenos y se equivocan, mientras que a los que se supone que son poco recuperables, simplemente se les corrige el error y se les proponen actividades repetitivas y de poco interés.

Desde el alumno es importante considerar las variables que dependen de su autoconcepto y de las atribuciones que realizan de su propio éxito o fracaso. Si se atribuyen los resultados del aprendizaje a causas internas y controlables como el esfuerzo, es más fácil superar el fracaso. En cambio, si se estima que dependen de causas externas in-

controlables como el afecto del profesor, la dificultad de la tarea o la suerte, el fracaso reiterado producirá una pérdida de la autoestima.

Para que los alumnos tengan éxito en las tareas deben atribuirles el mayor sentido. Para ello debe explicarse su finalidad, el interés que tiene para su vida, con qué otras se relaciona, a qué proyecto responde. Deben percibir que es posible realizarlas aunque con esfuerzo, y deben sentir que se les proporciona la ayuda necesaria, que se cree en sus posibilidades, que se les ayuda a potenciar su autonomía y su autoestima, que se les valora el esfuerzo y que se les anima a seguir aprendiendo. Los profesores tienen que ser conscientes de todas las interacciones que se producen y deben procurar crear un clima presidido por el afecto.

La metacognición

Hasta ahora se ha visto que la comprensión de los conocimientos científicos depende de los problemas cognitivos relacionados con los esquemas del alumno y de los aspectos afectivos y relacionales. Sin embargo, existe otro tipo de problemas llamados metacognitivos, que tienen que ver con el conocimiento sobre la propia capacidad de conocer y la capacidad de controlar y regular el proceso de aprendizaje personal.

Otero (1990) destaca la importancia que tiene en la comprensión de la ciencia el poseer estrategias que permitan restablecer dicha comprensión cuando se presentan dificultades. Por lo tanto, existen problemas metacognitivos cuando los alumnos no se dan cuenta de que no comprenden y cuando no poseen estrategias adecuadas para solucionar el problema.

La metacognición, cuyos estudios comenzó Flavell (1978), tiene como objeto el estudio del conocimiento de las distintas operaciones mentales y saber cómo, cuándo y para qué se deben usar (Burón, 1993). Las más estudiadas son la meta-atención, la meta-memoria, la meta-lectura, la meta-escritura y la meta-comprensión. Se trata de conocer los procesos mentales que realizan los estudiantes cuando se enfrentan a las tareas de aprendizaje. En este sentido, se han estudiado especialmente las estrategias que realizan los alumnos más eficaces cuan-

do comprenden o resuelven problemas, a fin de poder enseñarlas a los menos eficaces y corregir así las estrategias deficientes.

Los estudios metacognitivos han propiciado el desarrollo de técnicas de instrucción denominadas «estrategias de aprendizaje». Así, por ejemplo, se observa que ciertos alumnos tienen automatizadas estrategias como la de releer cuando no comprenden o la de deducir el significado de una palabra desconocida por el contexto, o la de realizar una representación de un problema mediante un esquema para tratar de comprender su significado. Tales estrategias pueden ser enseñadas a los alumnos con dificultades de comprensión.

Desde la enseñanza de las ciencias se ha desarrollado un especial interés por las estrategias de razonamiento y la resolución de problemas. Las investigaciones realizadas con expertos y novatos parecen indicar que no existen procedimientos generales que se puedan enseñar para aplicar a todos los tipos de problemas. Las estrategias son, por tanto, específicas para los problemas de cada conocimiento específico, ya que como se ha visto anteriormente dependen de los conocimientos previos, el contenido de la tarea, la estructura que presente y las instrucciones que se den.

Pozo y Gómez Crespo (1994) resumen algunas estrategias metacognitivas para la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas en ciencias en tres grandes tipos: a) estrategias para la definición del problema y formulación de hipótesis; b) estrategias para la solución de problemas, y c) estrategias para la reflexión, evaluación de los resultados y toma de decisiones.

Las estrategias para la definición del problema y la formulación de hipótesis tienen como objetivo, en primer lugar, enseñar a los alumnos a comprender el problema, concretarlo y delimitarlo y, posteriormente, sugerir explicaciones fundamentadas. Es preciso promover la activación de sus ideas a través de situaciones similares de la vida cotidiana a fin de que expresen lo que entienden con su propio lenguaje, favoreciendo que realicen representaciones con dibujos, esquemas, comentarios o interrogantes. Comprender el problema supone concretarlo sin cerrarlo, establecer la meta que se propone y determinar posibles variables que inciden en él. Conviene animar a los alumnos a que busquen explicaciones fundamentadas que tengan en cuenta los factores



de los que dependen, tratando de que superen las tendencias a las explicaciones superficiales propias del pensamiento cotidiano.

Las estrategias para la solución de problemas son variadas según el tipo de problema. Cuando son cuantitativos es preciso superar la tendencia común a encontrar lo más pronto posible un dato, que a menudo no se sabe interpretar y del que se pueden obtener conclusiones absurdas. Es preciso ayudar a los alumnos a diferenciar el problema científico del matemático, haciendo especial hincapié en la reflexión cualitativa, retrasando lo más posible su cuantificación. Los problemas cualitativos suelen tener dificultades de comprensión conceptual, por lo que es preciso establecer relaciones significativas con los conocimientos previos.

Las pequeñas investigaciones demandan el control de variables, el diseño de experiencias para poner a prueba algunas explicaciones, la recogida sistemática y ordenada de datos, la elaboración y presentación de conclusiones. El conocimiento de diversas técnicas de observación, medida o presentación de conclusiones no asegura la capacidad de utilizar la estrategia adecuada, pero puede colaborar a hacerla mucho más eficaz.

La reflexión sobre el proceso de aprendizaje y la evaluación de resultados supone hacer conscientes los procesos mentales que se han utilizado, así como el uso de los conocimientos que se han movilizado y la evolución que han seguido a través del proceso de aprendizaje. Ello permite, en interacción con el profesor y los iguales, destacar aquellas estrategias que resultaron más adecuadas. La reflexión metacognitiva continua sobre las estrategias que se van usando ante la resolución de un problema parece ser un proceso imprescindible para adquirir habilidades mentales duraderas, que pueden transferirse a la solución de nuevos interrogantes.

Implicaciones de la fuente psicopedagógica en el diseño de un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años

Teniendo en cuenta las aportaciones descritas sobre cómo se produce el aprendizaje científico, se pueden resaltar aquellas implicaciones que es conveniente tener en cuenta al diseñar un currículo para alumnos de 11 a 14 años. Según nuestra opinión, para que dicho dise-



ño sea coherente con la investigación psicopedagógica, deben tenerse presentes los siguientes aspectos:

- Considerar que estos alumnos, de manera general, presentan dificultades para la abstracción, la comprensión de modelos, la cuantificación y la superación de un pensamiento causal simple y lineal.
- Seleccionar un número limitado de conceptos, jerarquizando su dificultad.
- Organizar los contenidos alrededor de problemas concretos próximos al alumno y de especial relevancia para su vida personal y comunitaria, para que la transferencia de lo aprendido a la vida real sea más fácil.
- Tener en cuenta sus concepciones alternativas, haciendo especial hincapié en que detecten las diferencias que existen con las científicas en cuanto a sus metas y la pertinencia de usar unas u otras según el objetivo que se persiga.
- Proponer metodologías de investigación de los problemas, donde se adquieran procedimientos y actitudes más científicas, que supongan formas más rigurosas de interpretar los fenómenos que las que se usan en el pensamiento cotidiano.
- Proponer actividades concretas y variadas para abordar los problemas, que tengan en cuenta los diferentes estilos cognitivos, especificando claramente las tareas, lo que persiguen, lo que se puede aprender con ellas y la funcionalidad que tienen.
- Provocar en los alumnos continuas reflexiones sobre su forma de abordar las tareas y la evolución de sus concepciones, para que sean conscientes de ellas y sean más capaces de extrapolarlas a situaciones nuevas.
- Promover interacciones continuas entre los alumnos y el profesor y con los iguales a través del trabajo cooperativo, a fin de hacer más efectiva la acción didáctica en la zona de desarrollo próximo.
- Crear un ambiente saludable para el aprendizaje, que facilite la motivación intrínseca, los enfoques profundos, la autonomía y la autoestima así como las atribuciones positivas de alumnos y profesores.



III.2. La fuente epistemológica

La fuente epistemológica es la que emana de las disciplinas y contribuye a la búsqueda de su estructura interna, su constructo y su concepción (Coll, 1987).

Por otra parte, la concepción de cómo se genera el conocimiento científico, a través de diferentes épocas, ha tenido generalmente una correspondencia con una determinada manera de entender cómo aprenden las personas; de la consideración de ambas variables se han deducido unas estrategias o modos de enseñar (Gil, 1983). A la luz de estas relaciones se han analizado diversos modelos de enseñanza-aprendizaje que el profesorado sigue en el aula, de cuyas bases epistemológicas y psicológicas no siempre es consciente.

La ciencia se puede presentar a los estudiantes como un conjunto de contenidos cerrados o definitivos o puede transmitirse como una materia en continuo proceso de elaboración, que se genera en la medida que trata de dar respuesta a los problemas científicos que la humanidad sucesivamente se plantea.

Se puede concebir la ciencia como una materia de conocimiento acumulativo que crece de manera «vertical», donde cada científico agrega un piso más a los ya consolidados, o puede entenderse como un crecimiento basado en sucesivas rectificaciones, resultado de la superación de múltiples obstáculos y de rupturas paradigmáticas.

Puede darse la idea de que el conocimiento científico es una construcción personal, producto del seguimiento de unas reglas perfectamente ordenadas que configuran un llamado método científico, o propiciar la comprensión de la ciencia como una construcción social e histórica, condicionada por el pensamiento dominante de la época, que a menudo se ha generado de manera diversa, sin responder a unas pautas fijas de un supuesto método universal.

Además, puede comunicarse a los estudiantes que la ciencia procura verdades objetivas, indiscutibles, neutras, o bien que en sus aportaciones influye en gran medida el contexto social y particular, por lo que contendrá abundantes componentes subjetivos, interesados y, por lo tanto, no siempre neutros. Podrá transmitirse, en definitiva, como

un conjunto de conocimientos al margen de los sistemas de valores, o claramente involucrada y contaminada por ellos.

Existe una relación entre la imagen de la ciencia que se ha proporcionando a través de su enseñanza, y la concepción filosófica que se ha ido sustentando en distintas épocas sobre qué es y cómo se genera el conocimiento científico, aunque ambos aspectos, educativo y epistemológico, no siempre coincidan en el tiempo. Se describen sucintamente, a continuación, algunas de las concepciones sobre la ciencia que han tenido mayor incidencia en los aspectos educativos.

La ciencia acumulativa

A finales del siglo XIX los científicos confiaban en que las grandes verdades de la ciencia ya habían sido reveladas, y en muy poco tiempo se completarían. Esta concepción de la ciencia, entendida como un cuerpo de conocimientos acabado, se corresponde con un diseño curricular científico basado exclusivamente en una secuencia de contenidos conceptuales definitivos, de verdades incuestionables, organizados según la lógica de la materia, y transmitidos por un docente dueño absoluto del saber, cuya autoridad es indiscutible.

Esta visión permanece prácticamente constante hasta los años 50 y sus repercusiones en la enseñanza siguen aún vigentes.

El empirismo inductivista

A partir de los años 50, se inicia una etapa en la que la enseñanza de las ciencias se concibe como un aprendizaje de las formas de trabajar de los científicos. Se toma como base de su enseñanza el conocimiento y práctica de los métodos científicos. Los contenidos conceptuales, protagonistas indiscutibles de la etapa anterior, pasan a un segundo plano y son sustituidos en importancia por los procesos. Millar y Driver (1987) resumen los supuestos que subyacen en esta nueva tendencia en los siguientes:



- Los procesos de la ciencia son identificables y caracterizan la forma de trabajar de los científicos.
- Los procesos son independientes de los contenidos.
- El conocimiento científico se obtiene inductivamente a partir de las experiencias en las que los procesos juegan un papel central.

El resultado es la aparición del «aprendizaje por descubrimiento», que supone redescubrir lo ya descubierto.

La concepción epistemológica empírico-inductivista sustenta estos nuevos supuestos de la enseñanza de la ciencia. El empirismo o inductivismo supone que la experiencia es la fuente fundamental del conocimiento científico y que toda experiencia debe comenzar con la observación. Chalmers (1982), cita algunos de los puntos básicos de esta concepción: la ciencia se basa en lo que se puede ver, oír y tocar; las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia; el conocimiento científico es conocimiento fiable porque es conocimiento objetivamente probado.

Estas opiniones fueron populares en el siglo XVII, como consecuencia de la revolución científica. F. Bacon resume esta concepción al defender que si se quiere entender la naturaleza hay que consultar a la naturaleza y que la experiencia es la fuente del conocimiento.

Chalmers (1982) llama *inductivistas ingenuos* a los partidarios de esta concepción, que suponen que la ciencia comienza con la observación y se va construyendo mediante la inducción, proporcionando una base segura a partir de la cual se deriva el conocimiento. Pero las investigaciones sobre la observación realizadas con personas de diferentes culturas, diferentes puntos de vista o de formación, aportaron datos que indicaron claramente que la observación no es un hecho puro y que el punto de vista personal y las experiencias previas condicionan en gran medida lo que se ve. Dicho en palabras de Chalmers: la observación depende de la teoría. La ciencia, pues, no comienza con la observación como sostienen los inductivistas, porque siempre es precedida por una teoría y, además, las observaciones no constituyen siempre una base firme en la que descansa el conocimiento científico, porque son falibles. Esto no quiere decir, según Chalmers, que no sea importante hacer observaciones, sino que lo que resulta incorrecto es

el exagerado papel que los inductivistas les atribuyen en la formación del conocimiento científico.

Por otra parte, han surgido abundantes críticas a la existencia en sí misma del llamado método científico, como conjunto de reglas perfectamente definidas y seriadas que, si se siguen de forma mecánica, conducen al conocimiento (Popper, 1962, Piaget, 1969, Bunge, 1972, Hempel, 1976). Para Chalmers (1982), no hay una concepción intemporal y universal de la ciencia o del método científico.

Feyerabend (1987), afirma que ninguna de las metodologías de la ciencia propuestas hasta el momento ha tenido éxito. Defiende que no hay reglas para lo que se debe hacer y, en este sentido, es firme partidario de que «todo vale».

Además, existe un rechazo generalizado a lo que Piaget (1971) denomina «el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos», es decir, el rechazo al empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de datos puros (citado por Gil, 1983).

La concepción inductivista de la ciencia supone, pues, que su objetivo primario es la observación desapasionada de la naturaleza, y parte de la consideración de que todas las personas ven los mismos hechos cuando observan una realidad, y que ni la experiencia personal, ni los marcos de referencia, ni el desarrollo conceptual anterior, ni las respuestas emocionales a un fenómeno, deberían influir en lo que el observador «científico» ve (Novak, 1982).

El falsacionismo de Popper

Siguiendo la tradición baconiana, Popper publicó *La lógica del descubrimiento científico* (1934, ed. española 1962) en la que analiza los métodos a través de los cuales avanza la ciencia mediante la falsación de hipótesis insostenibles. Sin embargo, su afirmación de que una teoría puede considerarse como verdadera hasta que se false, seguía apoyándose en una concepción de la ciencia como búsqueda de la «verdad» más que como un medio de desarrollar modelos conceptuales funcionales, a sabiendas de que con el tiempo se habrían de modificar



o descartar. La obra de Popper reconoció el carácter evolutivo del conocimiento científico, aunque su atención se centró en la metodología de la ciencia y no en las teorías o sistemas conceptuales científicos que cambian con el tiempo. De este modo su obra representa una transición entre las concepciones empiristas inductivistas baconianas y otras más actuales a juicio de Novak (1982).

A pesar de que las críticas a esta concepción inductivista fueron abundantes y definitivas, sus repercusiones en la enseñanza de la ciencia en las aulas estuvieron presentes hasta los años 70 y 80 y aún siguen presentes en gran medida. Supusieron, en algunos casos, un intento de renovación de la enseñanza tradicional basada exclusivamente en la transmisión de los contenidos conceptuales. Esta concepción tuvo, además, la virtualidad de interesarse por el trabajo de los alumnos e introducir en las aulas la importancia de los métodos. Sin embargo, el menosprecio que, en muchos casos, se hizo del estudio de los conceptos, defendiendo que los procesos del método científico eran totalmente independientes del contenido sobre el que se aplicasen, hizo bascular la balanza hacia el otro extremo.

Los paradigmas de Kuhn

Hacia 1950 surge otra concepción de la ciencia que se centra en la historia de los descubrimientos científicos más que en el análisis de los métodos (Conant, 1947). Un alumno de Conant, T. Kuhn, en su libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1975), señala que la ciencia se caracteriza más por los paradigmas que emplean los científicos que por los métodos de investigación.

Se entiende por paradigma un esquema conceptual, un supuesto teórico general, con sus leyes y técnicas para su aplicación, predominante en un determinado momento histórico, a través del cual los científicos de una disciplina determinada observan los problemas de ese campo.

La historia de la ciencia indica que a lo largo del tiempo los paradigmas utilizados por los científicos han cambiado. Kuhn distingue dos tipos de ciencia: la ordinaria, que es una actividad de resolver proble-

mas, realizada por la mayoría de los científicos en el seno del paradigma dominante, y la extraordinaria o revolucionaria, reservada a unos pocos científicos que son capaces de crear un nuevo paradigma, con mayor poder explicativo, a partir del cual se pueden abordar nuevos problemas, imposibles de considerar desde el esquema conceptual anterior. El paradigma emergente guía la nueva actividad científica, hasta que choca con nuevos problemas y otra vez se produce la crisis que culminará con la aparición de otro nuevo y el abandono paulatino del antiguo.

Para Kuhn no hay ningún argumento lógico que demuestre la superioridad de un paradigma sobre otro, y que, por lo tanto, impulse a cambiar de paradigma a un científico. En su opinión, es cuestión de la investigación psicológica y sociológica encontrar los factores relevantes causantes de que los científicos cambien de paradigma.

Una revolución científica corresponde al abandono de un paradigma y a la adopción de otro nuevo, no por parte de un científico aislado, sino por la mayoría de la comunidad científica. Para Kuhn la ciencia es un hecho colectivo y son fundamentales las características sociológicas de la comunidad científica, y en este rasgo basa las causas de la adopción por parte de ella de los nuevos paradigmas.

Los programas de investigación de Lakatos

Otra manera de explicar la evolución de las teorías científicas surge a partir del modelo de Lakatos (1983). Para este autor, las teorías o programas de investigación constan de dos componentes distintos: un núcleo central, constituido por las ideas centrales de la teoría, y un cinturón protector de ideas auxiliares, cuya misión es impedir que el núcleo pueda ser refutado. En el caso de la mecánica, el núcleo estaría formado por las tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación universal.

Lakatos, al contrario que Popper, opina que ninguna teoría puede ser falsada, aunque existan datos empíricos. Todas las teorías, en la medida que no lo explican todo, conviven con anomalías. Ante ellas se puede o no tenerlas en cuenta o incorporarlas al cinturón protector, quedando el núcleo a salvo.



Al contrario que Kuhn, Lakatos defiende que el núcleo puede ser modificado según criterios científicos no arbitrarios. La falsación se produce cuando se encuentra otra teoría mejor y no, como indicaba Popper, cuando aparecen hechos que la falsan. El problema es determinar cuándo una teoría es mejor; según Lakatos, ha de ser capaz de explicar los problemas que ya explicaba la anterior y de predecir nuevos hechos.

Concepción actual de la ciencia

¿Cuál es la concepción de la ciencia en estos momentos? De las aportaciones de los distintos epistemólogos parece deducirse una serie de características que se pueden resumir en las siguientes:

- Un cuerpo de conocimientos que se desarrolla en el marco de unas teorías que dirigen la investigación de los científicos.
- Unas teorías en perpetua revisión y reconstrucción.
- Una forma de resolver problemas, que concede importancia a la emisión de hipótesis y su contrastación.
- Una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ordenadas y universales.
- Una tarea colectiva, que sigue líneas diversas de trabajo aceptadas por la comunidad científica.
- Una actividad impregnada por el momento histórico en el que se desarrolla, involucrada y contaminada por sus valores.
- Una actividad sujeta a intereses sociales y particulares, que aparece a menudo como poco objetiva y difícilmente neutra.

El papel de la epistemología de la ciencia en la enseñanza de las ciencias

Hasta ahora se ha reflexionado sobre la evolución del concepto de la ciencia de los científicos, pero la cuestión fundamental que debe abordar a continuación nuestro trabajo es: ¿qué papel ha de cumplir la concepción de la ciencia en la enseñanza de las ciencias?

Evidentemente, la llamada ciencia escolar presenta diferencias notables con la de los científicos, ya que en principio es una versión reducida y la mayoría de las veces poco actualizada. Jiménez Aleixandre (*El papel de la ciencia y la tecnología en la enseñanza de las ciencias*, 1991) resume algunas de sus diferencias:

- La ciencia de los científicos resuelve nuevos problemas y construye nuevos conocimientos; la ciencia escolar reconstruye lo ya conocido.
- Los científicos asumen las nuevas explicaciones como resultado de un proceso casi siempre largo y complejo; los estudiantes deben incorporarlas en un tiempo mucho más corto y a veces sin saber (aunque ya sean suficientemente conocidas) las vicisitudes y los problemas que ocasionó la aparición de las nuevas explicaciones.
- La comunidad científica acepta paulatinamente la sustitución de las teorías, cuando se logra un consenso en la mayoría de sus componentes; los estudiantes deben reestructurarlas mentalmente en un proceso cognitivo personal, facilitado desde el exterior por las propuestas curriculares de sus enseñantes.
- La ciencia de los científicos está muy especializada; la ciencia escolar tiende a la concentración de los diferentes ámbitos para hacer posible su tratamiento.

Lucas (1992) analiza las concepciones de la ciencia que se observan más comúnmente en los libros de texto y llega a la conclusión de que todavía responden a posiciones inductivistas ingenuas más o menos sofisticadas. Sin embargo, señala la dificultad que entraña enseñar ciencias evitando la simplicidad ingenua, ya que si se toma un modelo de ciencia y se usa de manera consistente, se corre el peligro de dar una visión de la naturaleza de la ciencia equivocada a fuerza de ser firme.

Igualmente, Lucas aplica estos mismos argumentos cuando se refiere a la enseñanza de la naturaleza de la ciencia empleando para ello la historia de la ciencia, ya que, según su opinión, no es posible una interpretación histórica sencilla, pues existe una dificultad conceptual para separar los descubrimientos científicos de los acontecimientos.



Además, es necesario profundizar en la correlación entre lo que se conoce acerca de la forma en que los alumnos desarrollan la comprensión de la historia y el modo en que la historia es expuesta en las clases de ciencias.

Por último, el autor reflexiona sobre las dificultades de los profesores para abordar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia en la educación secundaria, desde una buena perspectiva histórica, económica, sociológica, filosófica, ética, etc. Pone ejemplos en los que basa esta consideración, al indicar que los pocos materiales curriculares que se han elaborado para ayudar a los profesores a exponer la naturaleza de la ciencia no le parecen demasiado adecuados.

En definitiva, el autor entiende que la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y de su historia es un problema importante, para el que, según su opinión, no existe una solución fácil. Lucas acaba su ponencia advirtiéndole que:

- Se quiera o no, a través de las clases se exponen ideas sobre la naturaleza de la ciencia.
- No existe un modelo de ciencias aceptado críticamente entre filósofos, sociólogos e historiadores de la ciencia.
- Es necesario examinar lo que ocurre en las aulas, respecto a la respuesta de los estudiantes ante lo que se les enseña sobre los aspectos filosóficos e históricos de la ciencia.
- Es importante ser sensibles a las cuestiones que atañen a la epistemología de los temas que se enseñan.

Matthews, en su interesante artículo «Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: una aproximación actual», publicado inicialmente en *Studies in Science Education* (1990) y reproducido y ampliado en la revista *Enseñanza de las Ciencias* (1994), es firmemente partidario de que la historia y la filosofía de la ciencia se vayan incorporando a la práctica de la enseñanza.

Según su consideración, la crisis contemporánea de la enseñanza de las ciencias, que ha llevado a un alarmante analfabetismo científico, tiene en la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia, no todas las respuestas, pero sí algunas soluciones. Entre ellas destaca: con-

tribuir a humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos; hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando las capacidades del pensamiento crítico; contribuir a una comprensión mayor de los contenidos científicos y, sobre todo, a superar el sinsentido de las clases donde se recitan fórmulas y ecuaciones de nulo significado.

Matthews señala con optimismo, en contra de las reservas de Lucas, la importancia de la inclusión de contenidos de historia y filosofía de la ciencia en varios currículos educativos nacionales. Por ejemplo, en el currículo nacional de Inglaterra y Gales, en las recomendaciones para las ciencias en la enseñanza secundaria en el proyecto norteamericano 2061, en el currículo educativo nacional danés y en los materiales curriculares del PLON holandés (*Project curriculum development in Physics*), se incluye una sección llamada «La naturaleza de la ciencia» que no pretende ser un bloque más de los contenidos, sino una especie de incorporación transversal que contextualiza todos los demás contenidos curriculares en su momento social, histórico, filosófico, ético y tecnológico. Esto quiere decir que se reconoce que la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia contribuyen a una mejor comprensión de los temas científicos. Además, se ha notado una amplia difusión de los temas de ciencia, tecnología y sociedad en la educación secundaria y en las universidades.

Las propuestas curriculares citadas coinciden, en gran medida, en lo que sería objeto de estudio sobre la naturaleza de la ciencia, aunque Matthews matiza que no se espera que los niños resuelvan controversias históricas, ni que aprendan los diferentes argumentos que Galileo utilizó frente a la iglesia católica, sino que se pretende que capten algunos aspectos intelectuales que están en juego, que comiencen a pensar más en las preguntas y en las razones que avalan las respuestas.

Ante las objeciones que se hacen a la inclusión de la historia de la ciencia en los contenidos curriculares (similares a las citadas por Lucas), que indican que es mejor prescindir de la historia ante la perspectiva de una mala historia, o de una simplificación, Matthews argumenta que en pedagogía las materias deben ser simplificadas para estar adecuadas al grupo de alumnos al que se enseña y que el hecho de que se simplifique la historia de la ciencia no significa necesariamente aportar una caricatura de ella. La enseñanza de la historia de la ciencia debe

dar ocasión a que los estudiantes aprendan a leer textos, a interpretar hechos y, sobre todo, a constatar que, en la ciencia como en la vida cotidiana, distintas personas ven las cosas de manera diferente.

El problema sigue vigente, ya que tradicionalmente no ha existido demasiado diálogo entre la historia y la filosofía de la ciencia y su enseñanza. Un ejemplo que ilustra éste desencuentro se observa en los célebres proyectos curriculares de los años 60, que propagaron una aproximación a las ciencias de tipo inductivo, cuando desde la filosofía de la ciencia se estaban discutiendo las aportaciones de Kuhn.

Matthews es firmemente partidario de introducir en la enseñanza de las ciencias aspectos de filosofía e historia de la ciencia, previa formación de los profesores en estos campos. Pero, sobre todo, hace suya la idea del informe de la British Association for the Advancement of Science, de 1918, donde se indica que la ciencia debe transmitir «más el espíritu y menos el resto.»

Implicaciones de la fuente epistemológica en el diseño de un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años

El problema es tratar de adecuar la concepción epistemológica de la ciencia que actualmente tienen los científicos a la ciencia de los escolares de 11 a 14 años. El desafío es conseguir que la ciencia que se enseñe en estas edades contenga una imagen más rigurosa y humana. Debe ser capaz de motivar a los alumnos con problemas interesantes a través de los cuales aprendan algunos conceptos y teorías. Además, los alumnos han de familiarizarse con los procedimientos del quehacer científico y asumir valores que puedan utilizar en su vida personal y comunitaria y les ayuden en su toma de decisiones.

Teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriormente expuestas, la ciencia que se presente a los alumnos de 11 a 14 debe considerar, en nuestra opinión, los siguientes aspectos:

- Organizar el currículo científico alrededor de problemas de interés social, que sean objeto de debate público, donde estén implicados valores y tengan una incidencia en la vida personal y

de la comunidad: la dieta más equilibrada, las necesidades de agua y energía, la causa de las enfermedades, la utilidad de los materiales, la destrucción del suelo de cultivo...

- Rastrear la evolución social de algunos problemas científicos, analizando diferentes explicaciones o soluciones que se les han dado en distintas épocas, dependiendo del tipo de sociedad, de las condiciones económicas, del régimen político, de las creencias religiosas, etc.
- Favorecer el análisis de los problemas científicos actuales desde diferentes puntos de vista: del productor y del consumidor, de los países más o menos desarrollados, de los ricos y de los pobres, desde el interés individual o desde el social, desde el colectivo científico o desde la ciudadanía, desde las mujeres o desde los hombres.
- Introducir el aprendizaje de las teorías y de los conceptos a propósito de los problemas de trabajo, destacando su funcionalidad en la vida diaria o su carácter clave como generadores de otros conocimientos.
- Desarrollar, a través de la práctica, la adquisición de procedimientos comunes en el quehacer científico que propicien el avance del pensamiento lógico y procuren la utilización de estrategias más rigurosas que las cotidianas para abordar los problemas próximos.
- Propiciar la reflexión sobre el interés que tiene para la vida razonar las decisiones, tener en cuenta las pruebas, ser flexibles mentalmente, tener curiosidad por conocer y ser sensibles a los problemas humanos en el contexto global de la naturaleza.
- Organizar el trabajo de los alumnos en agrupamientos diversos, destacando la importancia de abordar los problemas en equipo, de forma similar a como organizan su trabajo los científicos.

III.3. La fuente social

Los sociólogos consideran que el análisis de la sociedad, de sus problemas, de sus necesidades y de sus características, debe ser la fuente de información principal para precisar las intenciones curriculares.



Últimamente la fuente social ha adquirido una especial relevancia. El análisis sociológico permite, entre otras cosas, determinar las formas culturales o contenidos cuya asimilación es necesaria para que los alumnos puedan convertirse en miembros activos de la sociedad y agentes, a su vez, de creación cultural. Permite, asimismo, asegurar que no se produce ninguna ruptura entre la actividad escolar y la extraescolar (Coll, 1987).

La escuela es dependiente del sistema social. Las relaciones entre educación y sociedad no van en una sola dirección (de la sociedad a la escuela), sino que son multidireccionales. Cada sociedad tiene unas demandas específicas acerca de lo que espera de la escuela. Se vinculan generalmente a funciones sociales importantes: socialización de nuevas generaciones y preparación para sus futuras responsabilidades como adultos, dentro de una concreta organización del trabajo y de los roles sociales.

La educación sirve, por lo tanto, a fines sociales y no solo a fines individuales. La escuela forma parte de una determinada sociedad y educa para ella, transmitiendo conocimientos, técnicas y procedimientos, así como el patrimonio cultural. Pero conjuntamente con ello transmite también los valores sociales y las ideologías dominantes. Sin embargo, la educación puede despertar en los alumnos un sentido crítico ante las actitudes y relaciones sociales dominantes, permitiendo tomar distancia respecto a los valores e ideologías establecidos. La clarificación explícita de las intenciones educativas y de los contenidos de enseñanza facilita su posible crítica y contribuye a la madurez de los alumnos. Como consecuencia de esta madurez, y a través de ella, coopera a la creación de ciudadanos que serán capaces de modificar las relaciones sociales existentes (*Diseño curricular base español*, 1989).

Para Teresa Mauri (1990), la selección de lo que debe ser enseñado en la escuela constituye un proyecto social, ya que de algún modo representa lo que se entiende por cultura en una sociedad concreta. Pero se sabe que la sociedad es cambiante y que los fines educativos que se expliciten deben ser susceptibles de modificación. Surge la necesidad, entonces, de alcanzar por la vía del consenso lo que se considera como núcleo básico de la cultura común, pero es necesario que los criterios de selección sean compartidos por todos los estamentos implicados:



profesores, padres, alumnos y representantes en general de todos los grupos sociales.

Respecto a la enseñanza de las ciencias y la importancia que la fuente social debe representar a la hora de diseñar un currículo, expertos iberoamericanos afirman (en Niedo-Cañas, 1992): «Es necesario impulsar una revisión de los currículos hoy vigentes en los países iberoamericanos. En este proceso deben intervenir profesores, científicos, especialistas en didáctica de las ciencias, psicólogos de la educación e instituciones sociales, procediendo a una cuidadosa consideración de todos los aspectos en juego: desde la visión actual de la ciencia y el trabajo científico, o la adecuación del currículo al nivel de desarrollo de los alumnos, hasta la relevancia social de los tópicos elegidos».

Por otra parte, en el Proyecto 2000+ (UNESCO, 1993) se destaca: «No hay ninguna esencia única para el contenido de ciencia y tecnología que sea adecuada para todos los países».

Todo esto no quiere decir que no se deban analizar las tendencias existentes a nivel internacional, que reclaman actualmente que se dé un especial protagonismo a las relaciones en el currículo entre la ciencia y la sociedad. Tenerlas en cuenta puede permitir a los países incorporarlas según su contexto y ahorrar tiempo aprendiendo de los errores ajenos.

Otro aspecto que debe valorarse es la influencia en los diseños curriculares de las preocupaciones sociopolíticas de cada momento. Se pueden constatar variaciones históricas en dichas preocupaciones y observar cómo repercuten en las respuestas que se van dando al problema de «¿Por qué enseñar ciencias?». El profesor Lucas, en una ponencia desarrollada en Madrid en 1992 (*Condicionantes del currículo y aportaciones de la investigación a la práctica de la educación en Ciencias*), analiza el caso de los EE.UU. comparando los distintos enfoques curriculares del año 1950 y los de la década de los 80.

Durante los años 50, en los EE.UU., preocupados por los avances científicos de los soviéticos al poner éstos en órbita el primer satélite del espacio, se produjo un gran interés por la enseñanza de las ciencias, ya que parecía un aspecto fundamental para mantener una posición de superioridad científica. Fue considerado un problema de Estado y para el desarrollo de los proyectos de enseñanza de las ciencias se contó con grandes presupuestos federales.



Fruto de este esfuerzo fueron los proyectos sobre enseñanza de las ciencias de esa época: «Biological Sciences Curriculum Study» (B.S.C.S.); el «Chem Study»; el «Chemical Bond Approach»; el «Harvard Project Physics»; el «Science: a Process Approach»; el «Elementary Science Study», etc. Todos ellos recibieron fondos federales, a menudo de la National Defence Education Act.

Estos nuevos cursos encontraron en algunos casos, como el referido a la enseñanza de la biología, oposición entre sectores significativos de la población. En Texas, por ejemplo, se plantearon debates televisivos entre los partidarios y los opositores de la introducción en el currículo de ciencias del estudio de la evolución y de la sexualidad humana. Este ejemplo muestra hasta qué punto existen discrepancias sobre la función de la escuela en la sociedad, sobre todo en cuestiones donde están implicados aspectos de moral y religión.

Estos cursos fueron desarrollados por los movimientos reformistas de los años 60 y diseñados por científicos de elite, siendo de características fuertemente conceptuales, con énfasis en la estructura del conocimiento y trabajo empírico de laboratorio. Estaban destinados a la creación de una elite, que posteriormente se seleccionaría para seguir siendo educada en departamentos científicos de la universidad.

Ahora, la posición dominante en los EE.UU. está a favor de la *cultura científica básica*, con un menor enfoque de tipo nacionalista. Como ejemplo de este nuevo enfoque están los argumentos de la American Association for the Advancement of Science (1989):

«No tiene la educación un propósito más alto que el de preparar a las personas para llevar vidas responsables en las que se realicen.

La educación científica (entendiendo por tal educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología), debería ayudar a los estudiantes a desarrollar las interpretaciones y hábitos mentales necesarios para convertirse en seres humanos compasivos, capaces de pensar por sí mismos y mirar la vida de frente [...]

Sin embargo, está en entredicho algo más que la realización individual y el interés nacional inmediato de los EE.UU. Los problemas más serios que encaramos ahora los seres humanos son globales: crecimiento incontrolado de la población en muchas partes

profesores, padres, alumnos y representantes en general de todos los grupos sociales.

Respecto a la enseñanza de las ciencias y la importancia que la fuente social debe representar a la hora de diseñar un currículo, expertos iberoamericanos afirman (en Niedo-Cañas, 1992): «Es necesario impulsar una revisión de los currículos hoy vigentes en los países iberoamericanos. En este proceso deben intervenir profesores, científicos, especialistas en didáctica de las ciencias, psicólogos de la educación e instituciones sociales, procediendo a una cuidadosa consideración de todos los aspectos en juego: desde la visión actual de la ciencia y el trabajo científico, o la adecuación del currículo al nivel de desarrollo de los alumnos, hasta la relevancia social de los tópicos elegidos».

Por otra parte, en el Proyecto 2000+ (UNESCO, 1993) se destaca: «No hay ninguna esencia única para el contenido de ciencia y tecnología que sea adecuada para todos los países».

Todo esto no quiere decir que no se deban analizar las tendencias existentes a nivel internacional, que reclaman actualmente que se dé un especial protagonismo a las relaciones en el currículo entre la ciencia y la sociedad. Tenerlas en cuenta puede permitir a los países incorporarlas según su contexto y ahorrar tiempo aprendiendo de los errores ajenos.

Otro aspecto que debe valorarse es la influencia en los diseños curriculares de las preocupaciones sociopolíticas de cada momento. Se pueden constatar variaciones históricas en dichas preocupaciones y observar cómo repercuten en las respuestas que se van dando al problema de «¿Por qué enseñar ciencias?». El profesor Lucas, en una ponencia desarrollada en Madrid en 1992 (*Condicionantes del currículo y aportaciones de la investigación a la práctica de la educación en Ciencias*), analiza el caso de los EE.UU. comparando los distintos enfoques curriculares del año 1950 y los de la década de los 80.

Durante los años 50, en los EE.UU., preocupados por los avances científicos de los soviéticos al poner éstos en órbita el primer satélite del espacio, se produjo un gran interés por la enseñanza de las ciencias, ya que parecía un aspecto fundamental para mantener una posición de superioridad científica. Fue considerado un problema de Estado y para el desarrollo de los proyectos de enseñanza de las ciencias se contó con grandes presupuestos federales.



Fruto de este esfuerzo fueron los proyectos sobre enseñanza de las ciencias de esa época: «Biological Sciences Curriculum Study» (B.S.C.S.); el «Chem Study»; el «Chemical Bond Approach»; el «Harvard Project Physics»; el «Science: a Process Approach»; el «Elementary Science Study», etc. Todos ellos recibieron fondos federales, a menudo de la National Defence Education Act.

Estos nuevos cursos encontraron en algunos casos, como el referido a la enseñanza de la biología, oposición entre sectores significativos de la población. En Texas, por ejemplo, se plantearon debates televisivos entre los partidarios y los opositores de la introducción en el currículo de ciencias del estudio de la evolución y de la sexualidad humana. Este ejemplo muestra hasta qué punto existen discrepancias sobre la función de la escuela en la sociedad, sobre todo en cuestiones donde están implicados aspectos de moral y religión.

Estos cursos fueron desarrollados por los movimientos reformistas de los años 60 y diseñados por científicos de elite, siendo de características fuertemente conceptuales, con énfasis en la estructura del conocimiento y trabajo empírico de laboratorio. Estaban destinados a la creación de una elite, que posteriormente se seleccionaría para seguir siendo educada en departamentos científicos de la universidad.

Ahora, la posición dominante en los EE.UU. está a favor de la *cultura científica básica*, con un menor enfoque de tipo nacionalista. Como ejemplo de este nuevo enfoque están los argumentos de la American Association for the Advancement of Science (1989):

«No tiene la educación un propósito más alto que el de preparar a las personas para llevar vidas responsables en las que se realicen.

La educación científica (entendiendo por tal educación en Ciencias, Matemáticas y Tecnología), debería ayudar a los estudiantes a desarrollar las interpretaciones y hábitos mentales necesarios para convertirse en seres humanos compasivos, capaces de pensar por sí mismos y mirar la vida de frente [...]

Sin embargo, está en entredicho algo más que la realización individual y el interés nacional inmediato de los EE.UU. Los problemas más serios que encaramos ahora los seres humanos son globales: crecimiento incontrolado de la población en muchas partes

del mundo, lluvia ácida, merma de lluvias en los bosques tropicales y de la diversidad de las especies, la contaminación del medio ambiente, la enfermedad, las tensiones sociales, las desigualdades extremas de la riqueza mundial, las enormes inversiones en recursos y de inteligencia humana que se utilizan en la preparación de las guerras y en su desarrollo, las amenazas del holocausto nuclear... La lista es larga y alarmante [...]

El potencial de la ciencia y la tecnología para mejorar la vida, no puede ser actualizado a menos que el público en general llegue a comprender la Ciencia, las Matemáticas y la Tecnología y a adquirir hábitos mentales científicos; sin una población con educación científica, las perspectivas de un mundo mejor no son prometedoras.»

Este ejemplo de lo ocurrido con el currículo de ciencias en los EE.UU. ilustra la gran relación existente entre los currículos que se diseñan y las necesidades y propósitos sociales.

La fuente social no solo puede influir en la pregunta ¿para qué enseñar ciencia? sino también en ¿cómo se enseña la ciencia? y en ¿qué es lo que enseñamos de ciencia? Lucas (1992) resume la presencia de esta fuente en los currículos indicando:

- Los objetivos de la educación en ciencias están fuertemente influidos por los puntos de vista, explícitos o implícitos, acerca de la sociedad en la cual se está desarrollando el currículo.
- Estos objetivos cambian con el tiempo, y, por lo tanto, cambian los imperativos curriculares.
- La historia de la investigación curricular busca, entre otras cosas, analizar y explicar las influencias sociales sobre lo que se enseña y sobre la forma en que es enseñado.
- Los análisis de política curricular avalan a menudo la ortodoxia del momento, y a veces necesitan ser examinados críticamente para poner de manifiesto los supuestos a partir de los cuales se está preparando el currículo.

Desde hace aproximadamente una década se ha visto la necesidad



de incorporar a la enseñanza de las ciencias el estudio de los problemas y necesidades de la sociedad, a fin de que la escuela forme personas preparadas científica y tecnológicamente, que sean capaces de responder a las demandas de un mundo cada vez más tecnificado. Por otra parte, se ha constatado el progresivo desinterés que tienen los alumnos por la enseñanza de las ciencias (Yager y Penich, 1986), encontrándose, entre otras razones, la falta de conexión entre los estudios científicos y los problemas reales del mundo.

Como señalan Solbes y Vilches (1989), se echa de menos que no se pongan de manifiesto las relaciones entre la ciencia y el entorno social, la fuerza de la ciencia como modificadora de métodos de producción y de cambios en las relaciones sociales (Bernal, 1976); no se aborda el papel de la ciencia y la técnica en la resolución de problemas ambientales y como causa de algunos de ellos, ni se hace notar su incidencia en la cultura. De esta manera, no se contribuye adecuadamente a la formación de los ciudadanos, a fin de que sean capaces de adoptar valoraciones críticas ante la toma de decisiones en los problemas de interacción de ciencia /sociedad (Aikenhead, 1985). Todas estas consideraciones han dado lugar a una importante línea de investigación en la enseñanza de las ciencias —las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S)—, donde destacan los trabajos de Aikenhead (1985), Yager y Penich (1986), Zoller et al (1990), Solbes y Vilches (1989), etc.

Muchos profesores y didactas de la ciencia están de acuerdo en la necesidad de introducir en los currículos de ciencias las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, a fin de que sean más motivadores para los alumnos y más adecuados a las necesidades sociales. Además, como indican Solbes y Vilches (1992), se presenta así una imagen más real de lo que es la ciencia, dé cómo trabajan los científicos y de cómo las ciencias han influido en el desarrollo de la propia historia de la humanidad. No pocos currículos ignoran estos aspectos, alegando una supuesta neutralidad de la ciencia, aspecto que han echado por tierra autores como Apple (1986) y Hodson (1987), indicando que a menudo dichas ausencias responden a motivaciones sociopolíticas, asumidas incluso de forma inconsciente por los diseñadores.

Implicaciones de la fuente social en el diseño de un currículo científico para estudiantes de 11-14 años

Sylvia Ware, directora de la Education Division, miembro de la American Chemical Society, señaló en su ponencia en el Seminario Internacional sobre la Enseñanza Secundaria (Cuenca, España, 1995), la necesidad de reconocer la existencia de la ciencia en un contexto social. Para ella, la necesidad de saber científico de los estudiantes se estimula mediante cursos de ciencias que subrayen la relación entre ciencia/técnica/sociedad (C/T/S), donde tengan cabida los problemas y las aplicaciones (uso de fertilizantes y pesticidas, relación entre alimentación y vida sana, etc.). Los temas de C/T/S se pueden introducir en las clases de ciencias como material enriquecedor, en cursos tradicionales, o bien considerarlos como elemento central alrededor del cual se organiza el curso. En sus recomendaciones sobre los currículos afirma: «En el nivel inferior de secundaria, el currículo de ciencias necesita desarrollar un centro de atención más práctico. Es más prudente empezar añadiendo a los actuales cursos el contenido social apropiado de forma gradual, ya que esto puede hacerse más rápidamente y con un gasto menor que si se produjera un cambio drástico del programa. Además es una estrategia menos amenazadora para los profesores.»

Esta idea de destacar las relaciones C/T/S en el nivel secundario inferior del currículo de ciencias coincide también con la opinión de Daniel Gil (Seminario de Quito, 1993), que reitera la necesidad de poner en el currículo de ese nivel un mayor énfasis en las relaciones C/T/S y en la elaboración de productos, a fin de reforzar en los alumnos el interés por la tarea.

Claxton (1994) propone para el currículo de ciencias de 11 a 14 años varios enfoques temáticos, que tienen en común la relación entre la ciencia, la tecnología y el diseño en el contexto de problemas reales de interés social.

Parece que este enfoque curricular de C/T/S para el tramo educativo en estudio cuenta con amplio consenso internacional, por lo que merece ser tenido en cuenta a la hora de diseñar un currículo de ciencias.

Para Penick (Encuentro de trabajo sobre investigación y desarrollo del currículo de ciencias, Madrid, 1992), el enfoque C/T/S tiene,

además, otras repercusiones en el aula. En su ponencia *Nuevas metas requieren nuevos métodos* sugiere para el desarrollo de un programa de este tipo los siguientes aspectos:

- Proporcionar a los estudiantes un medio acogedor y estimulante.
- Tener altas expectativas sobre sí mismos y sobre los alumnos.
- Ser modelos de indagación permanente.
- Esperar a que los alumnos pregunten.
- Hacer énfasis en la cultura científica y aplicar los conocimientos.
- No contemplar los muros del aula como fronteras.
- Ser flexibles con la planificación del horario, los tiempos y las actividades.
- Dedicar a la tarea de proyectar el aprendizaje el tiempo necesario.
- Reflexionar sobre la tarea y hacer las correcciones necesarias para hacerla más eficaz.

En resumen, parece existir bastante consenso respecto a la importancia que debe darse a la fuente social en el diseño del currículo de ciencias de 11 a 14 años. Cada país tiene que tener en cuenta sus características, sus necesidades, sus problemas, y tomarlos como base para el diseño de los objetivos, la selección de los contenidos y los problemas de trabajo, así como para las actividades de aprendizaje y las de evaluación. Cuanto más enraizada esté la enseñanza de la ciencia en la problemática del país y más conexiones se establezcan con los problemas tecnológicos y las implicaciones sociales, más fácil resultará motivar a los alumnos y existirán más posibilidades de que sean capaces de transferir lo aprendido en el aula a su vida cotidiana.

