5.3. La utilización de ideas-eje en la estructuración de las secuencias de contenidos

Una de las propuestas más sugerentes para organizar y secuenciar el currículo a partir del análisis de contenidos es la realizada por Bruner (1969, 1972). Este autor parte del supuesto de que cualquier problema o conjunto de conocimientos puede presentarse de una forma suficientemente sencilla, para que un aprendiz pueda comprenderlos. Critica el supuesto de que haya conceptos que tengan un grado de dificultad absoluto, afirmando que nada es intrínsecamente difícil. El problema estriba en encontrar el punto de vista y el lenguaje adecuados, y las preguntas y respuestas intermedias que los hagan comprensibles a los alumnos.

Señala al mismo tiempo que el orden de sucesión en que los estudiantes se enfrentan a los distintos contenidos de la enseñanza afecta a la dificultad que tendrán para dominarlos. Afirma también que hay varios ordenes de sucesión equivalentes en su grado de dificultad y que, por tanto, no existe una secuencia óptima de validez general; ésta depende de diversos factores, entre los que se incluye el aprendizaje anterior, el nivel de desarrollo, las características de los propios contenidos a enseñar y las diferencias individuales.

Admitiendo la importancia de tener en cuenta el nivel de desarrollo operatorio de los alumnos, Bruner señala que éste no puede considerarse como una secuencia de regularidad cronométrica, y que puede potenciarse notablemente en el ambiente escolar. Para ello considera importante proporcionar a las alumnas y alumnos oportunidades prácticas, que representen un reto y les impulsen hacia nuevos niveles de desarrollo.

Para Bruner (1972) el estudio de una materia debe estar orientado a proporcionar un entendimiento básico de los principios que la fundamentan. El plan de estudios debe elaborarse en torno a las grandes cuestiones, principios y valores que una sociedad estima dignos de continuo interés por parte de sus miembros. Para este autor, los aspectos conceptuales del conocimiento están íntimamente relacionados con los procedimentales y actitudinales, ya que como señala:

> *"El dominio de las ideas fundamentales de un campo abarca no sólo la comprensión de los principios generales, sino también el desarrollo de una actitud hacia el aprendizaje y la indagación, hacia la conjetura y las corazonadas, hacia la posibilidad de resolver problemas cada uno por sí mismo"* (Op. cit. p. 30).

Limitarse a enseñar conceptos o habilidades aisladas, sin una comprensión de los principios subyacentes, resulta poco rentable desde varios puntos de vista: tal enseñanza hace muy difícil que los estudiantes puedan llegar a generalizar a partir de lo aprendido; el aprendizaje realizado no permite captar la estructura sustancial de las disciplinas, lo que resulta poco estimulante intelectualmente; finalmente el conocimiento adquirido sin suficiente estructura para coordinarlo se olvida fácilmente. Por el contrario, entender algo como un ejemplo específico de un caso más general, implica aprender no sólo un hecho específico, sino disponer también de un modelo para entender otras situaciones semejantes.

Taba (1974), comentando la propuesta de Bruner, señala que:

> *"Estas ideas básicas constituyen los fundamentos, en el sentido de que, elegidas cuidadosamente, representan la comprensión más necesaria sobre una materia o una especialidad y constituyen así, en un sentido, el currículo esencial para todos: algo que todo estudiante puede aprender, aun cuando a diferentes niveles de profundidad"* (op. cit., p. 236).

Para esta misma autora, la elaboración del currículo puede facilitarse si se concretan el conjunto de preguntas que deben formularse y contestarse, las ideas básicas que deben ser claramente comprendidas, y cómo adaptar esta diversidad de ideas al desarrollo de una orientación determinada. Estos presupuestos plantean un cambio en la forma habitual de proceder, orientada únicamente a elaborar listados de temas y hechos, sustituyéndola por otra en la que, solamente después de determinar las ideas básicas, surge la necesidad de seleccionar los conceptos y hechos específicos necesarios para su comprensión. De esta forma, al reducir la extensión de los contenidos, la enseñanza puede centrarse en el desarrollo de una comprensión clara y precisa de las ideas básicas, crear las relaciones apropiadas y aplicar lo aprendido.

La importancia concedida por Bruner a la definición de unas ideas básicas o ideas-eje, en torno a las que se articulen los contenidos del currículo es coherente con la propuesta de Ausubel de organizar las secuencias a partir de los conceptos más generales e inclusivos, y es integrada por Reigeluth en la teoría de la elaboración.

Al igual que otros autores (Bachelard, 1972; Schwab, 1973), Bruner concede una especial importancia a presentar los contenidos educativos a los alumnos organizados en torno a grandes preguntas, que les resulten comprensibles, exciten su curiosidad y permitan desarrollar las ideas fundamentales de cada

disciplina, ya que todo conocimiento es siempre la respuesta a una pregunta, sin cuya comprensión difícilmente puede resultar significativo. El mismo Bruner aplicó estos criterios al diseño de un proyecto para la enseñanza de las ciencias sociales en la educación primaria, analizado ya en el apartado 5.2.

Novak (1982) señala que las preguntas clave representan conceptos supraordenados o proposiciones que se explicarán por la presentación de nuevos conocimientos. Por ello deben tener un significado implícito para los alumnos y deben relacionarse con los conceptos que ya están presentes en su estructura cognitiva.

La formulación de lo que se consideran principios centrales de una disciplina está muy condicionada por los supuestos ideológicos, epistemológicos y educativos del que las responde, como puede verse en los siguientes ejemplos.

Capel, Luis y Urteaga (1984), en el marco de una reflexión sobre el papel de la geografía en el currículo de la educación secundaria, han desarrollado una propuesta de ideas-eje para estructurar la enseñanza de esta disciplina.

Conceptos y postulados básicos en geografía
(Tomado de Capel, Luis y Urteaga, 1984)

1. Las actividades humanas y su localización se encuentran afectadas por las condiciones medioambientales, y ante ellas se producen diferentes ajustes y respuestas.
2. La actividad del hombre modifica las condiciones del medio. En la actualidad, todos los medios naturales de la superficie terrestre están afectados, en mayor o menor medida, por la acción humana.
3. Los recursos son propiedades evaluadas del medio natural. Los recursos de la Tierra son finitos, por ello el hombre debe planificar su uso y promover su conservación.
4. La vida humana, como toda forma de vida, produce residuos. Los residuos de la actividad humana pueden originar la polución y degradación del medio.
5. Los complejos naturales y humanos dan lugar a paisajes con una morfología diferenciada.
6. El comportamiento de los individuos y de los grupos sociales se adapta a la percepción subjetiva del entorno y a las imágenes y mapas mentales del mismo.
7. Las actitudes, los valores y los sentimientos ante la naturaleza y el medio varían histórica y culturalmente e influyen en el comportamiento geográfico de los hombres.
8. La población y las actividades humanas están localizadas en el espacio y su distribución da origen a modelos espaciales.
9. La disposición espacial de las actividades económicas genera pautas de distribución de los usos del suelo en la superficie terrestre.
10. La distancia, la accesibilidad y la centralidad influyen en la localización de las actividades económicas y en los usos del suelo.
11. El poblamiento y las actividades humanas se encuentran organizadas jerárquicamente.
12. Los movimientos y las mallas de transporte contribuyen a organizar el espacio terrestre.
13. Las actividades humanas generan procesos de difusión espacial.
14. En la superficie terrestre existen áreas diferenciadas con algún grado de organización.
15. La superficie terrestre puede ser considerada a diversas escalas. Las escalas regional y local son particularmente significativas en el estudio geográfico.
16. El poder político y la organización estatal contribuyen de manera decisiva a la organización del espacio terrestre.
17. En la medida que la propiedad, y otros factores sociales y culturales, condicionan la organización y el uso del espacio, ésta es también un producto social.
18. Las desigualdades entre los hombres generan competencias y conflictos por el uso del espacio y el aprovechamiento de los recursos.

Los numerosos juicios de valor e implicaciones políticas e ideológicas del ejemplo expuesto son evidentes. Por ello resulta de gran interés la definición de las ideas eje, ya que permite su discusión y valoración, a diferencia de los listados asépticos de contenidos que ocultan todos estos aspectos. La explicación de las ideas-eje no es en sí una garantía para acertar con un enfoque adecuado, como puede apreciarse en el caso siguiente. A principios de los años 60, se desarrollaron en EEUU varios programas de ciencias inspirados en las ideas de Bruner (Novak, 1982). En 1964, la National Science Teacher Association publicó una propuesta de ideas-eje para la elaboración de programas de ciencias:

Propuesta de ideas eje para la enseñanza de las ciencias

elaborada por la "National Science Teacher"
(Tomado de Novak, 1982)

1. Toda la materia se halla compuesta de unidades llamadas partículas fundamentales; bajo ciertas condiciones estas partículas pueden convertirse en energía y viceversa.
2. La materia existe en forma de unidades que se pueden clasificar en jerarquías por niveles de organización.
3. El comportamiento de la materia se puede describir sobre una base estadística.
4. Las unidades de materia interactúan. Las bases de todas las interacciones normales son las fuerzas electromagnéticas, gravitatorias y nucleares.
5. Todas las unidades de materia que interactúan tienden a estados de equilibrio en los que el contenido energético (entalpía) es mínimo y la distribución de energía (entropía) tiene la máxima aleatoriedad. Para llegar al equilibrio se producen transformaciones de la energía, de la materia o de materia en energía. Sin embargo, la suma de materia y energía en el universo se mantiene constante.
6. Una forma de energía es el movimiento de las unidades que componen la materia. Dicho movimiento es responsable del calor y la temperatura y de los estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso.
7. Toda materia existe en el tiempo y en el espacio Y, puesto que se producen interacciones entre sus unidades, la materia está sujeta hasta cierto punto a cambios temporales. Tales cambios pueden producirse con diferentes ritmos.

Ausubel (1965, citado por Novak, 1982), criticó esta propuesta por considerarla excesivamente amplia y abstracta, lo que dificultaba su comprensión por parte del profesorado no especialista. Por ello, resulta conveniente que las ideas-eje seleccionadas, además de ser fundamentales desde el punto de vista de los conocimientos, sean comprensibles por los profesores y alumnos.

En el trabajo de investigación desarrollado, para validar la propuesta de criterios de secuenciación que se presentan en esta obra (Del Carmen, 1996), se han utilizado las cuestiones clave e ideas eje para reelaborar la secuencia de contenidos relativos al estudio de los seres vivos en la educación Primaria.

Cuestiones clave e ideas-eje para el estudio de los seres vivos en la educación primaria

1. ¿Qué tienen en común las plantas, los animales y el hombre?
1.1. Tanto las plantas, como los animales y el hombre tienen unas características comunes, que hacen que los agrupemos bajo el nombre de seres vivos.

2. ¿En qué se diferencian unos seres vivos de otros?
2.1. Existe una gran diversidad de seres vivos, que podemos agrupar en función de sus características.
2.2. Muchos seres vivos pueden verse a simple vista, pero otros con microscópicos.
2.3. Los seres vivos visibles a simple vista pueden agruparse en tres grandes reinos: animales, vegetales y hongos, que pueden a su vez dividirse en otros grupos.
2.3. El hombre pertenece al reino animal, pero está dotado de unas características especiales.

3. ¿Existen relaciones entre los animales, las plantas y el ambiente en que viven?
3.1. Los distintos ambientes de nuestro entorno están poblados por seres vivos de características peculiares.
3.2. Los seres vivos que habitan en un lugar determinado se relacionan entre sí, y están influenciados por las características del mismo.
3.3. El hombre utiliza a los seres vivos para satisfacer sus necesidades.

4. ¿Cómo cambian los seres vivos a lo largo del tiempo?
4.1. Los seres vivos experimentan cambios a lo largo de su vida, dando lugar a ciclos biológicos.
4.2. Los seres vivos cambian su actividad y comportamiento a lo largo del año.

Las ideas-eje puede ser presentadas también de forma interrelacionada como en el ejemplo que se reproduce a continuación de Senesh (1973), citado por Novak (1982).

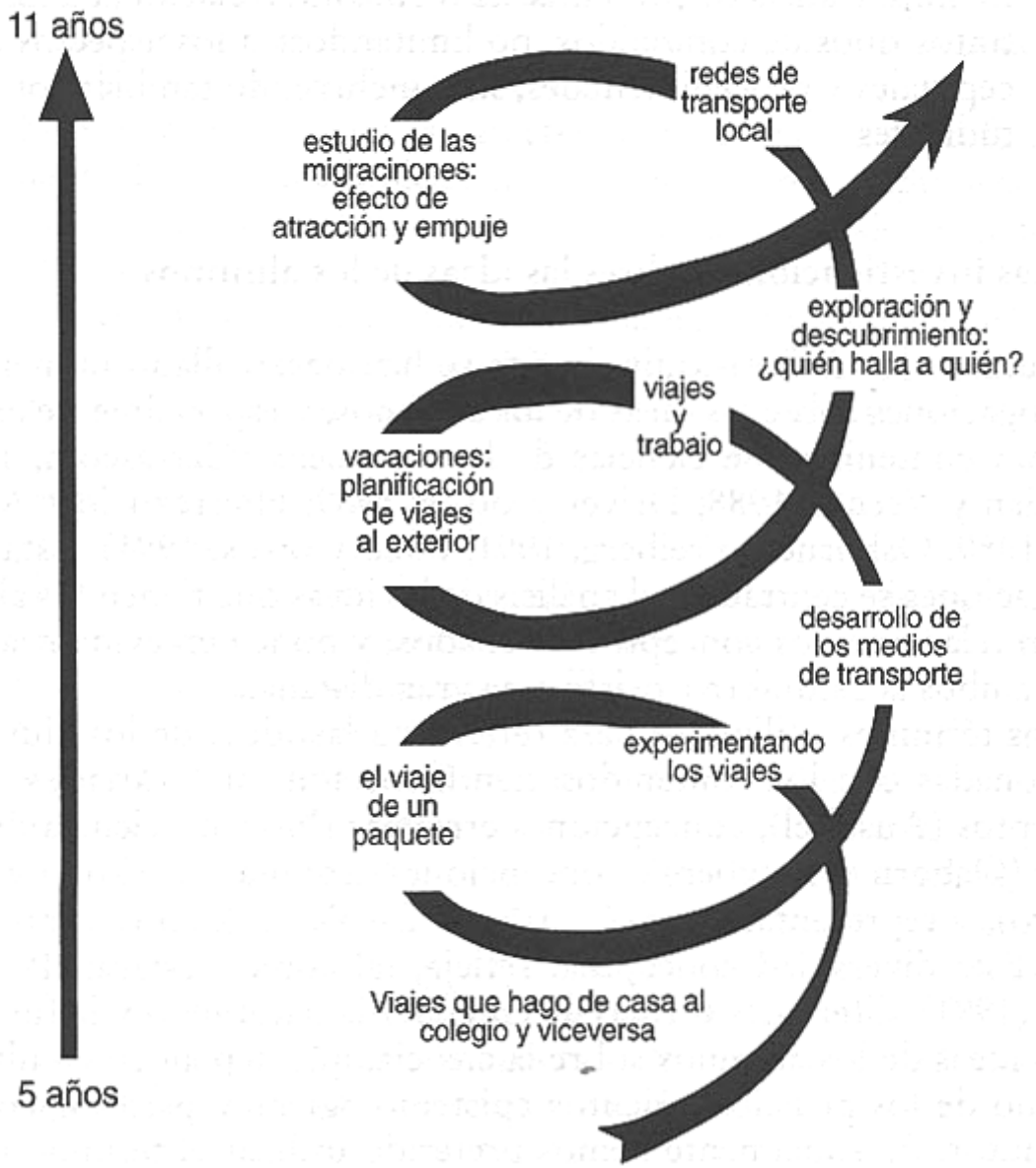
IDEAS FUNDAMENTALES DE LA ECONOMÍA (Laurence Senesh, 1973)
Gráfico página 90.

Bruner (1972) resume el problema de la secuenciación de la siguiente manera:

> *"El problema es doble: primeramente, cómo hacer que vuelvan a describirse las materias básicas y se rehagan sus materiales de tal manera, que las ideas y actitudes predominantes y potentes que se refieren a ellos reciban un papel central; segundo, cómo hacer coincidir los niveles de estos materiales con las capacidades de estudiantes de aptitudes diferentes en distintos grados en la escuela"* (p. 28).

A partir de estos presupuestos preconiza la idea de currículo en espiral que plantea la necesidad de un tratamiento reiterativo, cada vez más amplio y rico, de los principios centrales de cada disciplina a lo largo de los diferentes niveles educativos.

EJEMPLO DE DESARROLLO EN ESPIRAL DEL TÓPICO «LOS VIAJES» EN LA ENSEÑANZA PRIMARIA
(Tomado de Tann, 1990)



Las aportaciones comentadas en este apartado proporcionan importantes orientaciones para la elaboración de secuencias centradas en los aspectos más relevantes del conocimiento y con mayor potencial educativo, que pueden resumirse en:

1. La importancia de articular los contenidos educativos en torno a preguntas clave, comprensibles por los alumnos, que les den sentido.
2. La necesidad de analizar y definir las ideas básicas que deben ser enseñadas y utilizarlas para seleccionar y articular los distintos tipos de contenidos.
3. La conveniencia de explicitar los supuestos ideológicos, epistemológicos y educativos utilizados para ello, de manera que puedan ser comprensibles y valorables por profesores y alumnos.
4. La necesidad de retomar las ideas-eje en los diferentes niveles del currículo, desarrollándolas cada vez con mayor profundidad y amplitud.
5. La importancia de presentar de forma interrelacionada los distintos tipos de contenidos, no limitándose a los aspectos conceptuales y procedimentales, sino incluyendo también los actitudinales.

5.4. Las investigaciones sobre las ideas de los alumnos

Durante los últimos quince años se han desarrollado numerosas investigaciones sobre las ideas de los alumnos, y especialmente en relación a contenidos de ciencias de la naturaleza (Carrascosa, 1985; Giordan y Vecchi, 1988; Driver y otros, 1989; Hierrezuelo y Montero, 1989; Osborne y Freyberg, 1991; Pozo y otros, 1991). Estas investigaciones se centran en el análisis de las ideas que tienen los alumnos en relación a los conceptos enseñados, y ponen en evidencia que entre ambos acostumbra a existir una gran distancia.

Los términos utilizados para referirse a las ideas de los alumnos relacionadas con los contenidos científicos son muy variados: preconceptos (Ausubel), concepciones erróneas (Novak), ciencia de los niños (Osborne y Freyberg), concepciones espontáneas (Pozo y Carretero), y representaciones (Giordan y De Vecchi), entre otras muchas. Esta diversidad conceptual refleja, tal como destacan Pozo y otros (1991), diferentes formas de entender la naturaleza y la función de las ideas de los alumnos sobre la ciencia, que dependen en último término de los posicionamientos epistemológicos y psicológicos de cada autor. Personalmente hemos preferido utilizar el término ideas de los alumnos para referirnos a las explicaciones que un individuo proporciona en un momento dado y en un contexto concreto, para dar respuesta a un interrogante. Estas ideas pueden hacer referencia a aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales. La ventaja de este término es que resulta suficientemente amplio, de manera que no margina aspectos importantes, y a la vez operativo, ya que de él se derivan orientaciones para su indagación. Tampoco implica la atribución de una procedencia determinada a su génesis.

La mayoría de investigaciones realizadas sobre las ideas que los alumnos tienen sobre los contenidos científicos se han realizado sobre conceptos particulares (calor, disolución, fuerza, animal, selección natural). En ellas se constata que, en general, tienen unas características comunes (Driver y otros, 1989; Pozo y otros, 1991):

a) Son construcciones personales, elaboradas de modo más o menos espontáneo en su interacción cotidiana con el medio.
b) Acostumbran a estar implícitas en las explicaciones proporcionadas por las personas, por lo que constituyen teorías o ideas en acción. Su explicitación requiere un trabajo dirigido intencionalmente a ello, que favorezca la toma de conciencia del individuo de sus propios supuestos.
c) Muy relacionada con la característica anterior está su funcionalidad, orientada básicamente a proporcionar respuestas ante situaciones concretas, y no tanto a la búsqueda de “verdades” generales.
d) Se identifican concepciones semejantes, no sólo en niños y adolescentes, sino también en adultos e incluso universitarios y docentes (Astudillo y Gené, 1984). Esta característica cuestionaría, al menos en parte, el carácter espontáneo que se les atribuye a veces. Hemos podido constatar como algunas representaciones atribuidas a construcciones personales de los alumnos, como por ejemplo que las plantas se alimentan por las raíces, son enseñadas de esta manera por muchos profesores, y figuran así en numerosos libros de texto.
e) Suelen ser incoherentes desde el punto de vista científico, aunque pueden no serlo desde el punto de vista del alumno.
f) Son estables y resistentes al cambio. Cabría matizar en relación a esta característica que en muchas de las investigaciones realizadas no se consideran las características de la enseñanza recibida por los individuos que las presentan, por lo que no se puede descartar la posibilidad de que la resistencia al cambio pueda estar favorecida por procesos de enseñanza inadecuados.

g) Aunque son construcciones personales, y con un significado idiosincrásico, son compartidas por personas de características diferentes (edad, procedencia), dando lugar a un número de tipologías limitado.
h) Al analizarlas aparecen ideas e interpretaciones similares a las elaboradas por filósofos y científicos en otras épocas. Esto ha conducido a considerar que la historia de la ciencia puede ser un importante referente para interpretarlas y seleccionar y secuenciar los contenidos educativos (Giordan y de Vecchi, 1988). Esta cuestión será abordada más ampliamente en el apartado siguiente.

En una reciente revisión (Pozo et al., 1991), se plantean importantes críticas a estas investigaciones de índole teórico y metodológico, a la vez que se constata la aceptación acrítica generalizada que las mismas han tenido:

> *"Resulta significativa la escasez de críticas que este enfoque ha recibido, tanto por sus detractores como por sus propios defensores, ya que ello no se debe tanto a la consistencia teórica y experimental del enfoque cuanto a una aceptación acrítica de muchos de sus presupuestos, que reduce la investigación a una acumulación de datos descriptivos sobre las concepciones alternativas de grupos determinados de alumnos en tareas determinadas, a partir de las cuales, sin apenas restricciones, se establecen generalizaciones susceptibles de afectar a la propia estructura del currículo"* (op. cit. pág. 36).

Desde una perspectiva teórica se señala la ambigüedad del propio concepto de concepciones alternativas, problema al que se ha prestado poca atención, excepto en casos aislados (Giordan y De Vecchi, 1988). Las concepciones alternativas se corresponden más con el concepto de *categoría natural*, que con una categoría bien definida como los conceptos científicos. Por ello, el *cambio conceptual*, postulado por diferentes autores (Hewson y Hewson, 1984; Posner et al., 1982) como estrategia didáctica para superar las concepciones alternativas, no puede entenderse sólo como el cambio de un concepto por otro, sino como un cambio profundo en la forma de conceptualizar. Esta idea está presente en algunas propuestas (Gil, 1983 y 1986), que entienden que el cambio conceptual sólo es posible propiciando un cambio metodológico.

Otro aspecto de gran importancia es que las concepciones alternativas, como se ha señalado anteriormente, tienen un carácter implícito, lo que situaría en un lugar especialmente importante a las variables contextuales que determinan su activación en una situación concreta, a las que hasta ahora se ha prestado escasa atención.

> *"...no se trataría tanto de investigar qué concepción tiene los alumnos sobre un fenómeno determinado cuanto de analizar cuál de sus representaciones implícitas activarán ante una tarea dada y qué variables determinan esa activación. Desde esta perspectiva, el cambio conceptual implicará no sólo facilitar la construcción de nuevas representaciones sino porporcionarles indicios para su activación selectiva, de forma que los alumnos no sólo tengan conocimientos científicos sino que además sepan usarlos en el momento adecuado"*. (Pozo et al., p. 43).

Otras críticas planteadas por estos autores son: la importación acrítica de postulados y conceptos de la psicología cognitiva, la falta de valor predictivo de las conclusiones de las investigaciones, dado su carácter específico y, por otra parte, una visión fragmentada del conocimiento científico.

A partir de las críticas mencionadas, los citados autores realizan un análisis comparativo entre el enfoque piagetiano y el de las concepciones alternativas, que sirve de base para la presentación de su propuesta integradora, basada en el pensamiento causal como modelo para la comprensión del conocimiento científico (Pozo, 1987). La justificación para ello radica en la afirmación de que el conocimiento explicativo es el eje central del conocimiento científico, lo que no resta importancia al conocimiento factual o procedimental, pero sin el cual estos últimos serían difícilmente integrables en marcos de referencia que les proporcionen significado. Por otra parte, el pensamiento causal es un marco teórico adecuado desde el que interpretar tanto las aportaciones de Piaget, como las de las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los alumnos, ya que ambas se centran en las explicaciones causales que dan los alumnos sobre los fenómenos que son objeto de atención de la ciencia.

> *"...hay tres preguntas básicas esenciales que subyacen a la mayor parte de los trabajos y que rara vez se plantean de manera clara, pero de cuya respuesta depende no sólo la posibilidad de diseñar recursos didácticos eficaces para la enseñanza de la ciencia sino también la organización y secuenciación de los contenidos en los futuros currículos de ciencias.*

De un modo forzosamente sintético estas tres preguntas serían: a) ¿Qué tipos de ideas tienen los alumnos y de dónde proceden? b) ¿Cómo se organizan esas ideas en la mente de los alumnos? e) ¿Cuáles son los mecanismos de cambio de esas ideas?" (Pozo et al., p. 84).

Las tres preguntas están estrechamente relacionadas, ya que para poder provocar el cambio sistemático de las ideas de los alumnos es importante conocer su génesis y cómo están organizadas.

Las personas cuando nos encontramos ante una situación relevante necesitamos predecir lo que va a suceder, lo que nos lleva a desarrollar determinadas ideas. Estas cumplen una importante función en nuestro equilibrio cognitivo, lo que explicaría su resistencia al cambio. La función de estas ideas no es sólo predecir sino también controlar y explicar, o sea atribuir un efecto a una determinada causa. En las explicaciones causales que utilizamos cotidianamente pueden distinguirse tres componentes: *principios causales*, de carácter general, que constituyen el marco de referencia de las explicaciones, reglas *de inferencia*, utilizadas para buscar las posibles causas de los fenómenos observados, e *ideas o espectativas* extraídas de la experiencia anterior. La variable más determinante en el uso de las reglas de inferencia es el contenido de las tareas a las que se aplican. Contrariamente a las predicciones de Piaget no razonamos igual en un área que en otra. La experiencia anterior, además de proporcionar conocimientos que guían la búsqueda de causas, proporciona destrezas que aumentan la capacidad de aplicación de reglas más complejas. En este sentido, las diferencias entre personas novatas y expertas en un área específica radica no solamente en la cantidad de conocimientos y en su organización, sino que además saben usarlos de un modo más eficiente. De todo ello se concluye que:

"Aunque la comprensión de los conocimientos científicos sea un objetivo irrenunciable de la enseñanza de la ciencia, ya que sin esos conceptos es imposible un acercamiento científico a la realidad, no basta con promover en los alumnos un cambio conceptual si éste no va acompañado de un cambio en las reglas usadas para inferir –o buscar causas– en situaciones nuevas." (op. cit., pág. 67).

Los numerosos estudios realizados proporcionan un conocimiento detallado de las ideas que tienen los alumnos sobre muchos de los conceptos científicos, pero son escasamente predictivos y no proporcionan, en general, explicaciones sobre las causas de esas ideas. Algunos autores (Driver et al., 1989; Solomon, 1987) han señalado determinados factores que pueden explicarlas, ya resumidos al inicio del apartado, pero carecen de una teoría coherente que los englobe.

Pozo y otros (op. cit.) han analizado ampliamente el posible origen de las representaciones de los alumnos y distinguen tres grandes grupos: de origen sensorial, de origen social y de origen analógico. Las representaciones de origen sensorial se generarían en el intento de dar explicación a las observaciones cotidianas, y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos procedentes de la percepción. De esta forma de proceder se derivarían algunos de sus rasgos más sobresalientes, ya señalados por Driver y otros (1989), como la tendencia a basar las explicaciones únicamente en las características observables, estar centradas en los cambios más que en los estados constantes y basarse en un razonamiento causal lineal. Las representaciones de origen social estarían inducidas por las creencias presentes en los grupos sociales en los que los niños se desarrollan. Su procedencia sería variada, y los medios de comunicación jugarían un papel importante. Por último, las representaciones de origen analógico serían debidas al uso de analogías, surgidas de los propios alumnos o introducidas en los procesos de enseñanza, utilizadas para comprender aspectos nuevos sobre los que no se dispone de representaciones específicas ya elaboradas, con las que puedan relacionarse. La distinción de estos grupos no implica que las diferentes concepciones funcionen independientemente.

La segunda pregunta planteada hace referencia a cómo se organizan estas ideas en la mente de los alumnos y alumnas. La teoría de los estadios de Piaget supone una mente altamente organizada y estructurada de un modo homogéneo de acuerdo con ciertas capacidades lógicas. Este supuesto ha sido criticado, ya que muchos de los datos disponibles lo ponen en entredicho. Por el contrario, el modelo de las concepciones alternativas se centra en lo particular y en las desviaciones, pero deja sin explicar las regularidades, e incluso los casos en los que los sujetos no se desvían, ya que sólo se analizan las concepciones erróneas.

En la síntesis elaborada por estos autores, se plantea la posibilidad de que la mente no sea tan homogénea como planteaba Piaget, pero tampoco tan heterogénea como parece derivarse de los estudios sobre las concepciones alternativas. En los últimos años y desde diversas perspectivas, se plantea la existencia de *teorías personales*, generalmente implícitas y basadas en el sentido común, que utilizamos para interpretar lo que acontece en nuestro medio. Estas teorías parecen ser características de los sujetos novatos o profanos en un área y se diferencian de las teorías científicas, no sólo en su contenido factual, sino también

en su organización y en su naturaleza. En este sentido, el aprendizaje científico puede concebirse, al menos en parte, como un proceso de cambio de las teorías personales implícitas por otras explícitas y científicas. Se señala que ambas comparten su carácter de estructuras conceptuales organizadas, con una finalidad tanto predictiva como explicativa. Las principales diferencias entre ambas se resumen en la siguiente tabla, aunque debe considerarse que éstas representan los extremos de un continuo, en el que pueden encontrarse una gran variedad de situaciones.

TABLA III
Algunas diferencias entre las teorías personales y las teorías científicas
(Según Pozo et al., 1991b)

TEORÍAS PERSONALES	TEORÍAS CIENTÍFICAS
* Son implícitas	* Son explícitas
* Son incoherentes	* Son coherentes
* Son específicas	* Son generales
* Son inductivas (verifican)	* Son deductivas (falsan)
* Se basan en un causalidad lineal y simple	* Se basan en una causalidad múltiple y compleja
* Buscan la utilidad	* Buscan la "verdad"

Lógicamente las características mencionadas corresponden a dos extremos entre los que pueden darse infinidad de situaciones intermedias.

Se señala también que los novatos acostumbran a tener un conocimiento con escasa organización jerárquica, mientras que los expertos subordinan sus ideas a un número reducido de leyes o principios generales. Esto se pone de manifiesto en la poca conexión que con frecuencia presentan las ideas expuestas por los novatos.

A partir de la caracterización realizada podría suponerse que las teorías implícitas son poco útiles. Sin embargo, suelen generar predicciones con bastante éxito en la vida cotidiana, lo que explicaría su persistencia. Esta aparente paradoja se puede comprender si se tiene en cuenta la diferente función de las teorías personales y las teorías científicas, ya comentada anteriormente.

Ciertos rasgos estructurales comunes a diversas teorías implícitas mantenidas por los alumnos, actúan como verdaderos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1972), que deben ser superados en cada dominio concreto. Los rasgos a los que se hace referencia conectan con la noción piagetiana de pensamiento formal, y más específicamente con los esquemas operatorios formales, de los que son su antítesis, como pueden apreciarse en la tabla IV.

De esta contrastación se deduce que:

> *"...en el paso de sus teorías personales implícitas a las teorías científicas los alumnos deben aprender a utilizar ciertos esquemas generales en el análisis de relaciones causales, sin los cuales la teoría científica no podrá ser correctamente comprendida. Estos esquemas tienen cierta generalidad, si bien, como los propios Inhelder y Piaget (1955) apuntaban, probablemente los sujetos deban aprender a aplicarlos en cada nuevo dominio.*
>
> *...Dicho de otra manera, el alumno persistirá en su concepción alternativa a menos que logre analizar la tarea mediante un esquema de relación causal más complejo, que tiene las características del pensamiento formal piagetiana"* (Op. cit., p. 97).

TABLA IV
Esquemas formales presentes en las teorías científicas y restricciones estructurales opuestas a ellas
(Según Pozo et al., 1991b)

RESTRICCIONES ESTRUCTURALES **(Teorías implícitas)**	ESQUEMAS FORMALES **(Teorías científicas)**
Causalidad lineal y simple. En un sólo sentido (agente → objeto)	Coordinación de sistemas de referencia. Compensación multiplicativa.
Falta de cuantificación o estrategias de cuantificación erróneas	Proporción Probabilidad Correlación
Transformación sin conversación	Conversaciones no observables Sistemas de equilibrio

La tercera cuestión abordada hace referencia a cómo se produce el cambio de las ideas de los alumnos. La propuesta de cambio conceptual realizada por algunos autores (Posner et al., 1982; Hewson y Hewson, 1984) tiene un origen básicamente epistemológico, sin una teoría del aprendizaje que lo sustente. Cuando se intenta que los alumnos cambien sus ideas sobre los fenómenos científicos debe tenerse en cuenta la forma en que las ideas activadas por el alumno han sido adquiridas. Por otra parte, es fundamental apreciar que los procesos que están en el origen de las concepciones de los alumnos suelen ser diferentes de los que hay que usar para modificarlas.

Desde una concepción constructivista del aprendizaje se considera que éste es siempre el resultado de la interacción entre las ideas previas activadas por el sujeto y la nueva información proporcionada por la situación de aprendizaje. Para que pueda producirse algún cambio es necesario que los alumnos tomen conciencia de sus propias ideas, de las diferencias en relación con otras explicaciones, y se genere algún tipo de conflicto cognitivo. Lo que puede provocar algún cambio en las ideas no son tanto los datos u observaciones discrepantes, sino la existencia de otras explicaciones que puedan percibirse como mejores.

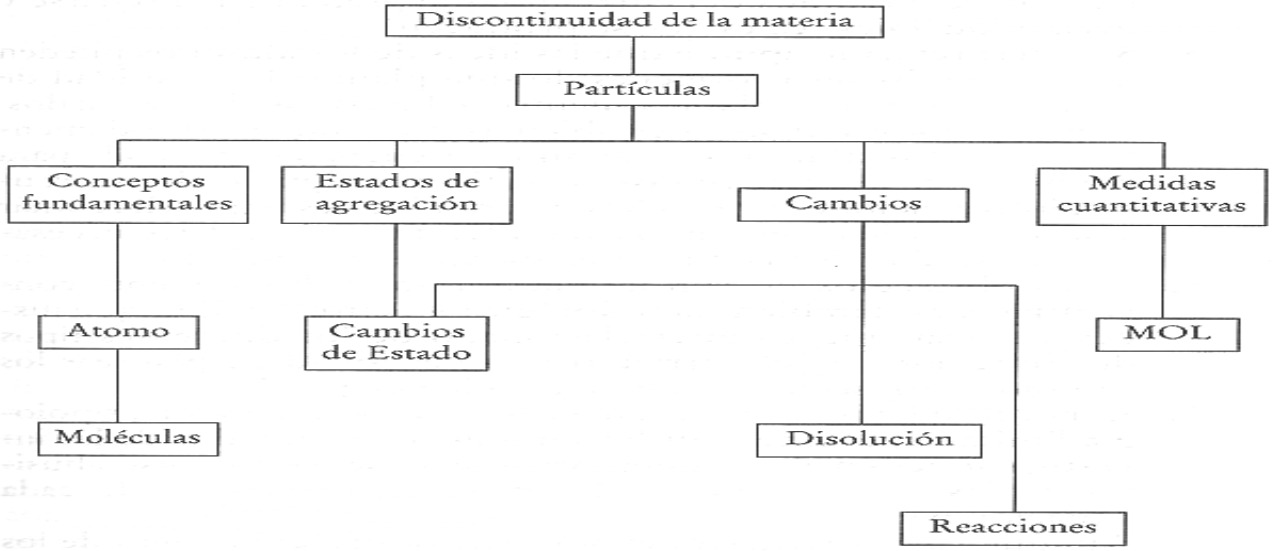
A partir de estos supuestos, Pozo et al. (1991b) establecen que la noción de cambio conceptual debería aplicarse a un nivel intermedio entre el cambio estructural, excesivamente general, postulado por Piaget, y el cambio específico centrado en conceptos demasiado particulares. El nivel óptimo para el cambio conceptual serían esquemas de una cierta generalidad y su aplicación a dominios específicos, que tuvieran en cuenta las ideas implícitas de los alumnos y alumnas. Para ilustrar esta propuesta analizan el caso concreto de la química en la Educación Secundaria, y proponen unas pautas para su enseñanza en la que se integran todos los supuestos anteriores.

Para estos autores, la mayoría de dificultades detectadas en los alumnos en relación a la comprensión de los conceptos químicos derivan de una insuficiente asimilación de tres núcleos o estructuras conceptuales básicas, de las que se derivan otras más específicas: la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia, la conservación de propiedades no observables y la cuantificación de los procesos químicos. La enseñanza de la Química debería estar orientada a facilitar la adquisición de estas estructuras, cuya comprensión presenta notables dificultades para los adolescentes, ya que ello implica la superación de algunas de las limitaciones más características de su pensamiento causal.

En el caso concreto de la naturaleza discontinua de la materia, base para la comprensión de toda la química, se constata la dificultad de muchos alumnos para comprenderla, ya que su percepción les muestra la materia como algo continuo. Para superar esta concepción consideran fundamental centrar la enseñanza en los aspectos básicos de la teoría atómica de Dalton, como primer paso para cambiar las concepciones sobre la materia, en la que se establecen los siguientes postulados:

1. *La materia está compuesta por un gran número de partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos, que no pueden ser creadas ni destruidas.*
2. *Todos los elementos están formados por átomos iguales de masa constante.*
3. *Los átomos pueden combinarse para formar compuestos químicos, según relaciones numéricas sencillas.*

PRINCIPALES CONCEPTOS QUÍMICOS RELACIONADOS CON LA NOCIÓN DE DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA
(Pozo et al., 1991)



Pueden apreciarse algunas coincidencias entre esta propuesta y las realizadas por Bruner y Ausubel expuestas en apartados anteriores.

Las derivaciones de los trabajos comentados para la secuenciación de los contenidos son de enorme importancia ya que:

1. Plantean la necesidad de que la enseñanza se base en un conocimiento previo de las ideas que los alumnos y alumnas poseen en relación a los contenidos que serán objeto de enseñanza. Estas ideas integran aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales.
2. Proporcionan ideas e instrumentos para detectar los conocimientos previos de los alumnos, y ponerlos en relación con los contenidos que pretenden enseñarse, lo cual, como se ha apuntado anteriormente (apartado 5.1) es, imprescindible para promover aprendizajes significativos.
3. Resaltan la importancia de la toma de conciencia por parte de los alumnos de sus concepciones implícitas, lo que debe llevar a plantear actuaciones didácticas concretas que la hagan posible.
4. Ponen en evidencia, una vez más, la gran distancia existente entre los contenidos del currículo que pretenden enseñarse y los aprendizajes reales que se producen.
5. Su interpretación apunta que las ideas de los alumnos pueden derivar de distintos orígenes, lo que plantea la necesidad de tratarlas mediante planteamientos educativos diferenciados. También indica algunos problemas u obstáculos fundamentales que los alumnos y alumnas tienen, en general, para comprender los contenidos científicos y algunas de sus causas; informaciones todas ellas de gran interés para seleccionar y secuenciar los contenidos. Su diferente origen hace necesario que se aborden con planteamientos diferenciados.
6. Estos obstáculos no son de naturaleza exclusivamente conceptual, sino también metodológica y actitudinal, lo que Justifica el tratamiento interrelacionado de los diferentes tipos de contenidos en el currículo y la necesidad de plantear los cambios a conseguir desde esta triple perspectiva.
7. El hecho de que las ideas analizadas respondan a una tipología limitada permite la utilización de los resultados de las investigaciones en el aula, siempre que no se haga un uso abusivo de las mismas, obviando el análisis concreto de cada situación particular.
8. Aunque las investigaciones sobre las representaciones de los alumnos son bastante abundantes, y continúa siendo una línea prioritaria de investigación, no abarcan aún la mayoría de contenidos de los programas escolares, por lo que sería de gran importancia completarlas.
9. Las ideas de los alumnos y alumnas no deberían considerarse obstáculos para el aprendizaje de la ciencia sino un vehículo para el mismo. No se trata de suprimirlas o de hacer que los alumnos las abandonen, sino de desarrollar a partir de ellas nuevas concepciones, más próximas a las científicas. Ambas pueden coexistir y ser funcionales en contextos diferentes.
10. El cambio conceptual, metodológico y actitudinal debe concebirse de manera progresiva en el marco de una enseñanza coherente, que favorezca el cambio de unas estructuras cognitivas por otras y de unas teorías implícitas por otras explícitas más avanzadas.

11. Para promover cambios en las ideas de los alumnos parece oportuno estructurar la enseñanza en tomo a esquemas de una cierta generalidad y de su aplicación a diversos dominios específicos.

5.5. La Historia de las Ciencias como referente para el análisis, selección y secuenciación de contenidos

En el apartado 5.2, al analizar las relaciones entre la lógica de las disciplinas y la secuenciación de contenidos, se presentaron algunas aportaciones que planteaban la necesidad de presentar los contenidos del currículo en su contexto histórico y social, para evidenciar la estrecha relación entre éste y el tipo de conocimientos que se generan en un momento determinado. Ello permitía a la vez proporcionar una visión dinámica de los contenidos estudiados. En el apartado anterior se ha hecho referencia al estrecho paralelismo, que se aprecia en muchas ocasiones, entre determinadas concepciones de los alumnos y las que los científicos mantuvieron en determinadas etapas históricas. Esto ha conducido a veces a hacer una transposición mecánica, consistente en proponer como criterio de secuenciación para el currículo la secuencia histórica de los descubrimientos relacionados con los contenidos que pretenden enseñarse. Por todo ello, durante la última década se ha producido un interés creciente por parte de los didactas en relación a la utilización de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza (Matthews, 1991). El interés apuntado ha estado precedido de un movimiento aún más importante en el campo de la historia y la filosofía de la ciencia, provocado por los nuevos sociólogos de la ciencia (Khun, Lakatos, Toulmin), que han centrado la atención en la influencia de los factores contextuales en la génesis del conocimiento y en el carácter provisional y relativo del mismo. En base a estas consideraciones se ha planteado la necesidad de abordar estos problemas en un apartado específico.

Los partidarios de introducir la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza apoyan la idea de un planteamiento contextualizado de los contenidos educativos, que permita captar los aspectos sociales, históricos, filosóficos, éticos y tecnológicos que influyeron en la génesis de los conocimientos considerados (Matthews, 1994). Las aportaciones fundamentales de este enfoque radican en que:

> *"1) Motiva e interesa a los alumnos; 2) humaniza los contenidos; 3) proporciona una mejor comprensión de los conceptos científicos mostrando su desarrollo y perfeccionamiento; 4) tiene un valor intrínseco la comprensión de determinados episodios cruciales en la historia de la ciencia: revolución científica, darwinismo, etc.; 5) demuestra que la ciencia es mutable y cambiante y que, en consecuencia, el conocimiento científico actual es susceptible de ser transformado; lo que 6) de esta manera, combate la ideología cientifista; y finalmente 7) la historia permite un conocimiento más rico del método científico y muestra las pautas del cambio de la metodología aceptada."*

Por otra parte, Brush (1991) destaca la utilidad de la ciencia para clarificar algunas cuestiones cruciales en la enseñanza como: las relaciones entre la ciencia y planteamientos filosóficos e ideológicos más amplios generalmente ignorados, las relaciones entre los modelos teóricos y los descubrimientos, que a menudo se distorsionan, y las contribuciones de las mujeres y las minorías a la ciencia, con frecuencia olvidadas.

Giordan y de Vecchi (1988) señalan que el conocimiento de la historia de la ciencia ayuda también a ser más modestos en cuanto a las pretensiones educativas, ya que muestra como a veces son necesarios varios siglos para elaborar conocimientos que esperamos que los alumnos comprendan rápidamente.

En la mayoría de planteamientos se defiende la necesidad de que la historia y la filosofía de la ciencia no sean incorporados al currículo como unos temas más a añadir a los clásicos, sino como un nuevo enfoque para el tratamiento de los contenidos anteriores.

Los argumentos presentados tienen importantes repercusiones para el análisis, selección y secuenciación de los contenidos. Aunque estos argumentos son de peso, existen importantes críticos contrarios a la inclusión de la historia de la ciencia en el currículo. Klein (citado por Matthews, 1994) plantea que la única historia posible en un curso de ciencias es "pseudohistoria", y que el conocimiento de la historia de la ciencia debilita las convicciones necesarias para conseguir con éxito el aprendizaje de los contenidos científicos. Según este autor los profesores de ciencias cuando utilizan los acontecimientos históricos de la enseñanza simplifican y deforman la historia, por lo que considera más honrado prescindir de ella al enseñar ciencias. Brush (citado por Matthews) sugiere, en este mismo sentido, que la historia de la ciencia podría tener una mala influencia en los estudiantes, ya que socava tanto la certeza del dogma científico como la utilidad para mantener el entusiasmo de los aprendices. Estas apreciaciones están directamente relacionadas por las concepciones planteadas por Kuhn (1971).

Whitaker (1979) ha estudiado las relaciones entre las construcciones históricas que se ofrecen en la enseñanza, los fines pedagógicos y, la visión de la ciencia que se intenta transmitir, pudiendo constatar que lo que se hace es reescribir la historia acomodándola a los propósitos educativos. Puede apreciarse un cierto paralelismo con las *reconstrucciones racionales* planteadas por Lakatos (1983), en las que la historia se escribe para apoyar una visión particular de la metodología científica. No obstante, este argumento no debería ser un obstáculo insalvable para introducir la historia de la ciencia en el currículo, ya que como señala Matthews (1994):

> *"Sabemos que la objetividad en La historia es, en principio, imposible: la historia no se presenta tal cual es a los ojos del espectador; tiene que ser construida. Los materiales y fuentes han de ser seleccionados; las cuestiones han de ser formuladas; han de tomarse decisiones sobe las contribuciones relevantes de factores internos y externos en el cambio científico. Todos estos aspectos están influidos por las opiniones sociales, nacionales, psicológicas y religiosas del historiador. Y lo que es más importante, están influidas por la teoría de la ciencia, o la filosofía de la ciencia, sostenida por el historiador. Así como la teoría de un científico afecta a cómo ve, selecciona y trabaja su material, también la teoría de un historiador afecta a cómo ve, selecciona y trabaja el suyo. Como mucha gente ha dicho, si la filosofía de la ciencia está vacía sin historia de la ciencia, la historia de la ciencia sin filosofía de la ciencia está ciega."* (pág. 260).

Un ejemplo, paradigmático, comentado por el mismo autor, es el caso de los historiadores de Galileo, que lo han presentado sucesivamente como inductivista, positivista, racionalista, escolástico y anarquista.

Bizzo (1993) analizando más detalladamente este problema señala que, con frecuencia, las reconstrucciones históricas son demasiado simplistas, contemplando sólo las e tapas del desarrollo científico que culminan en la construcción del conocimiento que se considera válido, tendencia que se conoce como "whiggismo". Como aspectos más destacados de esta visión deformada de la historia de la ciencia señala las siguientes tendencias:

- Presentar el pasado como un antecedente lineal de presente, sin dar cuenta de las diversas discusiones y teorías de la misma época.
- Creer que las visiones "inmaduras" de un científico llevan a sus "visiones maduras" trazando una línea evolutiva a partir de estas etiquetas arbitrarias.
- Ignorar a otros científicos de la misma época, así como olvidar o desacreditar las opiniones de un científico en un debate que se considera actualmente superado.
- Desacreditar a los defensores contemporáneos del científico en cuestión cuando no ofrecen versiones válidas y aceptables del conocimiento científico, desde el punto de vista actual.

Todas estas visiones deformadoras pueden, evidentemente, tener repercusiones negativas en la enseñanza, pero no Justifican su exclusión, sino que señalan los errores que deberían evitarse. Las objeciones planteadas son importantes, pero pueden asumirse sin desechar la inclusión de la historia de la ciencia en el currículo.

Según Matthews (1994), en la enseñanza, como en la mayor parte de situaciones, la materia a enseñar necesita ser frecuentemente simplificada. La tarea pedagógica consiste en plantear una historia simplificada que ilustre la materia, pero sin que sea una caricatura del proceso histórico. Esta simplificación deberá adecuarse a las características del alumnado al que se enseña y a las del currículo considerado. En niveles sucesivos puede presentarse con mayor complejidad, según lo exija la situación educativa. La garantía para evitar las distorsiones señaladas por Bizzo debería buscarse en una formación adecuada del profesorado en historia y filosofía de la ciencia. De esta manera el problema de interpretación de la historia de la ciencia, en lugar de ser una barrera, puede ser una buena ocasión para introducir a los estudiantes en aspectos significativos que permitan comprender mejor la naturaleza de la génesis del conocimiento científico, y la existencia de visiones diferentes sobre el mismo. Este planteamiento en lugar de desmotivar puede aproximar más a los alumnos y alumnas, al proporcionar una visión más humana y contextualizada, y menos dogmática de la ciencia. La evaluación de proyectos para la enseñanza de las ciencias, en los que se ha integrado el conocimiento histórico, como el "*Harvard Project Physics*", en el que el propio Brush (1991) participó, son una buena muestra de ello.

Otro problema de gran interés, en relación al tema considerado, es el de la posible relación entre las ideas de los alumnos sobre determinados problemas de la ciencia, y las visiones que los científicos han tenido en determinados momentos de la historia. La mayoría de autores (Piaget y García, 1982; Saltiel y Viennot, 1985; Sanmartí y Casadella, 1987; Giordan y de Vecchi, 1988) están de acuerdo en que, a pesar de las aparentes convergencias, no puede considerarse que la génesis individual del conocimiento (ontogenia), sea una recapitulación de la génesis histórica de los conocimientos científicos (filogenia), tal como postuló Khun (1971). Las concepciones que presentan los alumnos, aunque recuerdan extraordinariamente a

planteamientos científicos actualmente superados (Saltiel y Viennot, 1985; Driver et al., 1989), se producen en situaciones y contextos que les confieren características muy diferentes.

Piaget y García (1982), que han dedicado una obra exclusivamente a analizar este problema, estiman que el paralelismo entre la historia de la ciencia y la génesis del conocimiento individual no debe buscarse tanto en el contenido de las explicaciones, como en los mecanismos que permiten el paso de unas explicaciones a otras. Estudiando el caso concreto del álgebra y de la mecánica identifican un proceso general en ambas situaciones (individual e histórica), que conduce desde un análisis de los objetos considerados en sí mismos, a un análisis que estudia las relaciones y transformaciones entre objetos y, finalmente a la construcción de estructuras. Desde esta perspectiva la transformación continua de los conocimientos procede en ambos casos (en la historia de la ciencia y en la psicogénesis) por reorganización y reequilibración. El conocimiento no es nunca un estado, sino un proceso influido por las etapas precedentes del desarrollo, de lo que se deriva la necesidad del análisis histórico-crítico.

Varios autores (Piaget y García, 1982; Saltiel y Viennot, 1985; Sanmartí y Casadella, 1987; Giordan y de Vecchi, 1988) destacan la necesidad de ser cautos a la hora de establecer relaciones entre las ideas de los alumnos y determinadas concepciones de la historia de la ciencia. Esto no cuestiona su utilidad, ya que ayuda a comprender y a anticipar las posibles dificultades con que puedan enfrentarse. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, tal como señalan Vergnaud y otros (1981), que:

> *"Se puede, sin duda, intentar definir los obstáculos didácticos inspirándose en lo que se sabe acerca de los obstáculos epistemológicos históricos. Pero si las dificultades son eventualmente comunes, la manifestación del obstáculo puede ser diferente y la forma en que se ha superado es igualmente diferente."* (p. 117).

Saltiel y Viennot (1985), abundando en esta misma idea, afirman que resulta poco razonable predecir solamente sobre la base de consideraciones históricas cómo se transformará y evolucionará el pensamiento de los estudiantes.

Teniendo en cuenta estas precauciones, el análisis de los obstáculos epistemológicos que han dificultado el progreso de la ciencia puede ser de enorme interés para la selección y secuenciación de contenidos. En relación a ello, Matthews (1994) comenta que con frecuencia algunos obstáculos fundamentales para la comprensión de la ciencia son ignorados en la enseñanza. Comenta como ejemplo la escasa importancia dada a la ruptura epistemológica que debe darse con las explicaciones basadas en el sentido común, para poder comprender muchas explicaciones científicas, aspecto que, por otra parte, algunos autores han tenido muy en cuenta a la hora de formular sus propuestas metodológicas (Gil, 1983, 1985, 1993). Piaget y García (1984), haciendo referencia a la revolución científica del siglo XVII, señalan la importancia de reconocer sus aportaciones fundamentales para poder comprenderla adecuadamente. Según ellos, éstas no consistieron ni en un refinamiento metodológico, ni en un progreso en los instrumentos de observación, sino en una reformulación de los problemas que eran objeto de estudio, lo que permitió un determinado tratamiento matemático y el diseño de situaciones experimentales verificables o refutables.

Aun considerando la necesidad e interés de estos análisis, pensamos que de los mismos no puede derivarse directamente una propuesta de secuencia, ya que es necesario situar estos obstáculos en un contexto más amplio y ponerlos en relación con las características de los alumnos.

Resumiendo las principales aportaciones realizadas en este apartado podemos concluir que:

1. A pesar de la aparente coincidencia, existen diferencias notables entre las ideas mantenidas por los alumnos para explicar algunos fenómenos y las explicaciones formuladas en determinadas etapas históricas. Entre otras pueden destacarse que las primeras no son teorías explícitas, tienen una aplicación parcial, y pueden simultanearse con otras con las que no guarden coherencia.
2. El análisis de la historia de la ciencia puede ser de gran Interés para identificar los obstáculos epistemológicos que se han presentado y la manera de superarlos. Ello puede ayudar a valorar la complejidad de los contenidos a enseñar y anticipar algunas de las dificultades que pueden presentarse, pero debe tenerse en cuenta que la manera de superarlas no tiene porque seguir el mismo camino.
3. En consecuencia, con las conclusiones anteriores no parece justificado establecer la secuencia de contenidos basándose exclusivamente en consideraciones de tipo histórico.
4. La historia de la ciencia resulta un instrumento valioso para los profesores y diseñadores del currículo ya que permite ampliar las concepciones sobre la ciencia, hace más comprensible y matizado el conocimiento científico, permite apreciar las relaciones con el contexto, las limitaciones de la ciencia y sus aspectos subjetivos.

5. De cara a los alumnos, permite captar la producción de conocimientos científicos como algo vivo, humanizado y en estrecha relación con otros aspectos sociales, todo lo cual puede aumentar la motivación por su estudio.
6. Aun teniendo en cuenta la complejidad del conocimiento histórico, y sus fuertes implicaciones ideológicas, la historia de la ciencia puede tener una dimensión educativa importante, siempre que se eviten algunas tendencias especialmente deformadoras, entre las que cabe resaltar: la presentación lineal del desarrollo de la ciencia, la valoración de las aportaciones históricas basándose exclusivamente en los criterios de validez actuales, y la ignorancia o infravaloración de aportaciones actualmente superadas.