

Universidad de Murcia

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS
CIENTÍFICOS (CONTENIDOS PROCEDIMENTALES) EN
LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA:
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN, DIFICULTADES Y
PERSPECTIVAS**

RAFAEL CORDÓN ARANDA

Febrero de 2008

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS
CIENTÍFICOS (CONTENIDOS PROCEDIMENTALES) EN
LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA:
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN, DIFICULTADES Y
PERSPECTIVAS**

**Trabajo presentado para optar al Título de Doctor por la
Universidad de Murcia en el Programa “Investigación e
innovación en la enseñanza de las ciencias”.**

Murcia, Febrero de 2008

Rafael Cordón Aranda

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin el apoyo de personas e instituciones que han colaborado de una forma directa, y sin el de aquellos que de una u otra forma han ayudado a su finalización. A todos ellos mi agradecimiento.

En primer lugar, agradezco al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Murcia la oportunidad que me ha dado de realizar esta investigación. Además de sus resultados, que se ofrecen a la comunidad educativa, me ha permitido interesarme en mayor medida en la enseñanza. Debo mencionar, especialmente, a mis directores de Tesis, los Dres. Enrique Banet Hernández y Francisco Núñez Soler, que me han dedicado su atención, tiempo y paciencia, aclarando mis numerosas dudas y revisando críticamente el texto a lo largo de todos estos años, hasta este día.

A la Consejería de Educación de la Región de Murcia que me concedió una licencia por estudios en el curso 2001-2002, dedicada, fundamentalmente, a visitar los institutos y colegios donde se entrevistaron a profesores y se pasaron las encuestas a los alumnos.

También debo agradecer a los profesores y profesoras de los Institutos de Educación Secundaria y de Centros de Enseñanza Primaria que me facilitaron el acceso a sus aulas y me proporcionaron sus opiniones sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por supuesto, a las alumnas y alumnos que fueron entrevistados o que respondieron al cuestionario, y que, por lo tanto, han aportado sus conocimientos como datos de esta Memoria.

Desde el inicio de mi profesión mis alumnos y alumnas han sido el acicate para este largo trabajo de investigación y me han permitido encontrar nuevos motivos para no perder la ilusión por aportarles caminos para su aprendizaje.

Un trabajo como este sería impensable sin la aportación de tantos investigadores que aportan sus conocimientos e ideas, especialmente en el campo de la enseñanza de las ciencias: Neus Sanmartí, Maria Pilar Jiménez, Antonio de Pro, Daniel Gil, Jay Lemke, Wolff-Michael Roth, Derek Hodson... y tantos otros. Ellos me han hecho mirar de otra forma mi labor educativa y han orientado este trabajo.

A aquellos que desde su labor diaria en las aulas se han esforzado, en tiempos pasados más difíciles, y ahora, en conseguir una enseñanza pública de calidad, que no fomenta desigualdades. Ellos también hacen posible que sigamos trabajando con ilusión.

A mi mujer, Carmen, y a mi hija, Celia, que me han facilitado poder dedicarle tanto tiempo a este trabajo y en especial a mis padres, ausentes, pero que me transmitieron la constancia con la que se consiguen los objetivos propuestos y la honestidad ante la vida.

ÍNDICE

Organización de la Memoria	9
PARTE I: Planteamiento general de la investigación	
Capítulo 1: Origen y problemas de la investigación	18
1.1. Fases preliminares y ámbitos en los que se sitúa la investigación	19
1.2. Problemas de investigación	22
PARTE II: Marco teórico y antecedentes de la investigación	
Capítulo 2: Marco teórico de la investigación	28
2.1. Epistemología y enseñanza de las ciencias	30
2.1.1. Algunas referencias históricas	31
2.1.2. Algunas implicaciones educativas derivadas de la epistemología de la Ciencia	35
2.2. Teorías del aprendizaje y enseñanza de las ciencias	36
2.2.1. El conductismo y la enseñanza por transmisión/recepción	36
2.2.2. Las teorías cognitivas y su aplicación a la enseñanza de las ciencias	37
2.3. Los contenidos procedimentales desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias	45
2.3.1. ¿Qué son los contenidos procedimentales?	46
2.3.2. Clasificación de los procedimientos. Criterios para secuenciarlos	48
2.4. La enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales desde la didáctica de las ciencias	51
2.4.1. Algunas circunstancias educativas que pueden favorecer el aprendizaje de procedimientos	53
2.4.2. Los trabajos prácticos	55
2.4.3. La resolución de problemas	57
2.5. Los contenidos procedimentales en el currículo de la educación secundaria obligatoria	60
2.5.1. Características generales del currículo propuesto por la LOGSE	62

2.5.2. Finalidades de la educación científica	63
2.5.3. Objetivos generales de las Ciencias de la Naturaleza	64
2.5.4. Contenidos	64
2.5.5. Planteamientos metodológicos	69
2.5.6. Evaluación	71
2.6. Conclusiones e implicaciones para la planificación y el desarrollo de esta investigación	73
Capítulo 3. Investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de los contenidos procedimentales en las clases de ciencias	76
3.1. Los estudiantes y el aprendizaje de los contenidos procedimentales	79
3.1.1. Investigaciones de ámbito nacional e internacional sobre las habilidades de razonamiento científico en los estudiantes	79
3.1.2. Investigaciones relacionadas con programas y metodologías para mejorar el aprendizaje de los procedimientos científicos	83
3.1.3. Investigaciones relacionadas con el aprendizaje de procedimientos específicos	90
3.2. Los libros de texto y la enseñanza de los contenidos procedimentales	98
3.2.1. Investigaciones sobre las características de las actividades de los libros de texto	99
3.2.2. Aportaciones relacionadas con el planteamiento de las actividades de los libros de texto para mejorar su eficacia formativa	106
3.3. Los profesores y la enseñanza de los contenidos procedimentales	107
3.3.1. Concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la Ciencia	108
3.3.2. Concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias	110
3.3.3. ¿Qué piensan y cómo enseñan los profesores de ciencias de secundaria los contenidos procedimentales?	113
3.3. Los profesores y la enseñanza de los contenidos procedimentales	108
3.3.1. Concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la Ciencia	108
3.3.2. Concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias	111

3.3.3. ¿Qué piensan y cómo enseñan los profesores de ciencias de secundaria los contenidos procedimentales?	113
3.4. Conclusiones e implicaciones para la planificación y el desarrollo de la investigación	117
PARTE III: Diseño de la investigación	
CAPÍTULO 4: Planteamiento y metodología de la investigación	121
4.1. Planteamiento y desarrollo de la investigación en relación con el problema 1	123
4.1.1. Problema, hipótesis y subhipótesis	123
4.1.2. Características de la muestra objeto de estudio	125
4.1.3. Diseño de los instrumentos de recogida de información	126
4.1.4. Contenidos procedimentales objeto del Problema 1	128
4.1.5. Descripción del cuestionario	132
4.1.6. Estrategias para el análisis de los datos	138
4.2. Planteamiento y desarrollo de la investigación en relación con el problema 2	139
4.2.1. Problema, hipótesis y subhipótesis	139
4.2.2. Características de la muestra objeto de estudio	141
4.2.3. Criterios para el análisis de los libros de texto	142
4.2.4. Estrategias para el análisis de datos	149
4.3. Planteamiento y desarrollo de la investigación en relación con el problema 3	151
4.3.1. Problema, hipótesis y subhipótesis	151
4.3.2. Características de la muestra objeto de estudio	152
4.3.3. Diseño de los instrumentos de recogida de información	153
4.3.4. Descripción del cuestionario y de los materiales didácticos	153
PARTE IV: Análisis de los resultados	
Capítulo 5: Aprendizaje de contenidos procedimentales durante la secundaria obligatoria	157

5.1. Conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con tablas y gráficas	159
5.1.1. Capacidades de identificación de las características de tablas y gráficas	160
5.1.2. Capacidades para la elaboración e interpretación de tablas y gráficas	165
5.1.2.1. Elaboración e interpretación de tablas	165
5.1.2.2. Elaboración e interpretación de gráficas	181
5.2. Conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con habilidades de investigación	194
5.2.1. Capacidades de identificación de las características de las habilidades de investigación	197
5.2.2. Capacidades de los estudiantes para la comprensión y el dominio/puesta en práctica de habilidades de investigación	213
5.3. Conclusiones sobre las capacidades de los estudiantes en relación con el aprendizaje de procedimientos científicos	231
5.4. Conclusiones sobre el aprendizaje de los contenidos procedimentales: implicaciones educativas, niveles de dificultad y secuencias de enseñanza	235
Capítulo 6: Los contenidos procedimentales en los libros de texto	249
6.1. Actividades que incluyen los libros de texto de ciencias de la naturaleza de educación secundaria obligatoria	253
6.2. Contenidos procedimentales que fomentan las actividades de los libros de texto	258
6.3. Secuencia de actividades y de procedimientos a lo largo de la ESO	263
6.4. Estudio comparativo de las editoriales analizadas	270
6.5. Conclusiones sobre los tipos de actividades y de contenidos procedimentales que promueven los libros de texto	273
6.6. Orientaciones para el diseño de actividades de enseñanza	276
Capítulo 7. Concepciones y práctica de los profesores de ciencias sobre la enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales	282
7.1. Opiniones de los profesores sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales	287

7.1.1. Importancia que atribuyen los profesores a los contenidos procedimentales en relación con los contenidos conceptuales	287
7.1.2. Valoración de la importancia formativa de los diferentes contenidos procedimentales	289
7.1.3. Dificultades para la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales	291
7.2. La enseñanza de los contenidos procedimentales en la práctica Educativa de los profesores	293
7.2.1. Planificación y utilización de materiales didácticos	294
7.2.2. Contenidos procedimentales que proponen los profesores y forma de evaluar su aprendizaje	297
7.3. Conclusiones sobre las concepciones y la práctica docente de los contenidos procedimentales	301
Capítulo 8. Conclusiones y perspectivas de investigación	293
Referencias bibliográficas	331
Anexos	357

ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

Antes de formular los problemas que, con mayor o menor grado de acierto, hemos *abordado en esta investigación, comenzaremos el desarrollo de esta Memoria* haciendo unas breves referencias a algunas circunstancias que han sido responsables de que me viera implicado en la realización de un estudio de esta naturaleza; circunstancias estrechamente vinculadas a mi condición de profesor de Educación Secundaria, y a mi interés por mejorar la enseñanza que reciben los alumnos y las alumnas de estos niveles educativos.

Como introducción a este estudio, señalaré algunas de las reflexiones que me hacía entonces, y que han constituido referencias importantes a la hora de establecer la orientación de este trabajo de investigación que serán analizadas, con mayor profundidad, a lo largo de esta Memoria.

- Los resultados educativos de la enseñanza de las ciencias en secundaria no son satisfactorios.

Que la enseñanza de las ciencias no consigue los resultados esperados es un lugar común en los análisis que se realizan periódicamente y en el decir de los profesionales de la docencia. Como profesor de Biología y Geología en este nivel educativo, comparto esta insatisfacción, que he venido comprobando en mi trabajo diario, más allá de los cambios que se pudieran derivar de los procesos de reforma curricular que se han producido en las últimas décadas.

Desde hace tiempo, he venido introduciendo cambios en mi práctica docente con objeto de mejorar la formación científica de los estudiantes. Sin embargo, y a pesar de un voluntarismo sostenido a través de años de docencia, no encontraba respuestas fáciles y satisfactorias a los problemas habituales que se nos presentan a los profesores en las aulas; en particular, cuando se intenta, que los estudiantes, más allá de la memorización de los contenidos que proponen los libros de texto, sean capaces de aplicar los conocimientos que aprenden para resolver problemas que se les presentan en el ámbito escolar o en su vida cotidiana.

Esta fue, precisamente, una de las principales razones que me llevaron a buscar algunas respuestas que pudieran orientar mi trabajo docente, con el propósito de mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes. La formación recibida durante los estudios de tercer ciclo contribuyó, en buena medida, a modificar mis puntos de vista sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias; también incidió en el convencimiento personal de la importancia de llevar a cabo iniciativas de investigación, estrechamente vinculadas a la práctica educativa.

- *En la actualidad, es necesario “mirar” hacia el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias de manera diferente.*

Como les puede haber ocurrido a muchos otros colegas, mis análisis y reflexiones iniciales para intentar comprender las dificultades que tienen los estudiantes para aprender, me llevaban a relacionar el fracaso escolar con su falta de motivación, sobre la que los profesores pensamos que poco podemos hacer. Casi nunca lo había interpretado como consecuencia de otros factores, como la propia práctica docente o los materiales curriculares, por ejemplo.

No cabe duda que la realización de análisis tan simplistas –extendidos entre amplios sectores del profesorado-, no contribuye a poner solución a esta situación, sino que, por el contrario, garantiza su persistencia. Tampoco favorece que buena parte del profesorado acepte, de buen grado, las innovaciones y los planes de mejora educativos.

En épocas anteriores –no tan lejanas-, en las que sólo estudiaba una minoría, el aprendizaje se concebía, básicamente, como *“llenar un recipiente vacío”*. Los profesores formulaban las preguntas y las respuestas adecuadas, procurando que, mientras tanto, los estudiantes desarrollaran el papel que tenían asignado, es decir, *“que estuvieran atentos”*.

Desde estos planteamientos, que persisten en la actualidad, rara vez se considera que los escolares llegaban y llegan a las aulas *“lentos de ideas”* que, aun entrando en contradicción con la ciencia que los profesores pretendemos enseñar, les permite actuar y explicar el mundo que les rodea. Nociones que, *“al ser las suyas”*, son utilizadas, con preferencia sobre aquellas que se les intentan inculcar en los centros educativos. Tampoco se tiene en cuenta que el aprendizaje comprensivo se realiza, preferentemente, en situaciones donde se debaten y comparten ideas, lo que favorece que el conocimiento sea construido activamente por los individuos.

Además, en la actualidad, es preciso rechazar de pleno aquél aforismo -*“cada maestrillo tiene su librillo”*-, generalmente vinculado a puntos de vista que consideran la enseñanza como una actividad individual del profesor, y que tiene como correspondencia el desarrollo de una enseñanza centrada en el ámbito conceptual, en la mayor parte de los casos, llena de frases y fórmulas de escaso o nulo significado para los estudiantes, que tienen que memorizar para repetir en los exámenes.

En mi opinión, ignorar esta realidad ha contribuido, de manera muy importante, a las dificultades y fracasos que se vienen constatando en cuanto a los aprendizajes que, en relación con las ciencias, desarrollan los estudiantes durante la Educación Secundaria.

Algunas de las razones que respaldan la necesidad de mirar de manera diferente los procesos educativos son las siguientes:

- Por una parte, desde el ámbito de la Psicología de la Educación, se han desarrollado nuevas perspectivas teóricas a la hora de explicar cómo tienen lugar los procesos de aprendizaje en los escolares. Considerar que aprender de manera significativa tiene lugar mediante procesos de construcción de conocimientos, en los que la actividad mental de los estudiantes es esencial para que ello ocurra, implica cambios profundos en los planteamientos educativos de los profesores.
- Por otra, y como se viene reclamando desde hace tiempo, parece evidente que la formación de los estudiantes será más completa y efectiva si junto con el sistema conceptual propio de cada disciplina se introduce a los estudiantes en los métodos y valores propios de la actividad científica. En este sentido, y puesto que se trata de enseñar ciencias, también es necesario tener presente las explicaciones que, desde la Historia y la Filosofía se realizan en relación con la naturaleza de la ciencia y con la construcción y evolución de los conocimientos científicos.
- Además, los múltiples, complejos y rápidos cambios sociales, económicos y culturales producidos en nuestro país en las últimas décadas, han promovido importantes cambios en los objetivos de la enseñanza de las ciencias. En relación con estos aspectos, una de las consideraciones importantes que han orientado estos cambios ha sido, como afirma Gil y Vilches (2001), la necesidad de una educación científica para todos; circunstancia que ha promovido, no sin grandes dificultades, numerosas iniciativas orientadas a intentar mejorar la enseñanza de las ciencias; actuaciones desarrolladas a través de la investigación y de la innovación educativas.

Como consecuencia de ello, han resultado particularmente fructíferos los estudios llevados a cabo para analizar las relaciones entre la Didáctica de las Ciencias con otras disciplinas con las que comparte alguno de sus ámbitos de estudio, como la Psicología de la Educación, la Historia y la Filosofía de la Ciencia, la Didáctica General... Estas investigaciones, además de las propuestas de nuevos objetivos educativos, han generado suficientes conocimientos para articular un marco teórico, en continua evolución y progresión, que intenta interpretar los mecanismos que pueden explicar los procesos de aprendizaje (cuál es la naturaleza de las interacciones que los nuevos conocimientos establecen con los que ya poseen los estudiantes en su estructura cognitiva) y, en consecuencia, orientar, al menos desde perspectivas generales, los procesos de enseñanza.

Las aportaciones realizadas por las investigaciones desarrolladas en el ámbito educativo han sido de gran interés en relación con aspectos tan importantes como: la planificación de unidades didácticas; los contenidos de enseñanza; las concepciones alternativas con las que los estudiantes intentan interpretar las situaciones académicas que se les plantean; las estrategias de enseñanza para intentar promover el cambio conceptual; el interés de los procedimientos como contenidos de enseñanza... Naturalmente, a lo largo de esta Memoria tendremos ocasión de hacer numerosas referencias a estas líneas de investigación; en particular, aquellas más directamente relacionadas con los objetivos de nuestro estudio.

Sin embargo, aunque durante las tres últimas décadas se ha alcanzado cierto consenso a la hora de interpretar los aprendizajes como procesos de construcción de conocimientos por parte de los estudiantes, poniendo de manifiesto la urgente necesidad de modificar, en profundidad, las formas y manera de desarrollar la enseñanza en las aulas, este consenso se muestra mucho menos evidente cuando se profundiza en cómo explican distintos autores cómo tienen lugar estos procesos; también existen discrepancias importantes cuando se intentan trasladar estos puntos de vista a la práctica educativa en las aulas.

- En todo caso, desarrollar iniciativas que puedan contribuir a mejorar la formación científica de los ciudadanos pasa porque el profesor actúe como un agente de cambio, para mejorar la calidad de la educación.

Asumir, por parte de los docentes, el papel de *profesor-innovador*, constituye, desde mi punto de vista, una actuación fundamental para desarrollar iniciativas, debidamente contextualizadas, que permitan mejorar la enseñanza, en el intento de dar respuesta a los múltiples y complejos problemas que se presentan en relación con el aprendizaje de las disciplinas científicas.

Es decir, la importancia de llevar a cabo investigaciones, suficientemente fundamentadas, adquiere mayor relevancia cuando los docentes nos implicamos en estas tareas; de esta manera, existirán mayores posibilidades de promover cambios significativos en la práctica educativa que se desarrollan en las aulas. Enfocar la enseñanza desde esta doble perspectiva, suele producir mejores resultados en los alumnos y la consideración de la docencia como una actividad abierta y creativa (Gil et al., 2000). Como señalan Mellado y González (2000), a partir de una práctica innovadora, sustentada en los conocimientos que aporta la investigación educativa, los profesores podemos mejorar nuestra actividad docente.

- Las iniciativas para poner en práctica actuaciones que pudieran contribuir a mejorar la formación científica de los ciudadanos pasan por renovar los planteamientos metodológicos y didácticos más tradicionales que, con frecuencia, se llevan a la práctica en las aulas; además, es necesario que los profesores revisemos y amplíemos los objetivos de enseñanza.

En este sentido, otras aportaciones importantes de las investigaciones desarrolladas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han tenido que ver con los criterios utilizados para seleccionar los contenidos educativos. Así, se ha puesto de manifiesto el interés de que las disciplinas científicas contribuyan, junto con otras materias del currículum, a la formación integral de los estudiantes.

Es decir, además de promover aprendizajes de naturaleza conceptual -relacionados con los saberes construidos en los distintos campos científicos-, debe atender -y no con menor interés y dedicación- al desarrollo de aquellas capacidades que se encuentran en la base del razonamiento intelectual, característico de la actividad científica, y de las habilidades y estrategias para resolver problemas; también a la formación en actitudes, valores y normas de comportamiento acordes con problemas importantes a los que se enfrentan los estudiantes como ciudadanos, sobre los que, en el ámbito de sus posibilidades, tienen o tendrán oportunidad de influir (medio ambiente, salud, consumo...).

En relación con este aspecto, como profesor de ciencias constataba el importante *sesgo en la educación científica* que estábamos proporcionando a nuestros estudiantes; una ciencia memorística y descontextualizada de los procesos de construcción del conocimiento científico, que presta escaso interés a formar a los estudiantes en el ámbito de los procedimientos de la ciencia.

Mi convencimiento personal sobre el valor formativo de estos contenidos me había animado, desde hacía algún tiempo, a intentar introducir cambios en mi práctica docente con objeto de incluir, como objetivos educativos explícitos, aquellos relacionados con la aproximación de los estudiantes a una visión más adecuada y amplia sobre la ciencia. Para ello, procuraba fomentar su participación en actividades de iniciación a la práctica científica y al trabajo cooperativo; tareas que deberían contribuir al desarrollo de sus capacidades de razonamiento y al dominio de habilidades de investigación.

Las circunstancias anteriores, así como la constatación del hecho de que la mayoría de las investigaciones realizadas en las aulas, se han llevado a cabo en relación con el aprendizaje de conceptos, me decidieron a situar esta investigación en el ámbito de los procedimientos, como explicaré después.

- En todo caso, en nuestra actuación docente los profesores debemos considerar las orientaciones que emanan del marco legal en vigor. En relación con este aspecto los resultados de investigación han promovido procesos de reforma curricular en nuestro país.

Después de un prolongado período de inmovilismo educativo, la LOGSE y su desarrollo posterior, recogió muchos de los planteamientos que venimos señalando, respaldando la necesidad de una ruptura con ciertas corrientes tradicionales en la enseñanza, muy enraizadas entre los profesores; ruptura, que muchos docentes considerábamos necesaria.

Este currículo asumía, claramente, los planteamientos constructivistas a la hora de formular las orientaciones metodológicas y didácticas. Además, una de sus innovaciones más relevantes tuvo que ver con los contenidos de enseñanza. En este sentido, las propuestas explícitas que formulaba la LOGSE, resaltaban la importancia de que la enseñanza incorpore procedimientos y actitudes.

Aunque la LOGSE fue derogada por la LOCE, y ésta – que no llegó a ser aplicada en las aulas- por la actual LOE, la LOGSE ha sido nuestra principal referencia curricular, ya que se encontraba en vigor durante el desarrollo de nuestra investigación. Sin embargo, la incidencia en las aulas de las orientaciones educativas innovadoras promovidas por la LOGSE ha sido escasa. Aunque no entra en nuestros propósitos analizar en qué medida las orientaciones curriculares de la LOGSE han sido atendidas por los profesores en las aulas, o valorar el grado en el que han cumplido los objetivos que pretendían, sí podemos reconocer que estas propuestas de cambio en el sistema educativo, no han contribuido a eliminar la insatisfacción a la que nos hemos referido antes, en cuanto a los aprendizajes científicos de los estudiantes de secundaria; situación que está siendo puesta de manifiesto, con frecuencia, por los propios docentes, por sectores de la sociedad que analizan los resultados de la enseñanza en nuestro país, y, también, por los informes que se realizan, a nivel internacional, para estudiar y comparar la “eficiencia” de los sistemas educativos de distintos países.

Aunque las aportaciones que ha realizado la investigación educativa han contribuido a conocer mejor cómo favorecer los aprendizajes de los estudiantes y a proponer cambios profundos en la orientación de los procesos educativos, resulta paradójico que estos resultados de investigación no hayan tenido el impacto que cabría esperar en las aulas (Lucas, 1990).

En mi opinión, son de distinta naturaleza las razones que pueden explicar esta situación. Una, muy importante, tiene que ver con el hecho de que el “perfil de innovación” que estos cambios intentan promover, no se suelen ver suficientemente respaldados y correspondidos por el “perfil de uso” del profesorado en las aulas, como posteriormente comprobaremos. Es decir, los planteamientos educativos tradicionales impregnan, en la actualidad, buena parte de la actividad docente, al menos en secundaria. Dos de los factores que contribuyen poderosamente a ello son la escasa relación entre los resultados de la investigación y la práctica docente; también la inercia de las creencias didácticas del profesorado, adquiridas en gran medida en su periodo como estudiantes (Valcárcel et al., 1990).

Esta situación dificulta que los profesores cuestionemos nuestra práctica educativa, de una manera reflexiva y crítica, y podamos disponer de orientaciones adecuadas para desarrollar nuestro trabajo en el aula (es decir, no partir de cero).

A partir de las consideraciones anteriores pretendemos destacar dos referencias importantes de nuestra investigación: por una parte, su vinculación a problemas reales de aprendizaje que se constatan en las aulas; por otra, la decisión de que estuviera centrada sobre unos contenidos escolares determinados (los procedimientos). Evidentemente, la amplitud y complejidad de estas referencias hacen necesario concretar, de manera mucho más precisa, los propósitos de nuestro estudio; aspecto al que nos referimos a continuación.

Organización de la memoria

Para llevar a cabo la presentación de sus contenidos, hemos dividido el desarrollo de esta Memoria en 4 partes (cuadro 1.1):

- a) En la primera de ellas –*Capítulo 1: Problemas de investigación*- formulamos, de una manera general, los problemas que orientan este estudio.
- b) A partir de ellos, en la segunda –*Marco teórico y antecedentes de la investigación*- analizamos las principales referencias que fundamentan la investigación:
 - Para ello, en el Capítulo 2 –*Marco teórico de la investigación*-, examinamos, muy brevemente, los puntos de vista actuales sobre la naturaleza de la ciencia y el conocimiento científico, como referentes que informan sobre las características de los procedimientos como contenidos de enseñanza en la ciencia escolar.

A partir de estas reflexiones, y situándonos en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, haremos referencia a las principales teorías del aprendizaje y enseñanza y, en especial, a aquellas en las que se fundamenta el currículo LOGSE; señalaremos las características que se atribuyen a los contenidos procedimentales y analizaremos las circunstancias

educativas específicas que pueden favorecer el aprendizaje de procedimientos, que naturalmente, tienen unas características específicas, complementarias a aquellas otras que tienen que ver con el marco conceptual de las disciplinas científicas, algunas ideas para su enseñanza y aprendizaje, así como las orientaciones del currículum en relación con estos contenidos,.

- En el Capítulo 3 –*Investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de los contenidos procedimentales en las clases de ciencias*- se revisan las investigaciones desarrolladas en relación con los objetivos concretos de nuestro estudio y que tienen que ver, como decíamos, con: los aprendizajes de los estudiantes; el tratamiento que los procedimientos reciben en los libros de texto; los criterios de los profesores sobre la importancia de estos contenidos.

c) En la tercera parte –*Capítulo 4: Planteamiento y metodología de la investigación*- delimitamos los ámbitos concretos que han sido objeto del presente estudio, formulamos las hipótesis de trabajo, describimos el diseño experimental correspondiente a cada una de ellas y, en cada caso, la metodología de la investigación desarrollada para llevar a cabo su contrastación. Evidentemente, también nos referimos a la población objeto de estudio y a los instrumentos utilizados para la recogida de información.

d) En la cuarta parte –*Análisis de los resultados y conclusiones*- se examinan los datos obtenidos en relación con los dos aspectos sobre los que se ha centrado esta investigación: *el aprendizaje los contenidos procedimentales*, comprobando las habilidades que poseen los estudiante de la población seleccionada en relación con los procedimientos que han sido objeto de este estudio (*Capítulo 5: Aprendizaje de los contenidos procedimentales durante la Educación Secundaria Obligatoria*); y, por último, la enseñanza de los contenidos procedimentales, analizando el tratamiento que se da en los materiales curriculares de mayor utilización en las aulas a esta clase de contenidos (*Capítulo 6: Los contenidos procedimentales en los libros de texto*), y los puntos de vista que los docentes en ejercicio les atribuyen en relación con su aprendizaje (*Capítulo 7: Concepciones y práctica de los profesores de ciencias sobre la enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales*).

Finalmente –*Capítulo 8: Conclusiones y perspectivas de investigación*-, se presentan algunas reflexiones que nos parecen de interés, en las que el profesorado de enseñanza secundaria pueda encontrar orientaciones para abordar en las aulas, la enseñanza de procedimientos.

PARTE I Planteamiento general de la investigación	CAPÍTULO 1 Origen y problemas de la investigación
PARTE II Marco teórico y antecedentes de la investigación	CAPÍTULO 2 Marco teórico de la investigación
	CAPÍTULO 3 Investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de los contenidos procedimentales en las clases de ciencias
PARTE III Diseño de la investigación	CAPÍTULO 4 Planteamiento y metodología de la investigación
PARTE IV Análisis de los resultados	CAPÍTULO 5 Aprendizaje de los contenidos procedimentales durante la ESO
	CAPÍTULO 6 Los contenidos procedimentales en los libros de texto
	CAPÍTULO 7 Concepciones y práctica de los profesores de ciencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales
	CAPÍTULO 8 Conclusiones y perspectivas de investigación

Cuadro 1.1. Organización de la Memoria

Comenzamos, por tanto, por formular los problemas que orientan nuestra investigación.

PARTE I

PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 1. ORIGEN Y PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN

Como ya he señalado, desde hacía algún tiempo venía intentando, con mayor o menor éxito, introducir cambios en mi práctica docente con la intención de incluir, como objetivos educativos explícitos, aquellos relacionados con la aproximación de los estudiantes a una visión más adecuada y amplia sobre la ciencia en la que se contemplase también el aprendizaje de conocimientos procedimentales. Estas actuaciones, en sus inicios poco contextualizadas, dieron paso a la elaboración de un proyecto de Tesis Doctoral, que presenté al finalizar los estudios de tercer ciclo.

1.1. FASES PRELIMINARES Y ÁMBITOS EN LOS QUE SE SITÚA LA INVESTIGACIÓN

Los primeros trabajos más sistemáticos fueron desarrollados, durante el curso 2000-01, en el centro en el que me encontraba (IES Dr. Pedro Guillén de Archena, Murcia). Inicialmente, nos proponíamos integrar el aprendizaje de conceptos y procedimientos, en el marco de contextos significativos para los estudiantes. Para ello, y después de realizar un detenido análisis de la naturaleza, clasificación y grado de dificultad de distintos procedimientos, y teniendo en cuenta los contenidos de la asignatura de Biología y Geología de 4º de ESO, elaboramos un cuaderno de trabajo para los estudiantes, cuya estructura fundamental respondía a dos criterios que consideramos importantes:

- a) En primer lugar, la selección de las actividades de enseñanza tenían como finalidad que los estudiantes pusieran en práctica estrategias que pudieran promover el aprendizaje de procedimientos y conceptos (sin restar el interés educativo de fomentar el desarrollo de actitudes científicas).

b) En segundo término, intentamos que las tareas educativas atendieran a una secuencia de enseñanza, que fuera coherente con la complejidad y con el nivel de dificultad asociado al aprendizaje de las distintas habilidades manuales o de investigación que intentábamos promover. Pretendíamos, así, que el desarrollo de estos aprendizajes respondiera a criterios de progresión, de manera que los estudiantes adquirieran, de manera gradual, mayores destrezas en relación con los distintos procedimientos.

Los resultados obtenidos –que podemos considerar preliminares- pusieron de manifiesto algunas consideraciones que nos hicieron revisar nuestros objetivos iniciales:

- El nivel de formación que tenían los estudiantes que estaban finalizando la ESO en relación con los contenidos procedimentales era manifiestamente mejorable; bajo nuestro punto de vista, como consecuencia de la escasa importancia que en la práctica educativa habitual concedemos los profesores a estos aprendizajes (más allá de que, a nivel declarativo, los consideremos importantes).
- El desconocimiento -con carácter previo- del nivel de destrezas manuales e intelectuales de los estudiantes de secundaria, constituía –como ocurre en el ámbito conceptual- un serio obstáculo para el éxito de nuestra empresa.
- La secuencia de actividades que proponía el libro de texto que estábamos utilizando no respondía a unos criterios de progresión razonables; es decir, no atendían al grado de dificultad que supone desarrollar aprendizajes en el ámbito de los procedimientos.

Las conclusiones obtenidas nos hicieron comprender la amplitud y la complejidad de nuestros objetivos, así como la necesidad de reorientarlos hacia otros, bastante menos ambiciosos, pero que consideramos necesarios para abordar, con mayores garantías de éxito, la enseñanza de procedimientos en aulas de secundaria.

Además, la información disponible en nuestro contexto educativo sobre las circunstancias educativas que pueden favorecer la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales en este nivel educativo era escasa. Es decir, aunque son numerosos los trabajos de investigación centrados en las actividades prácticas y en la resolución de problemas (enfoque, desarrollo, evaluación...), han sido menos los estudios que, “a pie de aula”, han intentado analizar situaciones educativas relacionadas con la enseñanza de las ciencias y el aprendizaje de procedimientos y actitudes (Gil et al., 2000) y que hubieran evaluado los resultados educativos obtenidos.

Como consecuencia de todo ello -y como punto de partida para la posterior elaboración de propuestas didácticas que pudieran incidir en una mejor formación científica de los estudiantes - tomamos la decisión de desarrollar la investigación que sustenta esta Tesis Doctoral analizando tres aspectos que nos parecen importantes:

1. Identificar los aprendizajes que, en relación con estos contenidos, se producen en los estudiantes, como consecuencia de la enseñanza habitual de las disciplinas vinculadas al área de las Ciencias de la Naturaleza, en la Educación Secundaria Obligatoria.

2. Analizar la importancia que los libros de texto -materiales curriculares más usados en las aulas- conceden a estos contenidos, así como los criterios que utilizan para seleccionarlos y secuenciarlos en los distintos cursos de ESO.

3. Conocer y valorar los puntos de vista de algunos profesores de ciencias sobre la importancia de estos contenidos en la formación de los estudiantes y, como consecuencia de ello, la incidencia que tienen en la planificación y en algunos componentes del desarrollo de su enseñanza.

Es evidente que el análisis de los tres aspectos señalados, que se encuentran estrechamente relacionados entre sí (figura 1.1), nos permitirá identificar algunas de las dificultades que se presentan a la hora de intentar que los estudiantes puedan aprender en relación con este ámbito formativo.

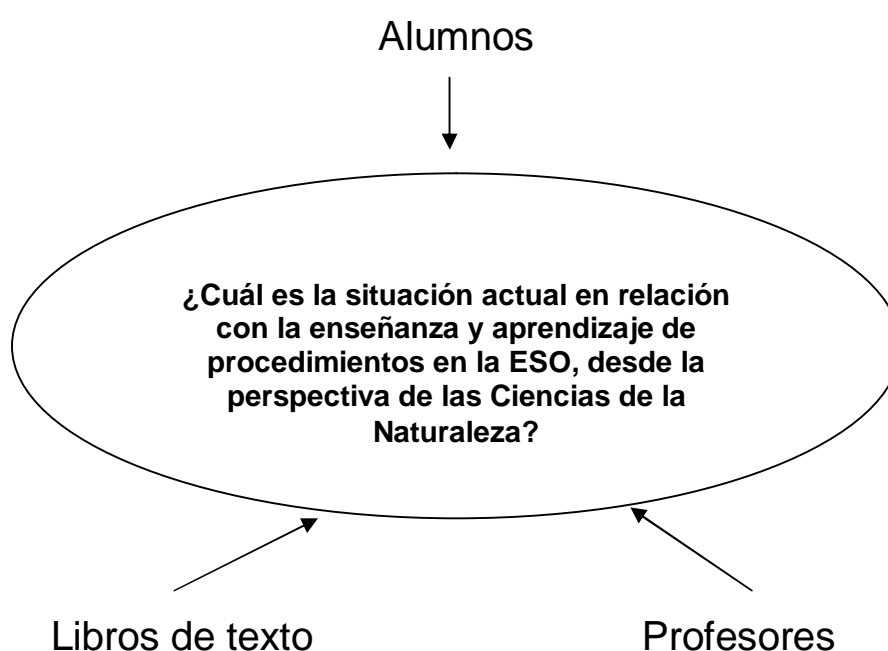


Figura 1.1. Naturaleza del problema central de investigación

Por otra parte, como consecuencia de la diversidad de contenidos procedimentales que ha descrito la literatura científica, nos hemos visto razonablemente obligados, como comentaremos después, a seleccionar algunos de ellos, que nos parecen importantes, y que serán sobre los que se centre nuestra investigación.

Los resultados que describimos en esta Memoria nos permitirán extraer algunas conclusiones, que consideramos importantes, en relación con:

- a) Las dificultades que nos podemos encontrar los profesores a la hora de abordar, de manera explícita y suficientemente intencionada, la enseñanza de estos contenidos y las posibles causas que las explican.
- b) Los criterios para seleccionar y secuenciar el aprendizaje de procedimientos durante la ESO.

- c) Las orientaciones educativas que pueden favorecer que los estudiantes desarrollen capacidades y habilidades inherentes a la actividad científica, como consecuencia de la enseñanza de las ciencias.

A partir de estas reflexiones, y en lo que sería un proyecto más amplio y duradero que el que sustenta esta Memoria, intentaremos perfilar líneas futuras de actuación, orientadas a la elaboración y al desarrollo de propuestas de enseñanza dirigidas a mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes, en el ámbito de las habilidades científicas y de investigación.

1.2. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Las consideraciones presentadas anteriormente no han pretendido sustentar la idea de que podría ser reciente el interés de educadores y diseñadores del currículo para que la enseñanza de las ciencias incluya entre sus objetivos prioritarios que los estudiantes - además de conocer hechos, teorías y leyes que permiten explicar el funcionamiento del mundo natural- aprendan habilidades relacionadas con el trabajo científico. En realidad, estas orientaciones educativas no resultan tan novedosas como algunos profesores pueden creer.

En este sentido desde finales del siglo XIX y comienzos del XX, diversas autoridades científicas y educativas (Dewey, Bachelard, Giner de los Ríos o Bartolomé Cossío) vienen resaltando la importancia de esta perspectiva formativa. Es cierto, sin embargo, que más recientemente se ha producido un “renovado” interés en relación con la enseñanza de los contenidos procedimentales, cuya referencia temporal la podríamos situar a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando se propone el *aprendizaje por descubrimiento* como modelo para la enseñanza de las ciencias.

No obstante, en nuestro país, con excepción de algunos momentos, favorecidos por la situación política (Bernal, 2002), el desarrollo de estas habilidades no se ha tenido en cuenta en la educación obligatoria; y cuando, ocasionalmente, se ha hecho, ha sido como consecuencia de iniciativas relativamente aisladas de ciertos grupos de profesores, cuyas actividades de enseñanza se han centrado, en el mejor de los casos, en prácticas de laboratorio, planteadas y desarrolladas con el objetivo de que cumplieran un papel auxiliar de los contenidos “teóricos”.

En la actualidad, existe un amplio consenso sobre el hecho de que, durante la Enseñanza Secundaria Obligatoria, la educación científica debe introducir a los ciudadanos en los métodos y valores propios de las ciencias. Es decir, además de que los estudiantes aprendan ciencias, también deben aprender “sobre la ciencia” y a “hacer ciencia” (Hodson, 1996). Incluir esta clase de contenidos en la formación de los estudiantes, contribuirá a solucionar algunas deficiencias que se aprecian en relación con la educación de los ciudadanos (Duschl, 1997); es decir, permitirá mejorar su alfabetización científica, con independencia de que vayan o no a estudiar titulaciones que se pueden incluir en este campo del saber.

Estas orientaciones educativas han favorecido que, durante las últimas décadas, en el marco de nuevas perspectivas históricas, filosóficas y psicológicas, se hayan desarrollado numerosos trabajos de investigación, a los que nos vamos a referir detenidamente más adelante, en los que se han analizado: la naturaleza de los

contenidos procedimentales; los criterios para su clasificación; las circunstancias educativas que pueden favorecer su aprendizaje por parte de los estudiantes; y, también, cómo pueden incidir en ello el desarrollo de actividades prácticas y de tareas de resolución de problemas.

- No obstante, como decíamos antes, toda esta ingente producción científica se ha visto menos correspondida, desde nuestro punto de vista, con el desarrollo de investigaciones que, “a pie de aula”, aborden situaciones educativas relacionadas con la enseñanza de las ciencias y el aprendizaje de procedimientos.

Con objeto de aproximarnos a estos planteamientos y de acotar los objetivos y los problemas que van a orientar nuestro estudio, hemos de realizar tres precisiones que delimitan y sitúan el trabajo que presentamos en esta Memoria:

* En primer lugar, pretendemos aproximarnos al conocimiento de cuál es la situación actual en relación con el aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos en la Educación Secundaria Obligatoria. Para ello hemos considerado las tres perspectivas señaladas anteriormente (estudiantes, libros de texto y profesores), que si bien no son las únicas, han constituido los ejes centrales de nuestro estudio.

* En segundo término, y ante la necesidad de limitar los procedimientos que serán objeto de esta investigación, hemos centrado nuestra atención sobre algunas capacidades que resultan básicas en la actividad científica y que tienen mayor interés para el aprendizaje escolar: el planteamiento de problemas científicos, la formulación de hipótesis, la elaboración de diseños experimentales, la elaboración e interpretación de tablas y gráficas o la obtención de conclusiones. Se trata de habilidades sobre las que resulta sencillo intentar identificar las capacidades de amplias muestras de estudiantes, por medio de la puesta en práctica de estrategias habituales en este tipo de investigaciones, como son las entrevistas y los cuestionarios.

* Por último, este trabajo se ha orientado hacia aquellas disciplinas científicas relacionadas con mi formación inicial y experiencia docente: Biología y Geología en la Educación Secundaria Obligatoria.

Sin duda, existen otros planteamientos para llevar a cabo un estudio de esta naturaleza, pero nos parece que el enfoque que hemos adoptado constituye una buena manera de iniciar una línea de investigación que aporte información sobre las dificultades educativas relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de contenidos procedimentales y, por tanto, podrá orientar, con cierto respaldo experimental, sobre las características que podrían tener las propuestas didácticas que se desarrollen en las aulas, para favorecer el aprendizaje de estos contenidos. En consecuencia, a través de nuestro trabajo, intentaremos dar respuesta a los problemas que formulamos a continuación:

- Durante la ESO los estudiantes experimentan un desarrollo de sus capacidades intelectuales debido, básicamente, a los procesos de maduración progresiva de sus estructuras cognitivas -evolución muy influenciada por sus experiencias en relación

con el medio en el que se desenvuelve-, y también debido a la incidencia que, sobre esta evolución, pueden tener los procesos educativos.

- En cuanto a este último factor, estamos de acuerdo en que, para los profesores, el reto no es ya que los estudiantes sean capaces de reproducir un conocimiento elaborado, sino contribuir al desarrollo de estas capacidades, de manera que, -cada vez con mayor grado de autonomía-, puedan seleccionar la información pertinente y desarrollar las estrategias adecuadas para dar respuesta a los problemas que se les plantean, no necesariamente en el ámbito académico.
- No obstante, el hecho de que los agentes de los procesos de enseñanza puedan compartir los criterios que favorecen el aprendizaje de los contenidos procedimentales, e, incluso, que los contemple como objetivos formativos explícitos, no proporciona garantías suficientes para que los resultados educativos sean los deseables, por lo que formulamos la primera pregunta:

Problema principal 1: ¿Qué niveles de aprendizaje produce la enseñanza habitual en las capacidades de los estudiantes de ESO para identificar/poner en práctica determinados procedimientos científicos en el contexto de tareas que se plantean en la enseñanza de las Ciencias?

- Puesto que no cabe duda de que el desarrollo de estas capacidades dependerá, fundamentalmente, de los enfoques de los procesos educativos, y como los libros de texto son materiales curriculares de utilización generalizada en las aulas por parte de profesores y estudiantes, parece necesario conocer en qué medida las actividades que en ellos se plantean pueden o no favorecer el aprendizaje de contenidos de esta naturaleza, qué clase de procedimientos priorizan, así como, si la secuencia en la que plantean estos aprendizajes, mediante las actividades de enseñanza que proponen, responde a criterios coherentes en relación con el grado de complejidad inherente a cada uno de ellos. Por lo tanto, nos formulamos la siguiente pregunta:

Problema principal 2: ¿Qué tratamiento reciben los contenidos procedimentales, en los libros de texto de Ciencias Naturales (Biología/Geología) que tienen una mayor difusión en los centros de Educación Secundaria Obligatoria?

- Por otra parte, como decíamos al comienzo de esta Memoria, el profesorado debería ser el principal agente de cambio educativo. Es decir, con independencia del enfoque de la enseñanza que pudieran plantear las orientaciones curriculares o los libros de texto, si los profesores de ciencias no concedemos la suficiente importancia al aprendizaje de estas habilidades, de manera que constituyan una de las prioridades educativas “reales” en la planificación y el desarrollo de la enseñanza, no tendrán lugar estos aprendizajes en las aulas.
- Es pertinente, por tanto, conocer en qué medida estos contenidos constituyen objetivos formativos explícitos para los profesores, más allá de lo que serían intenciones que, a menudo, no pasan del terreno declarativo. En consecuencia planteamos el siguiente problema:

Problema principal 3: ¿Cómo valoran los profesores la importancia educativa de los contenidos procedimentales?; ¿en qué medida los consideran parte relevante de su actividad docente? y, por tanto, ¿cuál es su incidencia en la planificación y desarrollo de su enseñanza?

- A la vista de los resultados que se obtengan en relación con los tres problemas anteriores, examinaremos y realizaremos propuestas relacionadas con la enseñanza y aprendizaje de procedimientos científicos en la ESO como respuesta a preguntas como: ¿qué dificultades plantea en las aulas el aprendizaje y la enseñanza de procedimientos?; ¿qué alternativas se pueden proporcionar para mejorar la formación científica de los estudiantes? Finalmente expondremos las limitaciones de este trabajo, sus causas y aquellos aspectos sobre los que se debería seguir investigando para obtener una visión más amplia de las circunstancias que inciden en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Intentar responder a estos problemas requiere llevar a cabo una investigación que responde a un marco teórico suficientemente fundamentado, desde perspectivas epistemológicas, psicológicas, pedagógicas y didácticas, aspectos que analizamos en el siguiente capítulo.

PARTE II: MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 3. INVESTIGACIONES SOBRE EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN LAS CLASES DE CIENCIAS

En esta segunda parte –como se muestra en la figura 2.1- examinamos las principales referencias teóricas que fundamentan nuestro estudio y las investigaciones que se han llevado a cabo para conocer las circunstancias que facilitan el aprendizaje de los contenidos procedimentales y el diagnóstico del aprendizaje que consiguen los estudiantes. A partir de este análisis se extraerán conclusiones de interés para valorar la importancia de los procedimientos como contenidos escolares, así como las circunstancias educativas que pueden favorecer que sean aprendidos por los estudiantes de secundaria.

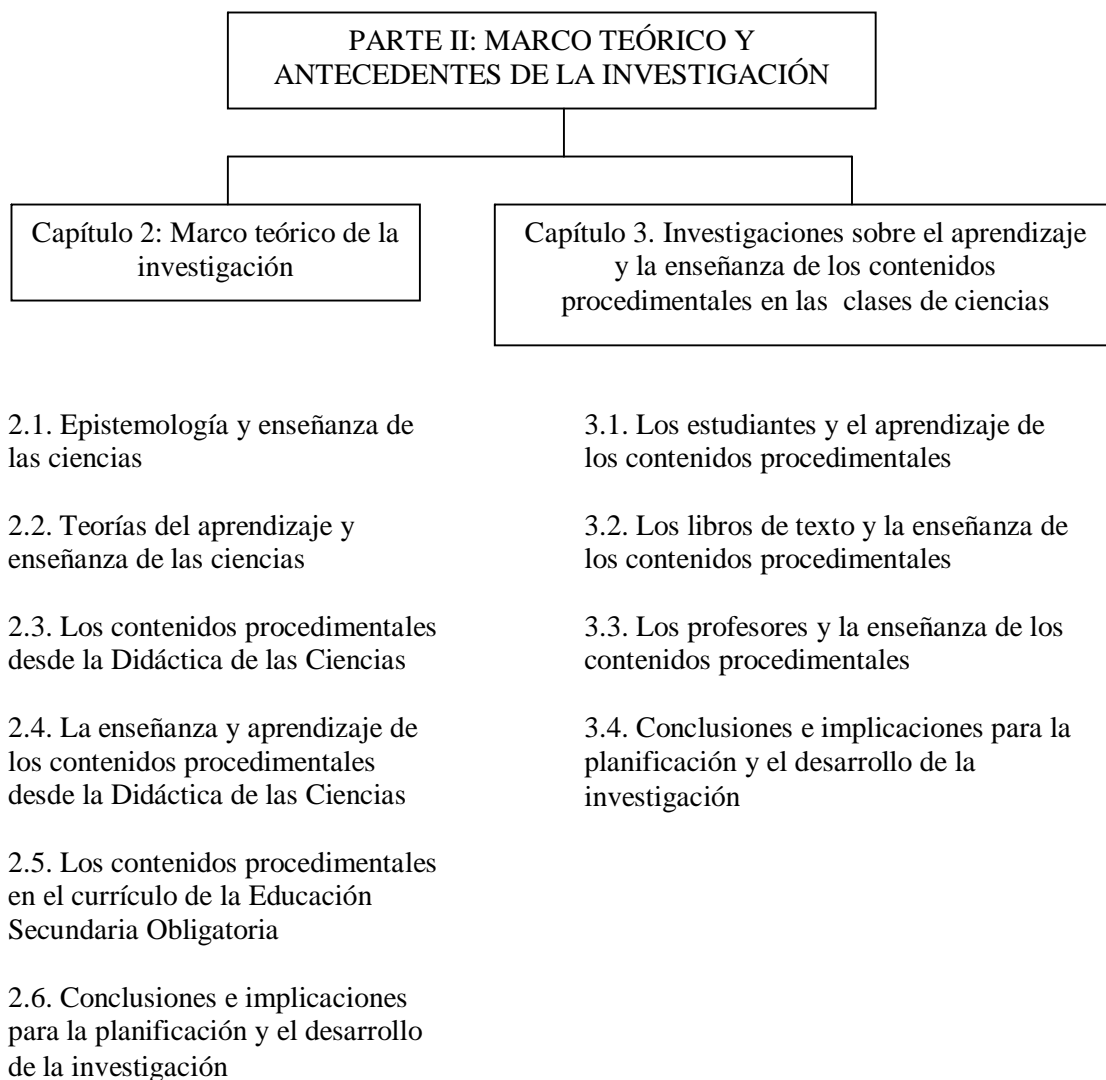


Figura 2.1. Esquema de la parte II

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo, situándonos en primer lugar en una *perspectiva epistemológica*, analizaremos, de manera breve, las repercusiones que en el ámbito de la enseñanza pueden tener los puntos de vista actuales sobre la Naturaleza de la Ciencia y sobre los procesos que caracterizan a la actividad científica. En particular, centraremos nuestra atención en las implicaciones de estos análisis en la consideración de los procedimientos como contenidos escolares objeto de enseñanza.

En segundo término y desde el ámbito de la *enseñanza y el aprendizaje de la ciencia*, tendremos en cuenta:

- Los cambios en las perspectivas sobre el aprendizaje escolar de los contenidos científicos, con el propósito de situar nuestra investigación en el marco del constructivismo, como orientación en la que consideramos que habría que plantear la enseñanza de los contenidos procedimentales.
- La identificación y la clasificación de estos contenidos, sus niveles de complejidad y algunos criterios para secuenciarlos que faciliten su aprendizaje.
- Las circunstancias educativas que, desde estos planteamientos, pueden favorecer el aprendizaje de contenidos procedimentales, que si bien, en cierta medida, son similares a las que habría considerar en el ámbito conceptual, presentan características específicas, como consecuencia de la naturaleza de estos contenidos. Análisis que nos proporcionará referencias importantes a la hora de sugerir posibles soluciones para intentar mejorar la calidad de la educación en relación con este ámbito formativo.

La naturaleza de las actividades que, desde la enseñanza de las Ciencias Naturales (Biología y Geología), pueden favorecer el aprendizaje de procedimientos. En este sentido, nos referiremos a dos clases de tareas emblemáticas para estos propósitos, los trabajos prácticos y la resolución de situaciones problemáticas.

- Las orientaciones del currículum de secundaria, con objeto de examinar la transposición didáctica que hace de los procesos de la ciencia en procedimientos que se pueden aprender y enseñar en las aulas.
- Algunas conclusiones e implicaciones educativas a aplicar en nuestro estudio a la hora de elaborar los instrumentos para obtener información y para analizarla.

2.1. EPISTEMOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En este apartado abordamos las relaciones que se pueden establecer entre los procesos científicos y los procedimientos como contenidos escolares, para extraer implicaciones en relación con la enseñanza de las ciencias, que nos permitan justificar su importancia en la educación científica de los ciudadanos.

Comenzaremos haciendo un sucinto análisis histórico con objeto de presentar aquellas referencias teóricas que, desde los puntos de vista actuales de la Historia y la Filosofía de la Ciencia, pueden orientar nuestra investigación; análisis que nos parece importante para explicar nuestros puntos de vista sobre la visión de la ciencia que deberíamos transmitir a nuestros estudiantes.

El interés por buscar puntos de encuentro entre la Historia y la Filosofía de la Ciencia y la educación científica se remonta a más de un siglo. Autores como Dewey en 1916 o Bachelard en 1938, tomaron “prestados” del ámbito epistemológico enfoques (aprendizaje por descubrimiento) o nociones (obstáculos epistemológicos), que trasladaron a la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, la “formalización” de estas relaciones viene de épocas más recientes (a partir de la década de los 80 del siglo pasado). A partir de ellas se han deducido importantes implicaciones para profesores, investigadores y estudiantes (Duschl et al., 1990).

Iniciaremos este análisis con un breve comentario al planteamiento que, en relación con el método científico, realiza un libro de texto de Física y Química de 3º de ESO editado en el año 2000:

Un día de lluvia, podemos quedarnos mirando caer las gotas de agua y preguntarnos: ¿Son esféricas las gotas de agua? ¿Caen todas las gotas a la misma velocidad? ¿Tienen todas el mismo tamaño?

Así comienza el primer tema, denominado por los autores “Introducción al método científico”. Más adelante describe, de manera ordenada, sus pasos: observación, formulación de hipótesis, diseño de estrategias y experimentos, experimentación y recogida de datos, análisis de los resultados y conclusiones.

Aunque, como explicaremos a continuación, desde el punto de vista epistemológico, esta perspectiva sobre cómo se construye el conocimiento científico ha sido superada hace ya bastante tiempo, constituye, sin embargo, una visión académica muy frecuente entre profesores y libros de texto de ciencias. En este sentido, la amplia revisión bibliográfica realizada por Fernández et al., (2002), ponen de manifiesto cómo numerosos autores coinciden en que la imagen de la ciencia y del conocimiento científico que, de manera más o menos explícita, transmitimos los profesores a nuestros estudiantes, suele ser radicalmente opuesta a las explicaciones actuales de la Historia y la Epistemología de las ciencias, lo que plantea dificultades para que los estudiantes puedan comprender el significado de los procesos científicos implicados en una investigación, y sean capaces de ponerlos en práctica, de manera adecuada, en las actividades de enseñanza que se desarrollan en las aulas.

Algunos autores señalan que esta falta de coincidencia es consecuencia de que suele existir un cierto retraso a la hora de trasladar los puntos de vista epistemológicos a la Didáctica de las Ciencias. En este sentido, Elkana (1970) (citado por Hodson 1988) afirma que la comprensión de los profesores va unos 20 o 30 años por detrás de los desarrollos de la Filosofía de la Ciencia. Creemos que, en nuestro ámbito educativo, esta circunstancia temporal es muy superior, como intentaremos mostrar en los próximos apartados, que comenzamos analizando cómo se han modificado los conocimientos teóricos sobre la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

2.1.1. Algunas referencias históricas

Con objeto de no extendernos demasiado en consideraciones suficientemente conocidas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, y desarrolladas en publicaciones especializadas, de entre las múltiples aportaciones que se han realizado desde la HFC a la enseñanza, en nuestro estudio nos interesan destacar, en particular, aquellas relacionadas con el trabajo científico; es decir, es importante que la educación ofrezca a los estudiantes una imagen de la ciencia y de las estrategias que utilizan los científicos para generar conocimientos, acordes con los puntos de vista actuales de la HFC.

En este sentido, y a partir del resumen que realiza Banet (2001), habría que señalar que las perspectivas teóricas que intentan explicar la naturaleza de la ciencia y la forma en la que se construyen y evolucionan los conocimientos científicos han cambiado, de manera profunda, a lo largo de la historia. En relación con esta evolución resultan particularmente interesantes las revisiones realizadas por Reale y Antisery (1988), Estany (1990) o Echevarría (1999), entre muchos otros.

El valor que los griegos atribuían a la observación (referencia básica de la investigación científica, y punto de partida para planteamientos inductivos-deductivos) y a la autoridad científica que respaldara una determinada teoría, junto con actitudes especulativas (de carácter sobrenatural o mágico) muy propias de la época, han sido los baluartes sobre los que se han fundamentado los conocimientos científicos hasta lo que se ha dado en llamar la “revolución científica”. Mediante esta expresión los historiadores intentan expresar las importantes transformaciones que tuvieron lugar, durante los siglos XVI y XVII, en relación con los nuevos marcos teóricos que fundamentan la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

Es, precisamente, a partir de estos siglos cuando la ciencia adquiere su carácter experimental. A partir de la observación de los fenómenos naturales -proceso al que se le atribuye un carácter objetivo y que ocupaba un papel básico en la actividad científica- y asumiendo el inductivismo como método de trabajo propio de las ciencias experimentales (impulsado por Francis Bacon en el primer tercio del siglo XVII), sería posible establecer las leyes y teorías que pueden explicar los fenómenos naturales y los mecanismos que los rigen. Es decir, *objetivismo* y *realismo*, fruto de la *experimentalidad* y la *rigurosidad* constituyeron las principales señas de identidad de este periodo de desarrollo del conocimiento científico.

A partir de estos planteamientos, las aportaciones realizadas por Newton sobre las relaciones entre hipótesis y observaciones, el racionalismo impulsado por Descartes, y las contribuciones de otros filósofos, como Locke, Kant, Hume, Hobbes..., fueron proporcionando los cimientos de la actual Filosofía de la Ciencia, que tuvo uno de sus principales referentes históricos, en el llamado “*Círculo de Viena*”, que publica su primer manifiesto en 1929.

Esta institución reúne a un buen número de prestigiosos filósofos y científicos, que desarrollan la primera teoría sistemática sobre la ciencia, surgida como consecuencia de las reflexiones realizadas sobre las profundas crisis y transformaciones que experimentaron algunas disciplinas científicas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Desde la perspectiva que nos ocupa, habría que destacar que en esta escuela confluyen dos tradiciones: el empirismo, como doctrina que basa el conocimiento en la experiencia sensorial y el racionalismo, en cuanto se somete el conocimiento a la capacidad de la mente para conocer la realidad. Para quienes defendían estos puntos de vista, lo esencial son los resultados finales de la investigación científica, los hechos descubiertos, las teorías elaboradas, los métodos lógicos utilizados y la justificación empírica de las consecuencias y predicciones que se derivan de la teoría.

Como consecuencia de estos puntos de vista, se contempla a la ciencia como un intento de codificar y anticipar la experiencia y, más aún, se considera que el método científico, basado en la lógica inductivista, es el único intento válido de conocimiento, que tiene su origen en los datos observacionales y en las mediciones de magnitudes y sucesos. Así pues, una de las tesis básicas del positivismo lógico es el dogma de la unidad y universalidad del método científico, por el que se desarrollan teorías y leyes para correlacionar datos empíricos y, por tanto, la teoría verdadera es la mejor contrastada; esto es, la que se ajusta mejor a todos los datos observacionales (sería una teoría empíricamente adecuada). Por tanto, sólo son creíbles aquellas proposiciones cuya verdad se puede establecer por medio de observaciones.

Sin embargo, ya en aquella época, algunos científicos, como Gaston Bachelard, discrepa abiertamente en relación con estas planteamientos, apuntando que tanto el empirismo como el racionalismo idealista eran incapaces de explicar la práctica científica real y efectiva; para este autor, es necesario, además, destacar el carácter histórico y social de los acontecimientos científicos, abriendo paso así a nuevos planteamientos.

Revisaremos brevemente estas posiciones epistemológicas para comprender los debates que dieron lugar a nuevos planteamientos sobre la naturaleza de la ciencia; también, por

la incidencia que pueden tener en la enseñanza de las ciencias, ya que si bien, desde un punto de vista global, la tradición positivista ha sido ampliamente criticada (ver, por ejemplo, Millar y Drivrer, 1987; Chalmers, 1992, entre muchos otros), y no goza de una aceptación mayoritaria, como decíamos, sus repercusiones epistemológicas se mantienen, en la actualidad, en el pensamiento y, muchas veces, en la práctica de muchos profesores, como veremos en el capítulo siguiente.

Como consecuencia de ello, es la visión que sobre la ciencia y el trabajo científico se transmite mayoritariamente a los estudiantes en los centros educativos. Así, por ejemplo, los procesos de enseñanza y aprendizaje tienen como referencia fundamental la “autoridad académica” de los profesores y de los libros de texto (principales materiales curriculares utilizados en las aulas); el conocimiento científico se considera verdadero, suficientemente demostrado por medio de la experimentación; experimentación que tendría como punto de partida la observación “objetiva” de los fenómenos naturales. Todas estas circunstancias constituirían garantías para la rigurosidad que debe acompañar a las investigaciones científicas y al trabajo que se desarrolla en las aulas.

Siguiendo con nuestro relato histórico, como reacción al inductivismo y en plena vigencia del Círculo de Viena, Karl Popper se muestra crítico con los principios de este movimiento, y en sus escritos refuta la idea de que la observación y la razón sean la fuente del conocimiento. Sus planteamientos, bajo el nombre de *realismo crítico* -posición que se basa en la existencia de algún tipo de correspondencia entre las creencias sobre el mundo y éste mismo-, se oponen al inductivismo como forma de llegar al descubrimiento de la verdad de las hipótesis científicas. En este sentido, señala que el investigador no está libre de sospechas, conjeturas, expectativas previas, que impregnan y condicionan las observaciones que realiza, condicionando las hipótesis con las que se enfrentan a los problemas. Sus planteamientos, se han considerado transición desde el *positivismo lógico* hacia la *Nueva Filosofía de la Ciencia*.

A partir de los años 60, también autores como Kuhn, Lakatos, Toulmin, Feyerabend o Laudan, representantes destacados de estos nuevos puntos de vista epistemológicos, comparten la crítica a los planteamientos positivistas, situando el conocimiento científico en el campo de la racionalidad (Estany, 1990). No obstante, estos filósofos de la ciencia mantenían posiciones diferentes entre sí, en relación con la construcción y la evolución del conocimiento científico: revoluciones científicas, programas de investigación, evolucionismo conceptual, pluralismo metodológico o las tradiciones de investigación, respectivamente. En todo caso, estos nuevos planteamientos compartían su oposición a las explicaciones anteriores, afirmando que los conocimientos condicionan las observaciones –es decir, que éstas no son neutras y objetivas-, y sitúan los procesos científicos en el campo de la racionalidad. Sin embargo, no es el propósito de esta breve revisión analizar cada una de estas posiciones epistemológicas (por otra parte, suficientemente conocidas), sino extraer algunas conclusiones que puedan ser útiles para enfocar la enseñanza de los procesos de la ciencia en las aulas de secundaria.

A partir de los distintos marcos teóricos desarrollados por los autores señalados, se han ido abriendo paso las perspectivas más actuales sobre la Filosofía de la Ciencia que, como señala Echeverría, presentan una imagen de la ciencia más amplia y compleja, que debería incluir y explicar, entre otros aspectos, lo que se considera en la actualidad la realidad de la práctica científica: la de los científicos cuando desarrollan su actividad

ligada a las habilidades de razonamiento; también, los recursos cognitivos empleados o los lenguajes utilizados en la construcción y en la comunicación científicas.

En consecuencia, los estudios sobre la práctica científica, tan relegados en épocas anteriores, despiertan, durante las últimas décadas, el interés de los sociólogos de la ciencia y los filósofos de la tecnología. Para ellos la ciencia es ante todo una actividad o, en palabras de Echeverría, “*una acción transformadora del mundo, y no sólo descriptiva, explicativa, predictiva o comprensiva*” (Echeverría, 1999; p 296).

Un teórico del estudio la actividad científica, como Hacking (1983), considera la capacidad de *intervención en el mundo*, como lo relevante en la investigación científica, pues ésta no sólo la representa, sino que interviene sobre ella. Ese mundo de objetos, fenómenos, instrumentos, comunidades y sociedades se transforman realmente cuando el científico (y el tecnólogo) observa o experimenta, aplicando o creando nuevos instrumentos de observación o produciendo experimentalmente nuevos fenómenos.

En esta línea, los estudios de Latour y Woolgar (1995), señalan la necesidad de tener en cuenta el carácter social y cultural que tiene la ciencia y el conocimiento científico: en el laboratorio, no es la “realidad” lo que observa el científico, sino una multitud de informaciones fragmentarias y desordenadas, de registros y aparatos que, convenientemente seleccionados y tratados, construyen *hechos* de apariencia ordenada con vistas a conseguir credibilidad; la negociación, los modos de argumentación y el uso retórico del lenguaje merecen especial atención para entender lo que “realmente hacen los científicos”.

Estas nuevas perspectivas se relacionan con los cada vez más frecuentes *estudios sobre la ciencia y la tecnología*, en los que se remarca el componente tecnológico que caracteriza a la revolución científica de la segunda mitad del siglo XX, hablándose así de *tecnociencia contemporánea*, en la que se destaca su orientación a la sociedad y a los seres humanos y su carácter práctico.

Concluiremos el breve análisis realizado en este apartado señalando dos consideraciones. Por una parte, las recientes investigaciones desarrolladas en los campos de la psicología, la historia de la ciencia, la sociología de la ciencia o la lingüística han puesto de manifiesto, como señala Izquierdo (2000), que:

- Los científicos se comportan de manera diferente a como se supone que deberían hacerlo (su trabajo no siempre es ejemplo del “método científico”).
- La emergencia de ideas científicas no se adapta a ninguno de los modelos de ciencia que pretendían mostrarla como prototipo de actividad racional.
- Existen influencias sociales y de mediación de los instrumentos y las aplicaciones técnicas en la emergencia del conocimiento científico, hasta tal punto de que ciencia y técnica van unidas constituyendo la “tecnociencia”.

Por otra, se ha pasado de contemplar la actividad científica como un conjunto organizado y válido de estrategias, a considerarla como un tipo de actividad humana, y por ello, compleja y difícil de describir.

2.1.2. Algunas implicaciones educativas derivadas de la epistemología de la ciencia

El propósito general que nos planteamos al llevar a cabo este análisis era, precisamente, identificar algunas de las posibles repercusiones que, para la enseñanza de las ciencias, se pueden derivar de los marcos teóricos actuales de la Historia y la Filosofía de la Ciencia, cuando los profesores estamos convencidos de que contribuir a la formación científica de los estudiantes de secundaria constituye un objetivo de particular relevancia educativa.

Las aportaciones de los actuales puntos de vista epistemológicos, a la enseñanza de las ciencias, se pueden concretar, al menos, en tres ámbitos importantes: la imagen de la ciencia y de la actividad científica que se transmite a los estudiantes, el enfoque de los procesos de aprendizaje y la naturaleza de las actividades de enseñanza. Centraremos nuestra atención en el primero de los aspectos, dejando los otros para el final de este capítulo.

En este sentido, algunos autores (Gil, 1986; Hodson, 1986 entre muchos otros) han señalado que para intentar superar la imagen deformada de la ciencia y del trabajo que desarrollan los científicos, que poseen los estudiantes de secundaria, se debería tener en cuenta que:

- a) Los profesores deberíamos presentar las teorías, como procesos creativos. Los científicos perciben la realidad a través de las circunstancias que definen sus compromisos teóricos.
- b) Las teorías no surgen como consecuencia de procesos inductivos basados en la observación; las observaciones dependen de la teoría y, por lo tanto, son falibles.
- c) No existe un método único aplicable al estudio de la ciencia; su naturaleza –al igual que la ciencia y como parte de ella- cambia y se desarrolla dependiendo de las circunstancias. Es decir, no existe un método “universal” (consistente en la aplicación ordenada de una serie de pasos), sino que es posible acceder, con rigor, al conocimiento desde diferentes aproximaciones.
- d) Los conocimientos científicos no constituyen una copia de la realidad (realismo ingenuo), sino que tienen un carácter provisional, encontrándose sujetos a revisión y cambio. Tampoco el progreso de la ciencia tiene lugar de forma acumulativa, sino constructiva.
- e) La actividad científica no es neutral, sino que se encuentra condicionada por los contextos cultural, social y económico en la que se desarrolla

Además, los estudios realizados sobre cómo se construye y evoluciona el conocimiento científico, han aportado “pistas” para comprender cómo aprenden los estudiantes, a partir de las cuales se han propuesto estrategias para la enseñanza de las ciencias; por ejemplo, las de cambio conceptual (Posner et al., 1982) o las de cambio metodológico y actitudinal (Gil, 1993) que desarrollaremos posteriormente.

A partir de estas consideraciones creemos pertinentes formular la siguiente pregunta: ¿cómo trasladar a los estudiantes de secundaria una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y la forma en la que trabajan los científicos?

2.2. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Como decíamos en la introducción, la Psicología Educativa constituye una referencia importante para orientar las estrategias didácticas que puedan resultar más adecuadas para el aprendizaje de los contenidos procedimentales.

Por esta razón, también hemos considerado importante fundamentar nuestro trabajo analizando la manera en que las principales teorías de aprendizaje y los modelos didácticos relacionados con ellas han considerado y consideran la enseñanza y aprendizaje de contenidos científicos. Análisis que desarrollaremos de una manera muy sucinta, y que nos permitirá extraer algunas implicaciones educativas, y que, a modo de recomendaciones y de líneas de investigación futuras, haremos al final de esta Memoria de cara a mejorar la enseñanza y aprendizaje de contenidos procedimentales relacionados con las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria Obligatoria.

Teniendo en cuenta que estas teorías y modelos son suficientemente conocidos en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, nos limitaremos a indicar los rasgos distintivos de cada uno de ellos, particularmente en relación con el propósito de nuestro trabajo: la enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales.

A partir de esta revisión, a continuación analizamos, de forma más específica cómo los procedimientos de la ciencias se han trasladado a las aulas como contenidos de enseñanza, qué características tienen desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias experimentales (cuál es su significado y naturaleza, cómo se pueden clasificar, qué criterios deberíamos seguir para secuenciarlos) y cómo llevar a cabo su planificación, enseñanza y evaluación.

2.2.1. El conductismo y la enseñanza por transmisión/recepción

A lo largo del siglo XX, la psicología del aprendizaje ha estado dominada por dos grandes paradigmas: el conductismo y las teorías cognitivas (Pozo, 1989). El conductismo y los planteamientos epistemológicos inductivistas han servido de base a la enseñanza transmisiva, mientras que los modelos constructivistas se han inspirado en teorías psicológicas cognitivas, como las de Piaget (fuertemente criticada desde la Didáctica de las Ciencias, pero en la cual se apoyó en un principio), Vygotsky y Ausubel, en las aportaciones teóricas de la Nueva Filosofía de la Ciencia, así como en los resultados empíricos de la investigación desarrollada a lo largo de las tres últimas décadas.

Las teorías asociacionistas del aprendizaje dominaron la psicología educativa hasta los años 70 (Novak, 1988), y a pesar del auge experimentado por las teorías cognitivistas, su aplicación a la enseñanza constituye el modelo didáctico más utilizado por los profesores de ciencias de los diversos niveles de la educación obligatoria (Driver, 1982; Otero y Brincones, 1987; Shuell, 1987; Moreno y Waldegg, 1998; Jiménez, 2000), por lo cual, coloquialmente se le ha denominado “*enseñanza tradicional*”.

El conductismo parte de la base de que la mente es una especie de recipiente que hay que llenar de contenidos (conocimientos), los cuales se adquieren por procesos asociacionistas reducibles a reacciones estímulo-respuesta. Generalmente, esta visión del aprendizaje va unida a posiciones epistemológicas inductivistas, según las cuales, el conocimiento constituye una copia exacta de la realidad y, por tanto, la labor del científico es extraer dicho conocimiento de la propia naturaleza a través de la observación.

Teniendo en cuenta ambas perspectivas (epistemológica y psicológica), este modelo de enseñanza por transmisión/recepción se caracteriza por los siguientes rasgos: a) la finalidad de la enseñanza es que el profesor transmita a los alumnos el conocimiento ya elaborado; conocimiento que es considerado como verdadero, y que se desprende de los hechos, conceptos, principios, leyes y teorías que aportan las disciplinas científicas; b) ser buen profesor es dominar dichos conocimientos, y transmitirlos fielmente a los estudiantes; y c) la selección y secuencia de los contenidos objeto de aprendizaje se basa en la lógica disciplinar, priorizando los de tipo conceptual sobre los procedimentales y actitudinales, en el marco de un currículo cerrado y excesivamente compartimentado.

En consecuencia, podemos afirmar que este modelo no responde a las demandas y a los retos de una sociedad que, sobre todo, espera que la enseñanza sirva para que los estudiantes sean capaces de enfrentarse a los nuevos problemas (consumismo, nuevas enfermedades, deterioro ambiental), de un modo más activo y autónomo. Una enseñanza que, además de transmitir conocimiento declarativo, capacite a los estudiantes para adquirir determinadas destrezas y habilidades cognitivas, y fomente hábitos y actitudes adecuados.

No obstante, algunas posiciones conductistas, como las de Gagné (1987), han destacado la importancia que tiene el contenido procedimental en la enseñanza. Por un lado, al referirse a los requisitos previos del aprendizaje, incluyendo tanto conocimientos como habilidades y destrezas intelectuales. En segundo lugar, cuando argumenta su teoría de las condiciones del aprendizaje, entre las cuales establece cinco tipos de capacidades organizadas jerárquicamente, que nos recuerdan procedimientos referidos, principalmente, al ámbito cognitivo: destreza intelectual, información verbal, estrategias cognitivas, destrezas motoras y actitudes. Además, Gagné ha sido considerado por algunos autores vinculados a la Didáctica de las Ciencias (Millar y Driver, 1987; Hodson, 1992; Jiménez, 2000) como uno de los precursores del aprendizaje por descubrimiento, al afirmar que el mejor modo de aprender ciencias es poner en práctica los procesos característicos de la actividad científica. Sin embargo, hay quien pone en duda esta afirmación (por ejemplo, Gutiérrez, 1989), al considerar que el autor prestó muy poca atención a las habilidades manipulativas y de investigación.

2.2.2. Las teorías cognitivas y su aplicación a la enseñanza de las ciencias

La nueva psicología, llamada cognitiva por la importancia que concede a las estructuras, procesos y disposiciones mentales del individuo en el conocimiento humano, otorga mayor importancia que el conductismo a los contenidos procedimentales, y hace propuestas sobre el aprendizaje de contenidos específicos (entre ellos, los del ámbito científico) que, en general, están en consonancia con los actuales planteamientos de la

Filosofía de la Ciencia y con las demandas formativas que las sociedades modernas requieren a los ciudadanos.

A pesar de los supuestos que comparten sobre el aprendizaje, las teorías que se pueden calificar como cognitivas, que más relevancia han tenido en las últimas décadas en la enseñanza de las ciencias, presentan algunas diferencias, que han dado lugar a enfoques didácticos distintos. Por su importancia, nos vamos a referir, brevemente, a la teoría de Piaget y al modo en que sus propuestas han sido transferidas a la enseñanza de las ciencias, a las principales aportaciones de Vygotsky, Ausubel, así como a los estudios llevados a cabo por los investigadores relacionados con la Didáctica de las Ciencias, cuya confluencia ha dado forma al llamado constructivismo didáctico en sus diversas versiones.

a) La teoría de Piaget y su influencia en la enseñanza por descubrimiento en el modelo Learning Cycle

De las numerosas aportaciones de Piaget al aprendizaje, han sido sus teorías de los estadios del desarrollo cognitivo y de la equilibración las que más influencia han ejercido en la enseñanza de las ciencias, tanto desde aquellas perspectivas que las compartían e intentaban desarrollarlas (referencias para la enseñanza por descubrimiento, para los proyectos curriculares basados en la enseñanza de la ciencia, para analizar las posibilidades de aprendizaje por parte del alumnado, etc.), como de las que se han pronunciado en sentido crítico (muchas investigaciones en Didáctica de las Ciencias se han orientado a cuestionar algunos postulados de Piaget, mientras que buena parte de los resultados más discutible de su aplicación en las aulas sirvieron de base para avanzar hacia enfoques diferentes, actualmente en auge).

Para Pozo y Gómez Crespo (1998), la epistemología genética piagetiana es un intento de establecer los procesos y estructuras mediante los cuales las personas construyen el conocimiento. Éste se desarrolla necesariamente a través de varios estadios o etapas que implican una complejidad creciente de las formas de pensamiento y de las estructuras cognitivas que las sustentan. El último de esos estadios (que es el más relacionado con nuestro trabajo) sería, para Piaget, el de las operaciones formales, que se alcanzarían en la adolescencia y que constituirían de hecho un pensamiento sin el cual no sería posible la comprensión del conocimiento científico. Los rasgos funcionales más importantes de este estadio son su naturaleza hipotético-deductiva y la adquisición de ciertas formas de pensar o conceptualizar, que Inhelder y Piaget (1955) llaman esquemas operatorios: las operaciones combinatorias, las proporciones, la coordinación de dos sistemas de referencia, la noción de equilibrio dinámico, la noción de probabilidad, la noción de correlación, las compensaciones multiplicativas y las formas de conservación que van más allá de la experiencia.

Los intentos más serios para aplicar estos planteamientos en las aulas consistieron en tratar de enseñar a los estudiantes, a través de las pruebas diseñadas y desarrolladas por Piaget, para que alcanzaran las operaciones y estructuras del estadio en el que se encontraban, o de prepararles para el siguiente. Algunas de las investigaciones más relevantes fueron realizadas por Constance Kamii y su equipo con niños de Educación Infantil (Kamii y DeVries, 1977) o los trabajos de aceleración cognitiva llevados a cabo a través del programa CASE (Cognitive Acceleration through Science Education), dirigido por Shayer y Adey (1992a, 1992b).

El modelo de enseñanza por descubrimiento se inspiró en propuestas de Piaget (además de las ya señaladas de Gagné y de planteamientos epistemológicos inductivistas y empiristas), al considerar que la mejor manera de que los estudiantes aprendan ciencia es “haciendo” ciencia; es decir, poniendo a los estudiantes “en la piel” de los propios científicos (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Desde esta perspectiva, aprender ciencias es dominar sus procesos, lo que implica adquirir destrezas en la aplicación del método científico. A partir de los datos empíricos que proporciona la puesta en práctica de dichos procesos, los estudiantes pueden descubrir por sí solos los conocimientos. En consecuencia, enseñar ciencias es poner los medios necesarios para que los alumnos lleven a cabo actividades experimentales, en las que se utilicen dichos procesos y aquellas estrategias de razonamiento que conducen al pensamiento formal.

Este cambio de enfoque en la enseñanza tradicional se produjo fundamentalmente durante las décadas de los 60 y 70 del siglo pasado, y tuvo su culminación en la reforma curricular emprendida por países como Estados Unidos y el Reino Unido, a través de proyectos como SCIS (Science Curriculum Improvement Study, 1970), S-APA (Science A-Process Approach, 1963), PSSC (Physical Science Study Committee, 1960), CHEM (Chemistry-An Experimental Science, 1963), CBA (Chemical Bond Approach Project, 1962) o ESP (Earth Sciences Project, 1977).

Según estos planteamientos, el currículo de ciencias se debería centrar, fundamentalmente, en el aprendizaje de contenidos procedimentales, relegando los conceptuales a un papel secundario. Este enfoque sigue poniendo el acento de la selección y secuenciación de los contenidos en la lógica disciplinar, aunque en este caso priorizan la enseñanza de procesos, por lo que, de acuerdo con Pozo y Gómez Crespo (1998), podemos afirmar que el eje vertebrador del currículo es la enseñanza y aplicación del método científico.

La segunda de las aportaciones destacadas de Piaget es su teoría de la equilibración, que en síntesis es una interpretación del modo en que progresan las estructuras cognoscitivas, es decir, el conocimiento y el desarrollo. Según este autor, este progreso se lleva a cabo mediante dos procesos: asimilación y acomodación. La asimilación sería un proceso por el que el sujeto interpreta la información que proviene del medio en función de sus esquemas o de las estructuras conceptuales disponibles. La acomodación, es definida como cualquier modificación de un esquema asimilador o de una estructura, modificación causada por los elementos que se asimilan. De acuerdo con Pozo (1989), la acomodación no supone solamente una modificación de los esquemas, sino también una nueva asimilación o reinterpretación de los datos o conocimientos anteriores en función de los nuevos esquemas construidos. El resultado final de la interacción entre la asimilación y la acomodación es la equilibración.

Próximo a esta teoría de la equilibración, pero sin perder de vista los fundamentos de la enseñanza por descubrimiento, Lawson (1994) realiza una propuesta de enseñanza denominada Learning Cycle, en la cual reivindica situar al mismo nivel el conocimiento declarativo (saber qué) y el conocimiento procedimental (saber cómo).

Este autor considera los procedimientos como habilidades necesarias para generar los contenidos conceptuales o declarativos: se trata de destrezas fundamentalmente cognitivas, que están relacionadas con las operaciones mentales y con las estructuras que caracterizan la inteligencia en cada uno de los estadios descritos por Piaget (razonamiento

combinatorio, control de variables, razonamiento correlacional...). Profundizando en esta cuestión, Lawson (1994) presenta una clasificación de dichos procedimientos, agrupándolos en siete categorías generales, que incluyen diversos ámbitos relacionados con los procesos de la ciencia: destreza en describir apropiadamente la naturaleza, destreza en percibir y plantear cuestiones causales sobre la naturaleza, destreza en generar y formular predicciones lógicas basadas en la bondad asumida de las hipótesis y de las condiciones experimentales imaginadas, destreza en planear y llevar a cabo experimentos controlados para someter a prueba hipótesis alternativas, destreza en recoger, organizar y analizar datos experimentales y correlaciones relevantes, destreza en extraer y aplicar conclusiones razonables.

Aunque como decíamos al principio, algunas de las propuestas de Piaget han sido contestadas y cuestionadas desde la Didáctica de las Ciencias, muchos autores (Driver y Easley, 1978; Solomon, 1994, etc.) coinciden en señalar que su teoría de la equilibración ha constituido una referencia importante para la emergencia del constructivismo como modelo para la enseñanza de las ciencias.

b) El constructivismo y su aplicación a la enseñanza de las ciencias

Además de Piaget, los psicólogos que más han contribuido a configurar una visión constructivista del aprendizaje de las ciencias han sido Vygotsky y Ausubel. Sus aportaciones, junto con los resultados empíricos de la investigación en Didáctica de las Ciencias, han servido de referencia para fundamentar modelos didácticos constructivistas, que en la actualidad son considerados como perspectivas de cambio importantes para renovar e innovar la enseñanza de las ciencias.

Vygotsky y la importancia de los mediadores instrumentales y las interacciones sociales

En comparación con la teoría de Piaget, las propuestas de Vygotsky sobre las relaciones entre aprendizaje y desarrollo representan una visión más optimista y más creíble del papel de la educación. Entre las principales aportaciones de Vygotsky a la educación y, por extensión, a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, podemos destacar: el valor que da a la instrucción en relación con el desarrollo; la importancia que concede a las relaciones entre pensamiento y lenguaje y a las influencias sociales, tanto para el aprendizaje como para el desarrollo; su concepto de zona de desarrollo potencial; así como la distinción que hace entre conceptos espontáneos y científicos y el modo en que explica su formación. Por el interés que tiene para nuestro trabajo, nos vamos a centrar en la importancia que otorga a la actividad instrumental y a las interacciones sociales en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La mediación instrumental se lleva a cabo a través de herramientas y signos. Los primeros integran todos aquellos útiles que el niño encuentra en su mundo o que el adulto pone a su alcance para que pueda conocer y transformar ese mundo: todos los instrumentos, herramientas, útiles de trabajo, aparatos de medida, etc., son ejemplos de ellos. Los signos son instrumentos de orden psicológico, que sirven al sujeto para ordenar y catalogar la información y, aunque Vygotsky se interesa inicialmente por el lenguaje como principal vehículo de mediación, en ningún momento deja de considerar otros medios o tecnologías del intelecto, como lo son actualmente los medios audiovisuales o informáticos. Las tecnologías de la comunicación son los útiles con los que construimos realmente la representación externa, que más tarde se incorporará mentalmente y se interiorizará.

En relación con la segunda cuestión, Vygotsky opina que emplear conscientemente la mediación social implica dar importancia, no solamente al contenido y a los mediadores instrumentales (qué enseñar y con qué), sino también a los agentes sociales (quién o quiénes enseñan). En consecuencia, el diálogo con el profesor, el trabajo cooperativo, la discusión y los debates, son estrategias de enseñanza que pueden facilitar el proceso de internalización a través del cual se produce el aprendizaje y el desarrollo. El nexo de unión entre estos procesos de relaciones sociales es la palabra que, como ya hemos indicado, para Vygotsky es el vehículo mediante el cual se interioriza la realidad externa, los conceptos del mundo y, en definitiva, la cultura. De ahí la importancia de que los procesos de enseñanza tengan en cuenta el papel que corresponde al lenguaje como vehículo de significación (Benlloch, 1992).

Tomando como referencia estas ideas, algunos autores (Sanmartí et al., 1999; Lemke, 2002) consideran de especial relevancia para el aprendizaje de las ciencias que los estudiantes dominen ciertas habilidades cognitivo-lingüísticas, pues como dice este último autor *“enseñamos a nuestros alumnos empleando los lenguajes de la ciencia pero no es frecuente que les enseñemos dichos lenguajes, cuestión que habría que afrontar tratando de integrar dichos recursos (lenguaje oral, lenguaje escrito, representaciones gráficas, símbolos matemáticos...) si realmente pretendemos que la educación científica capacite a los alumnos para el uso de las formas de razonamiento y acción que constituye la práctica educativa”* (Lemke, 2002, p. 172).

Las aportaciones de Vygotsky han constituido una referencia básica para el constructivismo, especialmente por lo que se refiere a su modo de entender el papel del lenguaje en la construcción del conocimiento y la importancia de las relaciones sociales en el aula para que tenga lugar dicho proceso. De hecho, algunos autores han catalogado dicha perspectiva como constructivismo sociocultural y lingüístico (Coll y Onrubia, 2001), por la importancia que se atribuye a estos medios para el aprendizaje y para el desarrollo humano.

Ausubel y el aprendizaje significativo

Dentro de los enfoques cognitivos, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (Ausubel et al., 1983) supuso, en el último tercio del siglo XX, una crítica a las posiciones psicológicas conductistas, en especial al aprendizaje memorístico y a la jerarquía de contenidos propuesta por Gagné, a los planteamientos de Piaget que relacionaban las posibilidades de aprendizaje de los estudiantes con los estadios de desarrollo cognitivo, y a los planteamientos de enseñanza que alentaban el descubrimiento inductivo y autónomo.

Entre las principales aportaciones de Ausubel hay que destacar la importancia que atribuye a “lo que el alumno ya sabe”, su concepto de aprendizaje significativo, y la recuperación de una tradición en la enseñanza, como es basar la selección y secuencia de los contenidos en la lógica de las disciplinas (además de en su potencialidad psicológica). Cuestiones que han tenido una influencia considerable para el diseño y el desarrollo curricular, y que actualmente son compartidas ampliamente por psicólogos, pedagogos, investigadores y profesores, por su gran utilidad para la práctica educativa.

Como han señalado algunos autores (Aliberas et al. 1989; Gil, 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1998), Ausubel centró sus propuestas en el aprendizaje de contenidos

conceptuales, dejando a un lado la vertiente procesual y axiológica que caracteriza la actividad científica. No obstante, consideramos que algunas de sus propuestas sobre el aprendizaje del conocimiento declarativo pueden ser extrapoladas al ámbito procedimental; en particular, el papel que juegan los conocimientos previos de los estudiantes (en este caso, su dominio de los procesos de la ciencia) en los procesos de reestructuración y asimilación de nuevos contenidos (también los procedimentales), y la conveniencia de que cualquier nuevo contenido se aprenda de forma significativa, o como indican Coll y Valls (1992), de una manera “*comprensiva, profunda, funcional y permanente*”.

Enfoques constructivistas de los procesos de enseñanza y aprendizaje

Como coinciden en señalar numerosos investigadores en Didáctica de las Ciencias (Driver y Oldham, 1986; Gil, 1987; Novak, 1988; Nussbaum, 1989; Strike y Posner, 1990; Duschl y Gitomer, 1991; Giordán, 1996, entre otros), la aplicación de principios constructivistas a la enseñanza surge como consecuencia del descontento existente en este ámbito con las reformas curriculares emprendidas durante las décadas de los 60 y 70 en los países anglosajones. Estas nuevas orientaciones toman como referencia algunas propuestas de la psicología cognitiva, como las de Piaget, Vygotsky, Ausubel, o los planteamientos teóricos del Procesamiento de la Información, y, fundamentalmente, las aportaciones epistemológicas de la Nueva Filosofía de la Ciencia, representada por Kuhn, Toulmin y Lakatos.

En el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, estos principios dieron lugar a un amplio movimiento de profesores interesados por investigar las concepciones de los estudiantes sobre los tópicos fundamentales de las diversas áreas científicas (el Movimiento de las Concepciones Alternativas, término acuñado por Gilbert y Swift, 1985), existiendo en la actualidad un amplio catálogo de las mismas, recogidas en diversos artículos, libros y handbooks (Driver y Erickson, 1983; Helm y Novak, 1983; Driver et al., 1985; Osborne y Freyberg, 1985; Hierrezuelo y Montero, 1991; Gabel, 1994; Pfundt y Duit, 1993; Fraser y Tobin, 1998, entre otros).

El conocimiento empírico suministrado por la investigación en torno a cómo aprenden los estudiantes, junto a los referentes psicológicos y epistemológicos ya comentados, han fundamentado esta perspectiva constructivista del aprendizaje (Posner et al., 1982; Resnick, 1983; Driver, 1986; Gil, 1987, entre otros), con respecto a la cual existe actualmente un consenso importante en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, hasta el punto de ser considerada como un nuevo paradigma en la enseñanza de las ciencias (Tobin et al., 1994).

Según Driver (1988), esta perspectiva considera el aprendizaje como una interacción entre los esquemas conceptuales del alumno y las características de la situación de aprendizaje; un proceso en el que el alumno es parte activa e interesada (debe implicarse aportando sus conocimientos previos para construir significados en situaciones nuevas), y en el que las relaciones sociales juegan un papel importante (al igual que el conocimiento científico es una construcción social). Argumentos que ha sintetizado en cuatro principios: a) lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia; b) encontrar sentido supone establecer relaciones; c) quien aprende construye activamente significados; d) los alumnos son responsables de su propio aprendizaje.

Estos principios, inspirados en los fundamentos psicológicos anteriormente comentados, no explican, sin embargo, la forma en la que se produce la modificación de las concepciones de los estudiantes; cuestión ésta de importancia capital, dado el carácter de estabilidad y resistencia al cambio que presentan.

Tomando como base los fundamentos de la Nueva Filosofía de la Ciencia, Posner et al. (1982) elaboraron su teoría del cambio conceptual, estableciendo cierto paralelismo entre las teorías científicas y los cambios que se han ido produciendo a lo largo de la historia de las ciencias, con el modo en que los alumnos construyen el conocimiento científico a partir de sus ideas previas: los estudiantes inician el aprendizaje de nuevos conceptos a partir de sus concepciones sobre el mundo, y al igual que el conocimiento científico, dichas concepciones evolucionan o cambian mediante un proceso de construcción que las transforma en otras más explicativas y más acordes con los conocimientos actuales.

Posteriormente, Strike y Posner (1990), profundizaron en las condiciones necesarias para que tuviera lugar dicho cambio conceptual y que se deben de tener en cuenta en la enseñanza de las ciencias: a) debe existir *insatisfacción* con las concepciones vigentes; b) la nueva concepción debe ser *inteligible*, es decir, debe servir para estructurar los problemas que se le plantean; c) la nueva concepción debe aparecer como *plausible* (verosímil), al menos inicialmente, para lo cual es preciso que potencialmente sirva para resolver los problemas que planteen las concepciones vigentes y su consistencia con otras creencias bien arraigadas; d) el nuevo conocimiento debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación *fructífero*. La nueva concepción, por lo tanto, no sólo tiene que parecer capaz de resolver los problemas actuales, sino que, también, debe sugerir formas de abordar el mundo y abrir nuevas líneas de indagación: debe parecer capaz de convertirse en una herramienta de pensamiento útil.

Estos planteamientos constructivistas han sido aplicados al aula siguiendo diversas secuencias de enseñanza, entre las cuales, una de las más utilizadas ha sido la de los Proyectos CLIPS (Needham y Scott, 1987), orientada fundamentalmente a propiciar el cambio conceptual mediante un proceso de explicitación e intercambio de ideas entre el alumnado, de reestructuración de las mismas, principalmente a través de situaciones de conflicto cognitivo, de aplicación de las nuevas concepciones a situaciones y contextos diferentes, y de revisión del cambio experimentado en las ideas iniciales.

La enseñanza de las ciencias orientada a propiciar el cambio conceptual ha sido muy criticada en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, por entender que pone un énfasis excesivo en la comprensión de contenidos conceptuales, marginando los procedimentales y actitudinales (Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1993). Además, limita dicho proceso a un cambio radical, de sustitución de las concepciones alternativas por el conocimiento científico, que puede ser considerado como positivista (Pozo y Gómez Crespo, 1998), y no tiene en cuenta que la persistencia de las ideas alternativas se debe a las formas de razonamiento que utilizan los estudiantes, mediante lo que Carrascosa y Gil (1985) llaman *metodología de la superficialidad*.

A pesar de las críticas recibidas, consideramos que, como estrategia general, la enseñanza orientada al cambio conceptual, además de para el aprendizaje de conceptos, puede resultar un planteamiento muy adecuado para desarrollar determinados procedimientos relacionados con los procesos de la ciencia. En este sentido, se ha

investigado su puesta en práctica en aulas de secundaria de Ciencias de la Naturaleza (Cañal, 1990; Jiménez, 1990; Pérez de Eulate, 1992; Núñez, 1994, entre otros) demostrando que el tipo de actividades que se proponen para la construcción (ampliación, reestructuración...) y aplicación de nuevos conocimientos requiere poner en práctica numerosas habilidades y destrezas relacionadas con el trabajo científico, habilidades lingüísticas y de relaciones sociales que favorecen el intercambio de ideas y el trabajo en equipo, y otro tipo de recursos más específicos, como la utilización de diversas fuentes de documentación.

Como alternativa a este enfoque han surgido otros modelos didácticos, por ejemplo, la enseñanza como investigación dirigida (Gil y Carrascosa, 1985; Gil y Martínez-Torregrosa, 1987 a; Gil, 1993; Ramírez et al., 1994, etc.), y la enseñanza basada en la investigación escolar (Cañal y Porlán, 1987; Cañal 1988; Porlán, 1993; García y Cañal, 1995, entre otros). Ambos planteamientos, basados también en orientaciones constructivistas, han tratado de corregir las limitaciones que se achacan a los modelos de cambio conceptual, teniendo en cuenta: la conveniencia de contemplar también el cambio metodológico y el actitudinal; la recuperación de la metodología científica y la investigación como estrategias esenciales para la enseñanza de las ciencias; así como la extensión del carácter colectivo del trabajo científico a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

La enseñanza por investigación se inspira, de manera especial, en las propuestas epistemológicas de Laudan (1986) sobre el papel de la resolución de problemas en la evolución del conocimiento científico y en su definición de modelo reticular (la racionalidad de la ciencia se explica sobre la base de una interacción entre su metodología, su epistemología y su axiología), que ha sido utilizada por algunos autores (por ejemplo, Burbules y Linn, 1991; Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1993, entre otros) para argumentar que el cambio conceptual debe llevar aparejado el cambio metodológico y actitudinal. Por otro lado, este planteamiento hace suyas las orientaciones más recientes, como la importancia que se concede desde la filosofía de la actividad científica a la relación de la ciencia con el entorno (por ejemplo, las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad), y las alusiones de los estudios sociológicos sobre la ciencia al carácter social de la construcción del conocimiento.

Este enfoque recupera el papel de la metodología científica en el desarrollo de los procesos educativos, estableciendo cierto paralelismo entre investigación y el aprendizaje de las ciencias; aunque desde nuevos supuestos que lo distancian del aprendizaje por descubrimiento, al tener en cuenta al mismo nivel los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, y recoger aportaciones de Vygotski sobre la importancia de las relaciones sociales y el papel del profesor en la construcción del conocimiento.

La estrategia de enseñanza más coherente con los principios constructivistas y con las características del razonamiento científico, según los promotores de la enseñanza como investigación dirigida, es aquella que considera el aprendizaje *como tratamiento de situaciones problemáticas abiertas* que los alumnos puedan considerar de interés, a través de un programa de investigación que les posibilite la participación en la construcción de sus conocimientos. Al igual que las concepciones clásicas fueron abandonadas gracias a una metodología que combinaba la creatividad del pensamiento divergente con la contrastación de hipótesis, los estudiantes modificarán sus

concepciones alternativas si aplican una metodología similar a los científicos, que lejos de la superficialidad que caracteriza el pensamiento perceptivo que está en la base de dichas concepciones, se dirija a resolver problemas que sean relevantes para ellos, mediante la comprobación de sus propias hipótesis y el contraste de la nueva información (Gil, 1987; Gil, Martínez-Torregrosa y Senent, 1988; Segura, 1991).

Al considerar a un mismo nivel conceptos, procedimientos y actitudes, como contenidos de enseñanza, el cambio conceptual se produciría a lo largo del proceso como un resultado más, al tiempo que se desarrollan destrezas y habilidades científicas, y se incide en la modificación de hábitos y actitudes relacionados con las implicaciones sociales de la ciencia (problemas de salud, consumo, medio ambiente, etc.). La ruptura de la falsa dicotomía entre conceptos y procesos, facilita, como propone Hodson (1992), que los alumnos mejoren su comprensión sobre los hechos y fenómenos científicos, sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, y sus actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje.

La enseñanza por investigación supone concebir el currículo como un conjunto de actividades encaminadas a la resolución de problemas, en el que los contenidos disciplinares tienen un papel importante para llevar a cabo la selección y secuencia de cada tipo de contenidos; organizar el tiempo y el espacio escolar de manera que se posibilite el trabajo en equipo, la discusión y la puesta en común de las conclusiones; y, en definitiva, la transformación del clima de aula en una atmósfera de investigación científica. La dificultad que puede plantear a profesores y alumnos esta metodología, ha sido utilizada como uno de los argumentos principales para justificar que este modelo puede resultar más adecuado para la enseñanza de las ciencias a partir de la Educación Secundaria.

El papel de los procedimientos de la ciencia, y su traslación a las aulas como contenidos procedimentales, adquiere, por lo tanto, un nuevo protagonismo en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias al que vamos a dedicar el apartado siguiente.

2.3. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Al referirnos a las nuevas perspectivas epistemológicas sobre la naturaleza de la ciencia y la forma en la que se construyen y evolucionan los conocimientos científicos, hemos concluido que, para ser consecuentes con ellas, además de promover que los estudiantes aprendan los contenidos conceptuales básicos que caracterizan a cada disciplina, la educación científica debe propiciar que éstos adquieran habilidades y destrezas relacionadas con la actividad científica, y desarrollen valores y actitudes vinculados a la aplicación de la ciencia para la comprensión y resolución de diversas situaciones y problemas de la vida cotidiana, como los relacionados con la tecnología, la salud, el medio ambiente o el consumo.

Como hemos podido constatar al analizar las principales corrientes psicológicas y su aplicación a la enseñanza de las ciencias, desde perspectivas constructivistas se considera que la visión de la ciencia que tenemos actualmente debe tener repercusiones en su enseñanza, entre otros aspectos, a la hora de seleccionar los contenidos procedimentales que queremos que aprendan nuestros alumnos.

Teniendo en cuenta ambas perspectivas, así como las nuevas metas de la enseñanza de las ciencias, desde lo que se ha denominado “alfabetización científica”, Jiménez y Sanmartí (1997) consideran que la educación debería abarcar cinco tipos de capacidades: a) el aprendizaje de conceptos y la construcción progresiva de los modelos de la ciencia; b) el desarrollo de destrezas cognitivas y el razonamiento científico; c) el desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas; d) el desarrollo de actitudes y valores; y e) la transmisión de una imagen de la ciencia que se corresponda con las concepciones actuales sobre la misma. Capacidades que coinciden con las señaladas, entre otros autores, por Hodson (1993) y Pro (2000), y que a nivel curricular se han agrupado y diferenciado en torno a tres tipos de contenidos: conceptos, procedimientos y actitudes.

Dada la finalidad de este trabajo, a lo largo de este apartado nos vamos a centrar en analizar cuál es el significado y la naturaleza de los contenidos procedimentales, cómo se han clasificado, y qué consideraciones deberíamos tener en cuenta para favorecer su aprendizaje por parte del alumnado. Posteriormente revisaremos cómo ha incorporado este tipo de contenidos el currículo correspondiente a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la que se ha centrado nuestra investigación.

2.3.1. ¿Qué son los contenidos procedimentales?

La inclusión de los procedimientos como contenidos de enseñanza en la educación científica se remonta, como ya hemos señalado, a los currículos desarrollados por los países anglosajones durante las décadas de los años 60 y 70. Entre otros ejemplos podemos citar el National Curriculum Council de Inglaterra y Gales, el proyecto Science for all Americans de la AAAS, los programas de la Junior High School de Alberta, en Canadá, las orientaciones de la UNESCO durante la Conferencia sobre Educación en Ciencia y Tecnología de París en 1984, o los nuevos enfoques del currículo como Ciencia-Tecnología-Sociedad (Aikenhead y Ryan, 1992; Gilbert, 1992; Roberts, 1995).

Como indica Pro (1998b), también la investigación en Didáctica de las Ciencias ha mostrado su interés por los contenidos procedimentales, bien para analizar las exigencias que conlleva incorporarlos al aula, la opinión del profesorado sobre los mismos, su carácter innovador..., o para proponer nuevos enfoques en la utilización de los trabajos prácticos y la resolución de problemas.

Aunque no existe una definición única de los contenidos procedimentales, de las aportaciones realizadas por diversos autores pertenecientes al ámbito de la Didáctica de las Ciencias sobre sus características y su papel en la educación científica (Harlen, 1989; Lawson, 1994; Sevilla, 1994; Del Carmen, 1995; Duschl, 1997; Jiménez y Sanmartí, 1997; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pro, 1998b; Izquierdo et al. 1999) podemos deducir un denominador común: los contenidos procedimentales son las habilidades, destrezas y estrategias, cognitivas, manipulativas, comunicativas y de investigación, de mayor o menor complejidad, que los alumnos deben utilizar para construir el conocimiento o dar solución a un problema. O, como se puede leer en el Proyecto PISA (2003), “*las acciones mentales (y a veces físicas) empleadas en la concepción, obtención y uso de las pruebas o datos para obtener conocimiento o comprensión*”.

No obstante, hay que señalar que los procedimientos en la educación científica no se limitan a aquellos aprendizajes relacionados con la metodología de la investigación o los procesos de la ciencia, sino que, como indica Monereo (1995), desde el punto de vista psicopedagógico abarcan otros ámbitos: tienen una función comunicativa y expresiva (escribir texto, comunicar oralmente las propias ideas...), una función cognitiva (que facilita el procesamiento mental de la información, como son las técnicas de memorización, de organización de datos...), una función metacognitiva (para indagar sobre la propia manera de aprender y pensar) y una función pragmática (para solucionar conflictos o problemas).

Para clarificar el significado de los contenidos procedimentales es necesario hacer una serie de consideraciones:

a) Los contenidos procedimentales no deben confundirse con los procesos de la ciencia (Wellington, 1989). Aunque existe una evidente relación entre ambos aspectos, ya hemos señalado que los procesos de la ciencia se corresponden con los pasos, fases o etapas que utilizan los científicos cuando hacen ciencia, y con las habilidades o capacidades de diverso tipo (manuales, cognitivas, comunicativas...) que aplican. En todo caso, de acuerdo con Jiménez (1992), Izquierdo et al (1999) y Pro (2000), el alumno no hace de “científico”, no construye conocimientos científicos nuevos, sino que hace de “científico escolar” reconstruyendo algunos de esos conocimientos en el aula. Según este último autor, el origen de algunos de los problemas que se producen en las clases de ciencias en Educación Secundaria se encuentra en ignorar estas consideraciones y sus implicaciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

b) Los contenidos procedimentales no se deben confundir con las actividades de enseñanza que se proponen a los alumnos (Coll y Valls, 1992; Pro, 1995, 1998b), tampoco con una determinada metodología de enseñanza (García et al., 1992). Son un tipo de contenidos que hay que aprender y que requiere que el profesor planifique su enseñanza, lo cual incluye el diseño de actividades orientadas específicamente a que los alumnos aprendan a “hacer ciencia”.

c) No es cierto, como consideran algunos profesores, que los contenidos procedimentales sólo aparecen en las actividades de laboratorio (Pro, 1998b). Hay que considerar que cualquier tipo de actividad puede desarrollarlos, aunque algunas, como los trabajos prácticos, que permiten una mayor presencia de estos contenidos, junto con los conceptuales y actitudinales.

d) La separación de los contenidos en tres tipos (conceptos, procedimientos y actitudes) es de naturaleza pedagógica, para propiciar que el profesorado analice las características de cada uno de ellos y el mejor modo de incorporarlos al proceso de enseñanza y aprendizaje. Pero la ciencia forma un cuerpo cohesionado de conocimientos y, por tanto, es más integrada que sumativa, en la que los conceptos están relacionados entre sí y, a su vez, son consustanciales con sus métodos de trabajo y con sus implicaciones sociales. Como señala Pro (1995), no existe una ciencia conceptual, una ciencia procedimental y una ciencia actitudinal.

La larga tradición de una enseñanza de las ciencias centrada en la estructura conceptual de cada la disciplina, ha dificultado y dificulta la incorporación de los contenidos procedimentales por parte del profesorado y, en consecuencia, su apropiación por parte del alumnado.

Además de entender su significado y su naturaleza, es muy importante clarificar la diversidad de procedimientos que podemos trabajar en la educación científica, así como los criterios que deberíamos tener en cuenta para secuenciarlos a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria.

2.3.2. Clasificación de los procedimientos. Criterios para secuenciarlos

Al no existir un marco teórico unificado sobre la naturaleza de los procedimientos como contenidos de enseñanza, es lógico que se hayan elaborado clasificaciones que, aunque en la mayoría de los casos presentan características comunes, difieren en el listado que proponen cada uno de ellos, así como en los criterios utilizados para llevar a cabo cada clasificación (Del Carmen, 1996).

Una de las primeras clasificaciones realizadas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, es la propuesta por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (Science-A Process Approach, 1970), que incluye exclusivamente los procedimientos más directamente vinculados a los procesos de la ciencia, agrupándolos en dos categorías de diferente complejidad: *procesos básicos* (observación, relaciones espacio/tiempo, cuantificación, medición, clasificación, comunicación, predicción, inferencia) y *procesos integrados* (interpretación de datos, emisión de hipótesis, control de variables, definición operacional, diseño experimental). Esta clasificación tuvo una amplia difusión en los modelos de aprendizaje por descubrimiento, que como ya hemos indicado fueron criticados, entre otras razones, por la visión inductivista y empirista de la ciencia que transmiten.

También se han clasificado en función del enfoque dado a las actividades de enseñanza. Así, se han estructurado en torno a los trabajos prácticos, aunque con planteamientos antagónicos (empírico-inductivista, como la realizada por Lock, 1992; o hipotético-deductiva, como la propuesta por Tamir y García, 1992); otros criterios se han relacionado con las habilidades necesarias para adquirir el conocimiento y para abordar la investigación científica (Hodson, 1992); desde la perspectiva de la resolución de problemas (como la clasificación de Kischener et al., 1993), o basadas en las destrezas necesarias para el desarrollo de los esquemas operatorios que, según Piaget, caracterizan el pensamiento formal (Lawson, 1994).

Finalmente, y desde una orientación psicopedagógica, Pozo y Postigo (1994) y Monereo (1995) agrupan los procedimientos en cinco categorías: a) adquisición de la información, b) interpretación de la información, c) análisis de la información y realización de inferencias, d) comprensión y organización conceptual de la información, y e) comunicación de la información.

En un intento de integrar las clasificaciones más claramente orientadas a los planteamientos epistemológicos, psicológicos y didácticos actuales, Pro (1998b), propone organizar los procedimientos en tres categorías: habilidades de investigación,

destrezas manuales, y habilidades, destrezas y técnicas relacionadas con la comunicación (tabla 2.1.).

<p>A. Habilidades de investigación</p> <p><i>A.1. Identificación de problemas</i> Conocimiento del motivo del problema Identificación de variables, obtención de datos, contexto... Identificación de partes del problema Planteamiento de cuestiones</p> <p><i>A.2. Predicciones e hipótesis</i> Establecimiento de conjeturas contrastables Deducción de predicciones a partir de experiencias, resultados... Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico</p> <p><i>A.3. Relaciones entre variables</i> Identificación de variables Establecimiento de relaciones de dependencia entre variables Establecimiento de procesos de control y exclusión de variables</p> <p><i>A.4. Diseños experimentales</i> Selección de pruebas adecuadas para contrastar una afirmación Establecimiento de una estrategia de resolución de un problema</p> <p><i>A.5. Observación</i> Descripción de observaciones y situaciones Representación esquemática de una observación, hecho... Identificación de propiedades, características... Registro cualitativo de datos</p> <p><i>A.6. Medición</i> Registro cuantitativo de datos Selección de instrumentos de medida adecuados Estimación de medidas “sin medir” Estimación de la precisión de un instrumento</p> <p><i>A.7. Clasificación y seriación</i> Utilización de criterios de clasificación Diseño y aplicación de claves de categorización propias Realización de series a partir de características o propiedades</p> <p><i>A.8. Técnicas de investigación</i> Utilización de técnicas elementales para el trabajo de laboratorio Utilización de estrategias básicas para la resolución de problemas</p>	<p><i>A.9. Transformación e interpretación de datos</i> Organización de datos (cuadros, tablas...) Representación de datos (gráficas), extrapolación datos Interpretación de observaciones, datos, medidas...</p> <p><i>A.10. Análisis de datos</i> Formulación de tendencias o relaciones cualitativas Realización de cálculos matemáticos y ejercicios numéricos Identificación de posibles fuentes de error</p> <p><i>A. 11. Utilización de modelos</i> Uso de modelos analógicos a escala Uso de fórmulas químicas, de modelos matemáticos y teóricos</p> <p><i>A.12. Elaboración de conclusiones</i> Inferencias inmediatas a partir de los datos o del proceso Establecimiento de conclusiones, resultados o generalizaciones Juicio crítico de resultados y del proceso de obtención</p> <p>B. Destrezas manuales</p> <p><i>B.1. Manejo de material y realización de montajes</i> Manipulación del material, respetando normas de seguridad Manipulación correcta de los aparatos de medida Realización de montajes previamente especificados</p> <p><i>B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...</i></p> <p>C. Comunicación</p> <p><i>C.1. Análisis de material escrito o audiovisual</i> Identificación y reconocimiento de ideas Inferencia próxima a partir de la información Establecimiento de implicaciones y consecuencias</p> <p><i>C.2. Utilización de diversas fuentes</i> Búsqueda de datos e información en diversas fuentes Identificación de ideas comunes, diferentes, complementarias...</p> <p><i>C.3. Elaboración de materiales</i> Informe descriptivo sobre experiencias y procesos vividos Informe estructurado a partir de un guión de preguntas Informe abierto o ensayo</p>
---	--

Tabla 2.1. Clasificación de los contenidos procedimentales (Pro, 1998)

Desde nuestro punto de vista, esta última clasificación responde a los fundamentos que orientan este trabajo, ya que recoge tanto los procedimientos relacionados con la metodología de la investigación desde una perspectiva actual de la ciencia, como otros que, sin ser específicos de la actividad científica, están directamente vinculados al aprendizaje desde planteamientos constructivistas, son consecuentes con las nuevas orientaciones de la educación científica en los niveles de enseñanza obligatoria y responden a las exigencias de la sociedad de la información y del conocimiento. En consecuencia, ésta será la clasificación que tomaremos como referencia para nuestro estudio en relación con los contenidos que propone el currículo de la ESO, para investigar los aprendizajes que han desarrollado los estudiantes, en el análisis de los libros de texto y para conocer cómo los tienen en cuenta los profesores de ciencias.

Ahora bien, para poder llevar a cabo esta delimitación, es preciso tener en cuenta algunos criterios que nos informen de su grado de dificultad y/o complejidad, del orden lógico con el que deberían estudiarse, o de las relaciones intrínsecas entre algunos de ellos. Aunque no son muchas las investigaciones o propuestas en este sentido, podemos diferenciar dos tipos de análisis: uno relacionado con la naturaleza del procedimiento, y otro en el que se tienen en cuenta factores más directamente relacionados con su enseñanza y aprendizaje.

En la primera perspectiva se sitúan estudios como los realizados por Del Carmen (1995), Monereo (1995) o Pozo y Gómez Crespo (1998), al considerar la naturaleza técnica o estratégica del procedimiento. Se habla de *técnicas* para referirse a aquellos procedimientos con menor demanda cognitiva y que tienen un marcado carácter algorítmico ya que implican una serie de pasos fijados de antemano, como el uso de material de laboratorio o de campo, y el empleo de recursos bibliográficos. Según Del Carmen (1995), su mayor o menor complejidad depende básicamente del número de pasos implicados en el procedimiento, de la dificultad de los mismos, de las opciones que deban tomarse en su aplicación y de la sofisticación de los instrumentos utilizados. En el extremo opuesto estarían las *estrategias*, procedimientos más globales, con una demanda cognitiva más alta, que difícilmente responden a una serie de pasos establecidos, y que responden a decisiones y propuestas de planificación a desarrollar en el marco de una investigación global.

El carácter técnico o estratégico de un procedimiento dependerá también de la práctica previa y de la autonomía de quien lo aplica. El manejo del microscopio puede ser una técnica para un estudiante al que se le proporcionan las instrucciones a seguir, o para el que con la práctica repetida ha interiorizado los pasos que debe dar; pero se convertirá en una estrategia, en un verdadero problema a resolver, para el estudiante que sin previa experiencia y sin instrucciones intente obtener resultados positivos. En este caso, según Pozo y Gómez Crespo (1998), más allá de la ejecución de unas técnicas, se requieren recursos cognitivos que permitan: a) la selección y planificación de los procedimientos más eficaces en cada caso; b) el control de su ejecución o puesta en marcha, y c) la evaluación del éxito o fracaso tras la acción de la estrategia.

Desde una perspectiva más relacionada con la enseñanza de las ciencias, Pro (1997, 1998b) sugiere que para secuenciar los contenidos procedimentales se tengan en cuenta tres factores: en qué consiste el contenido procedimental, en qué contexto va a ser utilizado y qué prerrequisitos tiene su aprendizaje.

El primer factor hace referencia a los procesos asociados a cada procedimiento, es decir, las operaciones cognitivas o de otro tipo necesarias para su ejecución. Por ejemplo, cualquier proceso de observación pasa, en primer lugar, por la capacidad de describir lo que se observa (verbalmente, dibujando, mediante una representación...), pero posteriormente por las fases de situación (descripción abierta de un sistema), identificación (localización de objetos que tengan o no una cualidad determinada), regularidad (localización de objetos que tengan cualidades o atributos comunes), discriminación (localización de objetos que tengan cualidades o atributos diferentes) o el uso adecuado de instrumentos.

El segundo factor es complementario al anterior, pues las características de un determinado procedimiento pueden variar en función del contexto de su aplicación. Así, la observación dependerá de si tenemos aislado el objeto o no, del campo de visualización del observador, de la necesidad de utilizar o no algún instrumento, etc. Todo ello determinará que el procedimiento sea más simple o más complejo.

Por último, aunque quizás sea el primer criterio a tener en cuenta, es fundamental conocer las exigencias cognitivas que se precisan para aprender en relación con un determinado procedimiento y para secuenciarlo de una forma lógica. En ese sentido, las taxonomías propuestas por Shayer y Adey (1984) pueden resultar de gran utilidad para que el profesor seleccione los contenidos a enseñar en función de las dificultades que plantea su aprendizaje y de la edad del alumnado al que se propone.

A partir de estos criterios, Pro (1995, 1997, 1998b) ha realizado diversas propuestas sobre la secuencia de procedimientos y ha analizado el currículo de Ciencias Naturales para la Educación Secundaria Obligatoria, contribuciones que constituirán una referencia fundamental de este trabajo de investigación a la hora de analizar los aprendizajes de los estudiantes y las actividades de los libros de texto.

2.4. LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Caracterizar las actividades y recursos que habitualmente se utilizan para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es una tarea compleja, dada la gran cantidad de variables que intervienen en las decisiones que tomamos los profesores para seleccionarlas. Entre ellas, quizás la más importante sea el modelo didáctico en el que nos basamos. Desde un planteamiento de enseñanza por transmisión, dichas actividades y recursos (exposición verbal del profesor, preguntas a los alumnos, actividades rutinarias del libro de texto...), son mucho más limitadas que las que se emplean cuando ésta se enfoca desde planteamientos constructivistas (ya hemos dicho que desde esta perspectiva se concibe el currículo como un programa de actividades)

Organizar la enseñanza en torno al programa-guía de actividades (Gil y Martínez 1987a; Sánchez y Valcárcel, 1993) supone pasar de identificar cada Unidad Didáctica con el libro de texto en el cual se desarrollan los contenidos conceptuales, a un aprendizaje basado en un conjunto bien planificado y secuenciado de actividades de diverso tipo (resolución de problemas, interpretación de un hecho científico, realización de experimentos, explicaciones puntuales del profesor, debates, puestas en común...), que, como señala (Sanmartí, 2000) y resumimos en el esquema de la figura 2.2, posibilitan el flujo de interacciones entre el alumnado, y entre el alumnado y el profesorado.

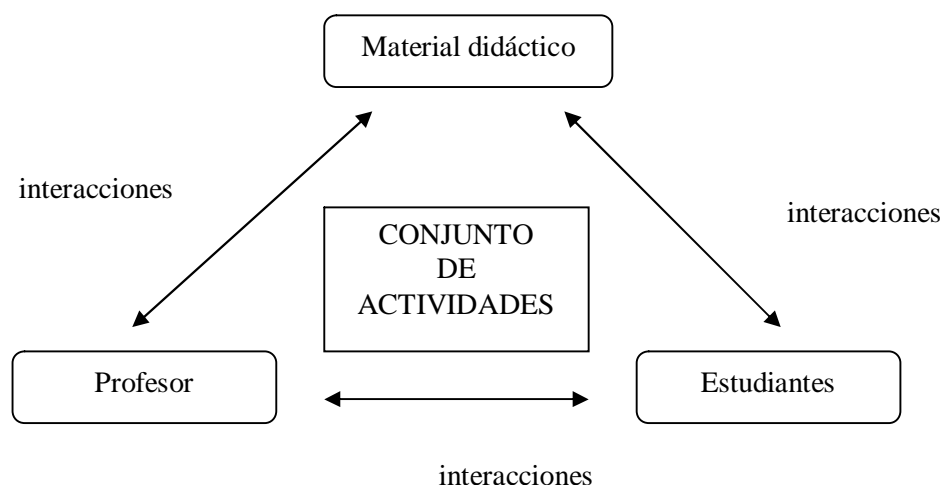


Figura 2.2. Interacciones que se promueven al realizar actividades

Las actividades de enseñanza han sido definidas por Cañal (2000), como conjuntos organizados y orientados de tareas con unidad funcional, que realizan los alumnos o el profesor con unos fines específicos. Atendiendo a la finalidad de la actividad –para obtención de información, para su elaboración o para su comunicación- este investigador hace una clasificación de 112 actividades posibles, entre las cuales incluye: exposición magistral, exposición interactiva, cuestionario inicial, debates, búsqueda de información, experiencias de observación, trabajo de laboratorio, elaborar claves, memorizar contenidos, invención de hipótesis o resolución de problemas.

Es decir, el aprendizaje de las ciencias requiere una variedad de actividades seleccionadas por el profesor, que se ponen en juego en distintas circunstancias y con distintas finalidades, unas con objetivos didácticos más limitados (manejo del microscopio, interpretación de una gráfica, explicación de un hecho...) y otras con objetivos más amplios (realizar una pequeña investigación, extraer conclusiones de unos datos...), y con la posible utilización, en unos casos y otros, de materiales y recursos muy variados. Aunque en la mayoría de ellas se pueden poner en práctica diversos tipos de contenidos procedimentales, nos vamos a centrar en aquellas que más interés han suscitado para la investigación en Didáctica de las Ciencias, los trabajos prácticos y la resolución de problemas. En este análisis trataremos de justificar en qué medida pueden emplearse para la enseñanza de procedimientos en la Educación Secundaria Obligatoria.

Aunque bajo la denominación de trabajos prácticos o la de resolución de problemas (Caballer y Oñorbe, 1997), se incluyen una amplia variedad de actividades (de lápiz y papel, experimentales, de observación del entorno, los típicos problemas, problemas abiertos, investigaciones, etc.), en general, son situaciones de enseñanza en las que los estudiantes han de utilizar determinadas habilidades y destrezas, que están relacionadas con el trabajo de laboratorio o de campo y, en un sentido más amplio, con la resolución de problemas científicos o tecnológicos (Del Carmen, 2000); es decir, contrastan hipótesis, diseñan planes de actuación para resolver problemas y obtienen resultados y conclusiones (Kirschner, 1992).

Sea cual sea el planteamiento de las actividades de enseñanza deben de presentar ciertas características, si se quiere que promuevan aprendizajes en consonancia con lo que se demanda, como las que señalamos a continuación.

2.4.1. Algunas circunstancias educativas que pueden favorecer el aprendizaje de procedimientos

Entre otras causas, la enseñanza ha puesto el acento en el ámbito conceptual, por entender que con dominar estos conocimientos ya estarían garantizados el procedimental y el actitudinal (Monereo, 1999), o por razones de comodidad y economía de tiempo, en la “carrera” por cubrir íntegramente el desarrollo del programa (Duschl, 1997). Sin embargo, en las páginas anteriores hemos puesto de manifiesto que, desde las concepciones actuales sobre la epistemología de la ciencia, la psicología del aprendizaje y la Didáctica de las Ciencias, se reivindica un papel de igualdad para los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; eso sí, sin perder de vista que en la práctica todos ellos deben percibirse de forma integrada.

En consecuencia, la planificación de la enseñanza debe contemplar actividades dirigidas, entre otras finalidades, al desarrollo de procedimientos; o, dicho de otro modo, a que los estudiantes adquieran las capacidades, habilidades, destrezas, estrategias o técnicas que se corresponden con cada uno de ellos. Dicha planificación ha de tener en cuenta que, si bien existen muchos puntos comunes entre el modo en que los estudiantes aprenden los diversos tipos de contenidos, el aprendizaje de procedimientos presenta algunas peculiaridades, que tienen repercusiones evidentes sobre su enseñanza; entre otras podemos citar las siguientes:

a) Su aprendizaje va ligado al de contenidos específicos

En contra de lo que pudiera parecer según las propuestas piagetianas, la finalidad de la enseñanza de las ciencias no es que los estudiantes aprendan los procesos relacionados con la actividad científica, pues, como ha indicado la investigación en Didáctica de las Ciencias, el entrenamiento en las operaciones que caracterizan el pensamiento formal al margen de los contenidos conceptuales no garantizan su desarrollo. Por el contrario, se afirma que lo que se aprende son conocimientos específicos que hacen a la persona ser más o menos experta en un área de conocimiento, de forma que no se pueden enseñar los contenidos procedimentales al margen de los conceptuales o actitudinales.

b) Los tres aspectos –conceptuales, procedimentales y actitudinales- del conocimiento científico se presentan conjuntamente

Si, como se dijo anteriormente, los procedimientos son necesarios para comprender los hechos y fenómenos del mundo natural, y las actitudes permiten a los alumnos aplicar sus conocimientos a los problemas sociales del entorno en el que les ha tocado vivir (además de mostrar una disposición más favorable hacia el trabajo científico y el aprendizaje de las ciencias), parece adecuado pensar que las actividades de enseñanza deben propiciar el aprendizaje conjunto de los tres tipos de contenidos (Harlen, 1989; Del Carmen, 1995; Pro, 1999; Banet, 2001; Sanmartí, 2002).

En cualquier caso, también es importante que tanto profesores como estudiantes sean conscientes de las relaciones existentes entre los tres tipos de contenidos, lo que, entre

otros modos, se puede lograr, según Pro (1995), utilizando técnicas específicas como la V heurística de Gowin.

c) Los procedimientos no se aprenden por casualidad

La creencia de que los procedimientos se aprenden de forma natural, por el mero hecho de la participación de los estudiantes en las actividades de enseñanza habituales, o, en el mejor de los casos, a través de la realización de trabajos prácticos, es considerada un exceso de optimismo (Duschl, 1997), pues, como ya hemos indicado, su aprendizaje requiere planificar su enseñanza de forma explícita e intencionada.

d) Como en los contenidos conceptuales, los procedimientos objeto de enseñanza deben secuenciarse convenientemente

Para una enseñanza eficaz, así como para hacer un diagnóstico del nivel de destrezas que los estudiantes tienen en este ámbito –como es nuestro caso- se requiere conocer no sólo qué procedimientos deberán aplicar, sino el grado de dificultad que tiene aprender sobre cada uno de ellos y obrar en consecuencia. Como señala Pro (1998b), no se trata únicamente de identificar su presencia o ausencia en cada nivel educativo, sino, teniendo en cuenta los criterios anteriormente señalados, secuenciarlos convenientemente.

e) Como en los contenidos conceptuales, el estudiante debe aprender los procedimientos de forma significativa

Es decir, no memorizados, sino de forma comprensiva, profunda, funcional y permanente (Coll y Valls, 1992), donde el estudiante tenga un papel activo para integrar los nuevos procedimientos en su estructura cognitiva y procesual. La práctica repetitiva de un procedimiento en diferentes contextos, contribuye al aprendizaje significativo del mismo y a valorar su funcionalidad.

En términos similares se expresan Pozo y Gómez Crespo (1998), al afirmar que para que el alumno aprenda significativamente un determinado procedimiento deberá pasar de su aplicación siguiendo una serie de instrucciones, a su aplicación autónoma en función de un conjunto de estrategias que le permitirán planificar los pasos a dar y las técnicas a utilizar para alcanzar su objetivo. La puesta en práctica de estrategias depende del dominio de las técnicas que forman parte de las mismas, más una serie de recursos cognitivos que permiten la ejecución de esas técnicas en función del plan establecido

No obstante, el dominio de la secuencia de operaciones que constituyen un procedimiento no significa necesariamente un aprendizaje significativo (Monereo, 1995); para que sí lo sea, es necesario un conocimiento condicional sobre esa habilidad o destreza, que le indique en qué condiciones será apropiada su aplicación y tendrá mayores posibilidades de éxito. Este conocimiento condicional -o del contexto amplio de la situación-problema en la que se aplican los procedimientos- supone la planificación de la actividad, su control y regulación y su evaluación durante -y al final- de su ejecución.

f) Como en el aprendizaje de contenidos conceptuales, los modelos constructivistas pueden favorecer el aprendizaje significativo de procedimientos

Otro de los requisitos necesarios para que se produzca el aprendizaje significativo de procedimientos es que el profesor tenga en cuenta el punto de partida del alumnado en cuanto al dominio de los nuevos procedimientos a enseñar, y que los propios estudiantes sean conscientes de ello, para poder llevar a cabo la ampliación, reestructuración o modificación sustancial de las habilidades y destrezas iniciales. En ese sentido, y con carácter general, el proceso de construcción de nuevos procedimientos puede considerarse similar al de construcción de conceptos.

Por otra parte, ya hemos señalado que las estrategias didácticas que propone el modelo didáctico de enseñanza como investigación (Gil, 1993), al prestar atención de manera simultánea al cambio conceptual, metodológico y actitudinal, y al proponer situaciones de aprendizaje basadas en la resolución de problemas, pueden resultar muy adecuadas para el aprendizaje de procedimientos en la ESO. Del mismo modo, sin ser las únicas actividades que pueden propiciar estos aprendizajes, los trabajos prácticos (de laboratorio, de campo, las actividades de resolución de problemas) constituyen un recurso ideal para que los estudiantes avancen adecuadamente en la adquisición de las habilidades, estrategias, técnicas y destrezas que son consustanciales a este tipo de contenidos.

2.4.2. Los trabajos prácticos

Si bien la utilización de trabajos prácticos como una estrategia relacionada con la enseñanza activa se remonta a finales del siglo XIX, y en nuestro país a las primeras décadas del siglo XX (Bernal, 1999), es durante los años 60 y 70 cuando alcanzan un mayor protagonismo, especialmente como consecuencia de las reformas emprendidas en el ámbito anglosajón que, como ya hemos explicado, pusieron un énfasis especial en familiarizar al alumnado con los procesos de la ciencia.

Desde la Didáctica de las Ciencias se ha criticado la enseñanza por descubrimiento por la visión inductivista de la ciencia que sugiere, o la separación que establece entre procesos y conceptos, pero al mismo tiempo se ha reconocido la utilidad de los trabajos prácticos enfocados desde esa óptica (Tamir, 1991; Hodson, 1992, 1996; Reid y Hodson, 1993; Claxton, 1994; Barberá y Valdés, 1996, entre otros), argumentando su importante contribución para: motivar a los estudiantes, facilitar la comprensión de determinados conceptos científicos, familiarizarles con la metodología científica, o fomentar actitudes positivas hacia la ciencia.

De acuerdo con las propuestas de Caamaño (1993) y Coates y Vause (1996), pueden distinguirse diversos tipos de trabajos prácticos (experiencias, experimentos ilustrativos, experimentos para contrastar hipótesis, ejercicios prácticos e investigaciones), que pretenden objetivos diferentes y que requieren la puesta en práctica y el desarrollo de capacidades de diferente complejidad. Teniendo en cuenta la diversidad de dimensiones implicadas en los trabajos prácticos, se han elaborado clasificaciones que permiten caracterizar este tipo de tareas (Del Carmen, 2000): “Inventario de dimensiones para evaluar el trabajo práctico”, “Nivel de indagación en el trabajo práctico de laboratorio” e “Inventario de habilidades para evaluar el trabajo de laboratorio”.

El interés de estos instrumentos estriba, entre otros aspectos, en la posibilidad de analizar el grado de indagación que las actividades exigen a los estudiantes, o los tipos de habilidades y capacidades que ayudan a desarrollar. Como consecuencia de las

investigaciones efectuadas con estos propósitos (por ejemplo, Bastida et al, 1990; Tamir y García, 1992; Hodson, 1994; Watson, 1994; Ayuso et al., 1996; Díaz de Bustamante y Jiménez, 1999, entre otros), se ha llegado a la conclusión de que la mayor parte de las actividades prácticas que se realizan en los centros educativos requieren un bajo nivel de indagación y fomentan el desarrollo de destrezas manuales, más que el de habilidades superiores, como la formulación de hipótesis o el diseño de investigaciones. Además se ha comprobado que los trabajos prácticos se utilizan muy poco (Nieda, 1994), predominando las experiencias y los experimentos ilustrativos (Caballer y Oñorbe, 1997), que, según indican Jaén y García-Estañ (1997), es lo que los profesores suelen identificar como trabajos prácticos.

Algunos autores han cuestionado la utilidad de los trabajos prácticos como consecuencia del modo en que se plantean: diferencias importantes entre los objetivos que propone el profesor y los que perciben los alumnos (Osborne y Freyberg, 1991); por no tener en cuenta las concepciones, las habilidades y las actitudes de los estudiantes (Tamir, 1991); por la subordinación de las actividades a la adquisición de conceptos científicos o su escasa relación con los mismos (Tobin, 1990; Osborne, 1993; Barberá y Valdés, 1996), o porque no implican a los estudiantes en la planificación de la investigación (Hodson, 1992). Por otro lado, en muchos casos existe un problema añadido a estas consideraciones: las dificultades que suelen tener los estudiantes en el desarrollo de este tipo de actividades, relacionadas con la comprensión de los propósitos del trabajo y el dominio de las técnicas y destrezas que requieren (Caballer y Oñorbe, 1997).

Sin embargo, a pesar de las numerosas críticas, que han llegado en algunos casos a considerar el trabajo en el laboratorio como una pérdida de tiempo y recursos (Hofstein y Lunetta, 1982; Pickering, 1980; Toothacker, 1983: cit en Barberá y Valdés, 1996), la mayoría de los investigadores destacan su vigencia para la enseñanza de las ciencias. Así se pronuncian entre otros Tamir (1991), afirmando que el trabajo práctico es esencial para el aprendizaje de la ciencia como indagación, pues desarrolla destrezas y estrategias, tanto manipulativas como intelectuales, de forma que se pueden ofrecer buenas oportunidades para identificar y reestructurar las concepciones de los estudiantes, además de motivarles para aprender ciencias; o en nuestro país autores como Bastida et al. (1990) o Barberá y Valdés (1996), quienes en una línea parecida, han destacado el elevado valor formativo que tiene esta clase de actividades, especialmente para el desarrollo de actitudes y habilidades cognitivas de alto valor intelectual, algo que, como ya hemos indicado, no suele ser habitual.

Izquierdo et al., (1999), consideran que la falta de eficacia de los trabajos prácticos (ellas prefieren denominarlos “prácticas escolares”) se debe a que normalmente se diseñan teniendo como referente lo que hacen los científicos, cuando deberían ser como un guión especialmente diseñado para aprender determinados aspectos de las ciencias, con su propio escenario (aula, laboratorio, alumnos, material), muy diferente al de una investigación científica. Las autoras proponen un nuevo enfoque de las prácticas escolares, las *prácticas de iniciación*, que no consisten tanto en “hacer ciencia”, como en crear el escenario adecuado para que lo que el alumnado haga, piense y escriba, esté relacionado significativamente, y a la vez, sea lo que requiere el currículo. O dicho de otro modo, para que los estudiantes puedan encontrar sentido a los hechos científicos (y a las manipulaciones que hacen, a los instrumentos que utilizan), es necesario que

dispongan de un modelo teórico, que aunque en un principio pueda ser incipiente, se irá desarrollando a medida que se realicen nuevas prácticas.

La aplicación de este enfoque de prácticas de iniciación (Izquierdo et al., 1999), ha puesto de manifiesto que los alumnos encuentran sentido a las actividades experimentales que realizan y son capaces de ir elaborando modelos teóricos para explicar los hechos y fenómenos que estudian, aunque también es cierto, como reconocen las propias autoras, que no es una tarea sencilla.

En similares términos se posicionan investigadores como Tamir (1989), Hodson (1992; 1996), o Barberá y Valdés (1996), al considerar que los trabajos prácticos están infrutilizados, a pesar de que desde el punto de vista teórico estén sobredimensionados. Como alternativa reivindican enfocar las prácticas, no como recetas de cocina, sino como actividades con una sólida base teórica, que sirvan para la reflexión, con una constante interacción de pensamiento y acción. Por ello, el trabajo práctico no debería concebirse únicamente como experimentos de laboratorio, pues otras actividades permiten conseguir -a veces con más facilidad- esos objetivos (introducir el ordenador, estudios de casos históricos, simulaciones y reconstrucciones dramáticas, debates, consulta de bases de datos informáticos para hacer estudios correlacionales...). La clave está, según Hodson, en que los trabajos prácticos se planteen realmente como actividades para la “*indagación*”.

Lo que se desprende de estas opiniones es que, reconociendo la utilidad de los trabajos prácticos para la enseñanza de las ciencias, es necesario mejorarlos. Esto se podría conseguir, según los anteriores autores, si se hace un análisis de los contenidos implicados en cada actividad, teniendo en cuenta las características de los estudiantes a los que se dirige y seleccionando adecuadamente las habilidades científicas que se van a trabajar; si se organiza la actividad de manera que se fomente el trabajo en equipo, la discusión y la negociación de significados; si se lleva a cabo siguiendo una secuencia que tenga en cuenta los diferentes niveles de dificultad que pueden presentarse en este tipo de tareas; y, en resumen, si la actividad responde a la finalidad general de capacitar a los alumnos para estudiar objetos y fenómenos, explorar determinadas situaciones y resolver problemas de interés, aplicando los modelos teóricos de la ciencia al nivel que sea posible en cada situación.

2.4.3. La resolución de problemas

La frase “resolución de problemas” (*problem solving*) procede del campo de la enseñanza de las matemáticas, siendo introducida por Polya (1965), y posteriormente aplicada a otras disciplinas, entre ellas las ciencias experimentales. Suelen identificarse con los típicos problemas de lápiz y papel, caracterizados por la aplicación de una serie de algoritmos o métodos, aunque actualmente se tiene una visión más amplia de este tipo de tareas, incluyendo la resolución de problemas abiertos y la resolución de problemas experimentales.

Tradicionalmente, la resolución de problemas se ha basado en la utilización, de manera rutinaria, de dichos algoritmos o métodos, lo que generalmente conduce a aprendizajes memorísticos más que a la oportunidad de indagar sobre el conocimiento científico, ya que normalmente no tienen mucha relación con los problemas que se presentan en la vida cotidiana, ni siquiera en la propia ciencia. Esta manera de enfocar el planteamiento

y la resolución de problemas ha producido, como indica Perales (2000), altos índices de fracaso escolar y cierto rechazo al estudio de las ciencias. Como consecuencia de ello, la resolución de problemas ha constituido una de las líneas más importantes de la investigación en Didáctica de las Ciencias, a partir de la cual se están realizando nuevas propuestas sobre cuál debería ser la finalidad de este tipo de actividades, la naturaleza de los problemas que habría que abordar; así como el modo más adecuado de plantearlas en el aula.

En general, un problema es una tarea que, de entrada no tiene una solución evidente y, por tanto, exige una investigación (Caballer y Oñorbe, 1997). Se considera que un problema es científico cuando exige utilizar teorías o conceptos de la ciencia, y se estudia mediante métodos científicos, con el objetivo primario de incrementar los conocimientos (Bunge, 1983). Desde un planteamiento más próximo al contexto de aula, se considera que un problema es una situación cuya solución requiere el análisis de unos hechos y la puesta en práctica de estrategias que permitan obtener unos datos (numéricos o no), procesarlos, interpretarlos y, como consecuencia de ello, alcanzar unas determinadas conclusiones; si bien, para resolverlo, los individuos deben comprender el problema, ello no conduce a una estrategia única, sino que, para encontrar la solución, será necesario proceder a una selección entre un conjunto de ellas (Sigüenza y Sáez, 1990).

Aunque, como indica Perales (2000b), tradicionalmente la resolución de problemas tenía la finalidad de aplicar la teoría, desde las nuevas tendencias en Didáctica de las Ciencias (Woolnough, 1991; Bentley y Watts, 1993; Garret, 1988, 1995; Caballer y Oñorbe, 1997; Perales, 1994, 2000a, 2000b, entre otros), se considera que pueden contribuir a desarrollar numerosas e importantes capacidades relacionadas con la educación científica: aprender y aplicar conceptos; diagnosticar los conocimientos previos de los estudiantes; desarrollar determinadas técnicas, destrezas y algoritmos básicos; aprender y practicar la forma de trabajo de los científicos; adquirir experiencia en el diseño de dispositivos tecnológicos; aproximar el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano capacitando al alumnado para resolver situaciones problemáticas relacionadas con éste último ámbito; proporcionar una visión de la ciencia como proceso de construcción social; desarrollar actitudes de trabajo en equipo; promover actitudes positivas hacia la ciencia; fomentar la creatividad, la curiosidad o la perseverancia; evaluar el aprendizaje y el propio currículum.

De la clasificación de problemas que han realizado diversos autores (Dumas-Carré y Larcher, 1987; Garret, 1995; Caballer y Oñorbe, 1997; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Perales, 2000b, etc.), podemos destacar las de Caballer y Oñorbe (1997) y de Perales (2000b). Las primeras, hacen una propuesta relacionada con el contenido de los problemas, diferenciando entre problemas-cuestiones (aplicación de la teoría –leyes, fórmulas, etc.- mediante ejemplos de aplicación directa o actividades de laboratorio que sirven para ilustrarla o comprobarla), problemas-ejercicios (problemas o actividades de laboratorio para aplicar determinadas destrezas o técnicas) y problemas-investigaciones (de aula y laboratorio: para adquirir nuevos conocimientos mediante la aplicación de secuencias de investigación). Por su parte, Perales (2000b) clasifica los problemas atendiendo a diferentes criterios: a) según el campo de conocimiento implicado (de Física, Química, Biología, etc.); b) según el resultado del problema (abiertos, cerrados); c) según la tarea requerida (cualitativos, cuantitativos, experimentales, creativos); d) según el procedimiento seguido (ejercicios, algoritmos, heurísticos...).

Del análisis conjunto de ambas clasificaciones podemos deducir que las propuestas actuales van más allá de los típicos problemas de lápiz y papel (normalmente cerrados y básicamente cuantitativos), observándose una tendencia al planteamiento de situaciones problemáticas abiertas, con una orientación similar a la que caracteriza el trabajo científico, en la que se incluyen tanto actividades experimentales como formulaciones más teóricas; y de problemas relacionados con el conocimiento cotidiano enfocados como investigación escolar, en los que cabe igualmente, actividades de aula, de laboratorio, de campo, o aquellas que están vinculadas a situaciones en las que se ponen de manifiesto las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología. Tendencias que están en consonancia, respectivamente, con modelos didácticos constructivistas ya analizados, como la enseñanza mediante investigación dirigida (Gil y Carrascosa, 1985; Gil y Martínez-Torregrosa, 1987a; Gil, 1993; Ramírez, Gil y Martínez-Torregrosa, 1994, etc.), y la enseñanza basada en la investigación escolar (Cañal y Porlán, 1987; Cañal 1988, 1997; Porlán, 1993, 1996; García y Cañal, 1995, entre otros).

En este marco se han realizado, con cierto éxito, diversas propuestas para la resolución de problemas de Física en la Educación Secundaria (Gil y Martínez Torregrosa, 1987b; Carrascosa, 1995; Furió et al., 1994; De Anta et al., 1995; Guisasola y De la Iglesia, 1997; Gil et al., 1999, entre otros), las cuales tenían en común enfocar la enseñanza como investigación, unificando la teoría, las prácticas y los problemas, como de hecho ocurre en la actividad científica real, de forma que los estudiantes actúen como *investigadores noveles*, por medio del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas que puedan generar su interés. En general, la secuencia consta de las siguientes etapas: planteamiento del problema, análisis cualitativo de la situación y emisión de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución, resolución del problema e interpretación de resultados.

Con el fin de mejorar su eficacia, Sanmartí (2002) propone transformar el planteamiento tradicional en la realización de “ejercicios” y en la resolución de problemas, mediante las siguientes pautas:

- Transformar los enunciados de los problemas numéricos clásicos en otros que exijan abordar su resolución como una investigación.
- Plantear situaciones próximas al contexto del alumnado, que respondan a algo conocido o que se puedan representar fácilmente.
- Prestar especial atención al proceso de elaboración del plan de acción, estimulando a los alumnos a la explicitación de las acciones que llevan a cabo.
- Promover la aplicación de habilidades cognitivo-lingüísticas complejas que favorezcan el establecimiento de interrelaciones, el análisis, la deducción, la síntesis y la evaluación.

De forma similar, pero para la enseñanza de la Biología (en particular los problemas de Genética), Ayuso et al. (1996) proponen seguir la siguiente secuencia:

- Formular verdaderos problemas, es decir, situaciones que impliquen analizar datos, emitir hipótesis explicativas, cierta planificación del trabajo, interpretación de los resultados obtenidos... y no sólo problemas de causa-efecto.

- Comenzar por situaciones sencillas de interés para los estudiantes (por ejemplo sobre genética humana).
- Propiciar que los datos sean recogidos por los alumnos.
- A medida que adquieren más experiencia, presentar problemas divergentes –con posibilidad de más de una solución-, para favorecer que deduzcan la información básica e importante del mismo.
- Proponerlos no sólo al final de la lección, sino al inicio, para hacer explícitas sus ideas o a lo largo de su desarrollo para reestructurar los conocimientos.

En todo caso, como indica Wheatley (1991), los problemas deben constituir un reto que pueda ser abordado por la mayoría del alumnado de la clase, y deben integrarse en el proceso de enseñanza, facilitando la implicación intelectual de los estudiantes, promoviendo la discusión y la comunicación entre ellos, animándoles a plantearse interrogantes, a proponer soluciones y a contrastarlas. Para ello, es fundamental seleccionar situaciones y problemas que conecten con los intereses de los estudiantes, lo que ocurrirá, probablemente, si la enseñanza se organiza alrededor de una serie de temáticas directamente vinculadas a la vida cotidiana.

Tras este breve análisis de las actividades que habitualmente se consideran más eficaces para promover el aprendizaje de las ciencias, podemos afirmar que, sin perjuicio de que a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje se deban utilizar diferentes tipos de actividades y recursos, los trabajos prácticos y la resolución de problemas, bien entendidos y enfocados, siguiendo las recomendaciones señaladas por diversos autores, constituyen un buen instrumento para promover el aprendizaje de los contenidos procedimentales.

En el siguiente apartado analizaremos como, el currículo, que se inspiró en las ideas más avanzadas que la Didáctica de las Ciencias en sus planteamientos, propone la enseñanza de contenidos procedimentales y a través de qué actividades considera que se pueden desarrollar.

2.5. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN EL CURRÍCULO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Para llevar a cabo esta investigación nos parecía imprescindible hacer un análisis del currículo, ya que es la normativa oficial a través de la cual se establecen los objetivos y contenidos de enseñanza. Este análisis nos permitirá comprobar si se tienen en cuenta los planteamientos que desde la Didáctica se señalan para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, orientarnos en la confección de los instrumentos para obtener la información sobre los ámbitos de nuestro estudio (estudiantes, libros de texto y profesores) y servir de referencia en las conclusiones que obtengamos.

El análisis se va a circunscribir al currículo promulgado por la LOGSE (MEC, 1991), independientemente de que con posterioridad se hayan sucedido diversas reformas curriculares, como la derogada LOCE y la recientemente aprobada LOE, dado que durante el período de tiempo en el que se ha desarrollado esta investigación, los

programas educativos, están referidos a los objetivos y contenidos del mencionado currículo.

Tras una breve introducción a las características generales del currículo LOGSE - particularmente para poner de manifiesto su identificación con la mayoría de los planteamientos que actualmente se hacen desde la Didáctica de las Ciencias-, revisaremos cada uno de los elementos del mismo, con objeto de valorar cual es la contribución de los contenidos procedimentales a la consecución de las finalidades de la educación científica en la ESO; analizar la naturaleza e importancia que atribuye a este tipo de contenidos; estudiar la clasificación de procedimientos que establece y los criterios de secuencia que ha aplicado para su distribución a lo largo de la etapa; así como para identificar las orientaciones didácticas que propone para su enseñanza y para la evaluación.

Evidentemente, somos conscientes de que el currículo oficial es solamente el punto de partida de la enseñanza, y que, como se desprende del modelo propuesto por el TIMSS (2003), que resumimos en la figura 2.3, una cosa es la declaración de intenciones que hace el Ministerio de Educación y Ciencia (el *currículo pretendido*) y, en muchas ocasiones, otra bien distinta el modo en que se aplica en cada contexto escolar (*currículo aplicado*), así como los resultados obtenidos, en términos de aprendizaje, por los alumnos (*currículo obtenido*). Precisamente, nuestro trabajo se centra en comparar estos tres ámbitos con respecto a una cuestión tan puntual como la enseñanza y aprendizaje de contenidos procedimentales, ya que, como hemos indicado, partimos de las propuestas oficiales para analizar cómo se llevan a la práctica (revisamos los libros de texto, pulsamos la opinión del profesorado y su forma de aplicarlas al aula) y comprobamos el grado de aprendizaje que han obtenidos los estudiantes.

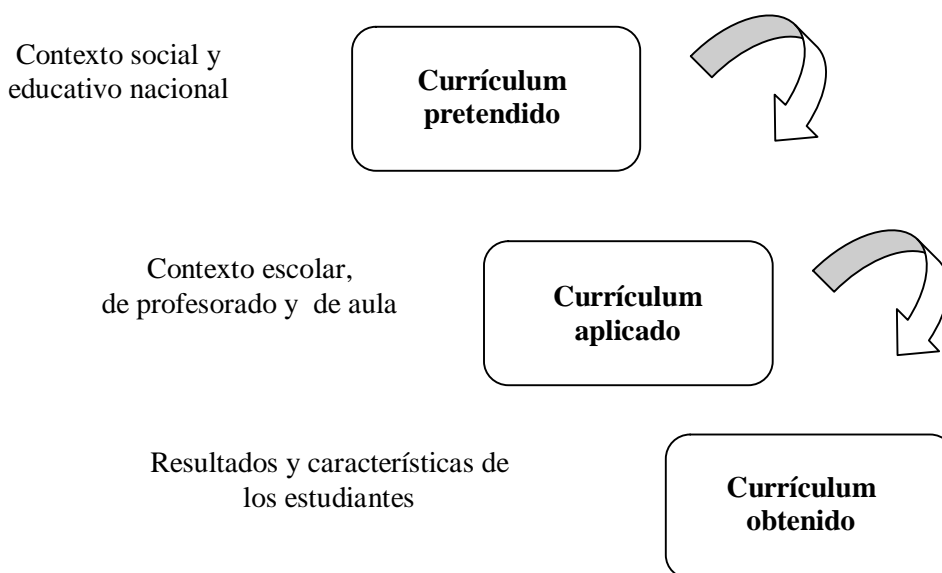


Figura 2.3. Modelo curricular TIMSS

2.5.1. Características generales del currículo propuesto por la LOGSE

La Reforma iniciada con la promulgación de la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo en el año 1990, supone un nuevo modo de entender el currículo, que pasa de ser un documento cerrado, normativo y limitado al enunciado de los contenidos objeto de enseñanza (fundamentalmente, conceptuales, basados en las disciplinas clásicas), a ser un marco legal con un carácter abierto y flexible, que permite un grado importante de participación a las Comunidades Autónomas, para que puedan adaptarlo a su propia realidad (lingüística, cultural, etc.), y a los centros educativos, para que los equipos docentes puedan adecuarlo a las características del alumnado y de cada contexto escolar, teniendo en cuenta sus propias experiencias y su conocimiento de la enseñanza.

De acuerdo con Del Carmen (1994), podemos sintetizar las características del diseño curricular derivado de la LOGSE en cuatro ideas básicas: a) cada etapa educativa se configura y adquiere sentido a partir de unos objetivos generales que indican las capacidades generales que se pretende potenciar a través de la educación, y a partir de los cuales se orienta la finalidad de cada área y la selección de los contenidos; b) las áreas curriculares no se identifican con las disciplinas establecidas sino que integran criterios de enfoque y selección de contenidos más amplios; c) se establece una tipología de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que debe presidir la selección y organización de los mismos, considerando que el tratamiento equilibrado e interrelacionado de los distintos ámbitos que abarcan, es la vía más adecuada para desarrollar los objetivos pretendidos; d) se parte de la necesidad de un currículo obligatorio básico, pero con un notable grado de apertura y flexibilidad para el desarrollo definitivo de objetivos y contenidos, y para la secuencia y organización de los mismos por parte de las diferentes administraciones educativas y del profesorado.

Del análisis del currículo correspondiente a los niveles de enseñanza obligatoria (MEC, 1991), se puede deducir que el papel que asignan a las Ciencias de la Naturaleza no es contribuir a formar futuros científicos, sino ciudadanos capaces de interpretar los fenómenos naturales más básicos, y de actuar de forma crítica y responsable ante los problemas sociales relacionados con la ciencia, es decir, en una línea de alfabetización científica, dejando para el Bachillerato la profundización en aspectos disciplinares más específicos.

Desde un punto de vista más específico, el currículo de la enseñanza obligatoria recoge en cierto modo (al menos en los objetivos generales) buena parte de las metas que Jiménez y Sanmartí (1997) atribuyen a la “alfabetización científica”, que hemos señalado anteriormente. Así se deduce de la lectura de los objetivos generales de área y, en particular, del análisis de los tipos de contenidos que incluye: conceptuales (hechos, conceptos, principios, leyes, teorías...), procedimentales (procesos de la ciencia, estrategias cognitivas y de razonamiento científico, de comunicación, etc.) y actitudinales (hacia la ciencia, hacia el aprendizaje de la ciencia, hacia las implicaciones sociales de la ciencia).

En los niveles básicos, el currículo ha optado por un enfoque globalizado o de ciencia coordinada, a través del cual se interrelacionan contenidos de diversas disciplinas, con una tendencia a la interdisciplinariedad en la ESO, mientras que en el Bachillerato se apuesta claramente por una estructura de disciplinas separadas, aunque paralelamente se

incluyan otras con un carácter más interdisciplinar (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Ciencia, Tecnología y Sociedad, etc.).

2.5.2. Finalidades de la educación científica

Las fuentes sociológica, epistemológica, psicológica y pedagógica en las que se basa el currículo de Ciencias de la Naturaleza de la ESO son consecuentes con la mayoría de las propuestas que se hacen desde la Didáctica de las Ciencias, tal y como se refleja en la introducción al mismo.

Así, se identifica con los actuales planteamientos de la educación científica en los niveles básicos de enseñanza, más orientada a la alfabetización científica que a la enseñanza y aprendizaje de los tradicionales contenidos disciplinares: *“El acelerado cambio de los conocimientos y procesos culturales y productivos requiere una formación básica más prolongada, más versátil, capaz de adaptarse a las nuevas situaciones...”*. *“...Es conveniente que la educación obligatoria incorpore contenidos de cultura científica, como una parte de la cultura general...”*.

También recoge los actuales planteamientos sobre la naturaleza y evolución de la ciencia, así como propuestas constructivistas sobre la enseñanza y el aprendizaje: *“El currículo de esta área ha de corresponderse con la naturaleza de la ciencia, como actividad constructiva y en proceso, en permanente revisión, y que consiste en esa actividad tanto como en los productos de conocimientos adquiridos en un momento dado. A esta concepción de la ciencia como actividad constructiva le corresponde un planteamiento didáctico que realce el papel activo y de construcción cognitiva en el aprendizaje de la ciencia. En ese proceso desempeñan un papel los preconceptos, suposiciones, creencias y, en general, marcos previos de referencia, de los alumnos”*.

Aunque la enseñanza de contenidos procedimentales no haya estado ausente en la práctica educativa, su inclusión con carácter obligatorio como contenido de enseñanza aparece por primera vez en el currículo de la LOGSE, motivada por el nuevo papel del alumno: *“de receptor pasivo a constructor de conocimientos en un contexto interactivo”*, y por la función que les atribuye para el aprendizaje de conceptos: *“un cambio en las ideas de los estudiantes mediante los procedimientos de la actividad científica”*.

La importancia que se otorga a este tipo de contenidos, queda suficientemente explícita en el siguiente párrafo de la introducción al currículo: *“Igual importancia que a los conceptos debe concederse a los procedimientos. Al sistema conceptual altamente organizado de la ciencia están indisolublemente vinculadas pautas y reglas que caracterizan métodos científicos de indagación de la realidad. Por ello los alumnos han de conocer y utilizar algunos métodos habituales de la actividad científica a lo largo del proceso investigador: planteamiento de problemas y formulación clara de los mismos; utilización de fuentes de información de manera sistemática y organizada; formulación de hipótesis pertinentes a los problemas; contraste de hipótesis mediante la observación rigurosa y, en ciertos casos, la planificación y realización de experimentos; recogida, organización y análisis de los datos; discusión de conclusiones; comunicación de resultados mediante el oportuno informe”*.

La consideración en un primer plano de los procedimientos (y las actitudes) en todas las materias ha sido, seguramente, uno de los cambios más novedosos del currículo, sobre todo para un profesorado mayoritariamente acostumbrado a basar su enseñanza en transmitir los hechos, conceptos y teorías de las diversas disciplinas científicas. Lo cual se ha traducido, sin embargo -como tendremos ocasión de comentar-, más en un cambio de imagen, de cara a la administración (las programaciones incluyen los tres tipos de contenidos), que en su incorporación efectiva a la práctica diaria, en un plano de igualdad con el resto de contenidos, como se pretendía con los cambios ministeriales.

2.5.3. Objetivos generales de las Ciencias de la Naturaleza

Estos objetivos hacen referencia a las capacidades generales, de diverso tipo, que los alumnos deben desarrollar para conseguir los propósitos o finalidades de la educación científica en esta etapa. De su lectura podemos deducir que se atiende de manera integrada a los diferentes ámbitos del conocimiento, y que lejos de priorizar el aprendizaje de conceptos disciplinares, hace hincapié en su vinculación a la vida cotidiana y a los problemas sociales, y presta mucha atención al desarrollo de habilidades, estrategias y destrezas relacionadas con la obtención, interpretación y aplicación de los conocimientos, así como al desarrollo de hábitos y actitudes.

De forma más concreta se refiere a capacidades relacionadas con los procedimientos en los objetivos nº 1, 3 y 4, a través de los cuales se destaca, respectivamente, la importancia del lenguaje y la comunicación en la comprensión y expresión científica (*comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y representación cuando sea necesario*), la necesidad de que los alumnos se familiaricen con los procedimientos de la Ciencia poniéndolos en práctica a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje (*aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la ciencia, en la resolución de problemas: identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación y realización de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados y comunicación de los mismos*), y el papel que tienen el trabajo en equipo y la cooperación para el aprendizaje de nuevos contenidos (*participar en la planificación y realización en equipo de actividades científicas, valorando las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos establecidos, mostrando una actitud flexible y de colaboración y asumiendo responsabilidades en el desarrollo de las tareas*).

Además de un reconocimiento explícito de la importancia que deben tener los procedimientos en la educación científica, con estos objetivos se alude, de manera más o menos explícita, a la necesidad de enfocar la enseñanza de las ciencias desde planteamientos didácticos diferentes de la enseñanza tradicional, en los que el trabajo práctico y el intercambio de opiniones, razonamientos y argumentaciones entre el alumnado, y entre ellos y el profesor, tienen un papel esencial para la construcción de conocimientos (Rodrigo y Cubero, 2000).

2.5.4. Contenidos

Si los objetivos determinan las intenciones educativas (para qué enseñar), los contenidos concretan las capacidades que vienen expresadas en los objetivos, haciendo alusión a los diferentes ámbitos del conocimiento que se consideran necesarios para su

desarrollo; es decir, son un medio para conseguir los objetivos (qué enseñar). Como hemos indicado, el currículo de la ESO diferencia tres tipos de contenidos -conceptos, procedimientos y actitudes- con un planteamiento similar a las propuestas que se hacen desde la Didáctica de las Ciencias.

Por las características de nuestro trabajo, vamos a analizar únicamente los procedimientos incluidos en los bloques de contenidos más relacionados con la Biología y la Geología: nº 5 (*Los materiales terrestres*), nº 6 (*Diversidad y unidad de los seres vivos*), nº 7 (*Las personas y la salud*), nº 8 (*Interacción de los componentes abióticos y bióticos del medio natural*) y nº 9 (*Los cambios en el medio natural. Los seres humanos, principales agentes de cambio*), utilizando como referencia la clasificación que aparece en un apartado posterior del currículo: planteamiento de problemas y formulación de hipótesis, revisión bibliográfica, el diseño experimental, procedimientos relacionados con la observación y recogida de datos, procedimientos para la organización de datos y su clasificación, la elaboración de conclusiones, la predicción y la elaboración de informes científicos. Por el modo en que han sido redactados, nos hemos visto obligados a agrupar los procedimientos de acuerdo con una tipología que no coincide exactamente con la de Pro (1998b), que hemos tomado como referente en nuestro trabajo, pero que está en la línea de algunas de las que se han propuesto en el campo de la Didáctica de las Ciencias.

Como se desprende de los datos de la tabla 2.2, el listado de procedimientos que propone el currículo contempla la mayoría de los relacionados con los procesos de la ciencia, aunque algunos de ellos (formulación de hipótesis, planteamiento de problemas científicos, análisis de datos o relación entre variables) no aparezcan formulados explícitamente, a pesar de que están vinculados muy directamente al desarrollo de actividades específicas, como los trabajos prácticos.

Este listado de procedimientos ha sido criticado por algunos autores (por ejemplo, Pro, 1995, 1997; Pozo y Postigo, 1997) al entender que la organización de los contenidos que presenta el currículo es fundamentalmente de carácter conceptual, quedando a veces los procedimientos como un mero listado, escasamente organizado y sin una estructura clara. Además se constatan diferencias incomprensibles entre los tipos de procedimientos que incluyen en los bloques de Física y Química y los de Ciencias Naturales (Pro, 1995), más allá de las peculiaridades propias de cada una de ellas.

Al analizar la naturaleza de los procedimientos curriculares, Pozo y Gómez Crespo (1998) y Pozo y Postigo (2000) observan una mayor atención a los procedimientos referidos al análisis y a la interpretación de la información (procedimientos que ellos relacionan con la actividad científica o *hacer ciencia*), con un 70.8% del total, que a los considerados necesarios para *aprender ciencia*, los cuales tienen un menor peso (29.2%), y una distribución irregular: el 36.0% de éstos, serían procedimientos referidos a la adquisición de información (observación, selección y búsqueda de información); el 9.8% a la comprensión y organización conceptual (establecimiento de relaciones conceptuales, organización conceptual de los conocimientos y comprensión del discurso escrito y oral), y el 5.8% serían procedimientos de comunicación (utilización de recursos y técnicas de expresión, como resúmenes, informes, análisis de su adecuación, planificación...).

PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DE EXPERIENCIAS

- Planificación y realización de experiencias sencillas dirigidas a estudiar algunas propiedades del aire y del agua.
- Planificación y realización de actividades que permitan contrastar algunas de las explicaciones emitidas sobre relaciones en los ecosistemas.
- Diseño de estrategias para contrastar algunas explicaciones dadas ante un problema de salud individual, escolar o de la comunidad.
- Planificación y realización de actividades que permitan contrastar algunas de las explicaciones emitidas sobre las causas de los cambios en el medio natural.

OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN. IDENTIFICACIÓN CON CLAVES. CLASIFICACIÓN

- Observación y descripción de seres unicelulares y células vegetales y animales mediante la realización de preparaciones con material fresco utilizando el microscopio óptico.
- Observación y descripción de ciclos vitales en animales y plantas, sabiendo utilizar técnicas diversas de reproducción en vegetales (bulbos, acodos, esquejes, semillas).
- Identificación mediante claves de rocas y minerales, a partir de la exploración de sus propiedades, utilizando instrumentos oportunos: navaja, lima, ácido, balanza, lupa...
- Identificación de los grandes modelos taxonómicos a los que pertenecen animales y plantas con la ayuda

TÉCNICAS DE LABORATORIO E INSTRUMENTALES

- Separación, identificación y análisis de los componentes de un suelo.
- Utilización de técnicas en orden a la elaboración de dietas equilibradas a la conservación de alimentos y a la detección de fraudes.
- Utilización de procedimientos para medir las constantes vitales en diferentes situaciones de actividad corporal e interpretación de análisis de sangre y orina.
- Práctica de normas elementales de socorrismo en caso de accidente.

EXPERIENCIAS. INVESTIGACIONES

- Realización de experiencias para abordar problemas relacionados con la realización de funciones vitales, partiendo siempre de algunas hipótesis explicativas.
- Realización de experiencias con seres vivos para detectar diferentes respuestas ante la presencia de determinados estímulos.
- Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de nutrición, reproducción o relación.
- Planificación y realización de investigaciones para observar la influencia de algunos factores abióticos en los seres vivos en el medio natural o en terrarios y acuarios.

RECOGIDA Y REPRESENTACIÓN DE DATOS

- Recogida y representación de datos meteorológicos utilizando aparatos de medida, interpretación de tablas, gráficos y mapas relacionados con los fenómenos atmosféricos y con los pronósticos del tiempo.
- Interpretación de maquetas y mapas topográficos sencillos.
- Elaboración e interpretación de cadenas, cadenas y redes tróficas en ecosistemas terrestres y acuáticos.
- Diseño de un plan organizado de distribución del tiempo de trabajo y ocio.

PREDICCIÓN

- Predicción de la evolución de un determinado ecosistema ante la presencia de algún tipo de alteración.

CONCLUSIONES

- Elaboración y difusión en el aula, el centro o la localidad de las conclusiones obtenidas del estudio de ecosistemas terrestres y acuáticos.
- Elaboración de conclusiones en equipo y redacción de informes donde se comparen las primitivas hipótesis explicativas con los resultados de las investigaciones.

ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES ENTRE HECHOS. BÚSQUEDA DE EXPLICACIONES

- Búsqueda de explicaciones geológicas a las características observadas en las rocas, en el campo, en diapositivas, en el medio urbano o en el laboratorio y planificación de experiencias para dar respuesta a los interrogantes planteados.
- Establecimiento de relaciones entre las alteraciones en el relieve y los problemas prácticos que la sociedad debe abordar para prevenir catástrofes.
- Análisis crítico de intervenciones en el medio a partir de una recogida de datos utilizando distintas fuentes.
- Comparar diferentes explicaciones que se han dado al problema de los cambios en la Tierra, a partir de textos y vídeos.
- Establecimiento de relaciones entre las propiedades de las rocas y minerales y su aprovechamiento.
- Análisis y comparación de diferentes métodos anticonceptivos.

Tabla 2.2. Clasificación de contenidos procedimentales en el currículo de Ciencias Naturales (Biología y Geología) de la ESO.

Además de criticar que los procedimientos del currículo están centrados más en aquellos relacionados con *hacer ciencia* que en otros que tienen que ver con para *aprender ciencia*, los autores citados anteriormente señalan una tendencia de dicho documento a priorizar el desarrollo de las técnicas frente a las estrategias, lo que a su juicio puede conducir a que, en la práctica, los problemas se reduzcan a ejercicios y las estrategias a rutinas técnicas, reforzando así la forma en que los profesores suelen entender la resolución de problemas en ciencias.

También cuestionan el modo en el que se plantean los procedimientos relacionados con la planificación y desarrollo de experiencias, ya que, al no prestar (a su juicio) suficiente atención a la fase previa (planificación, formulación de hipótesis...) y a la fase posterior a su realización (resultados, conclusiones...), pueden dar una imagen de la investigación científica como mera ejecución o “demostración” de modelos, sin una reflexión sobre el proceso de solución que se ha seguido y sin alusión a los principios teóricos en los que se apoya.

Estas críticas muestran la preocupación, con la que coinciden otros investigadores (Campanario y Otero, 2000; Pozo y Monereo, 2000; Sanmartí, 2002), por el escaso interés del currículo sobre los procesos, técnicas y estrategias generales, tanto cognitivas como metacognitivas, actualmente considerados imprescindibles para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En otro orden de cosas, también se ha cuestionado el modo en que el currículo propone secuenciar los contenidos procedimentales a lo largo de los dos ciclos de que consta la ESO (Pro, 1995, 1997); entre otras razones porque ni siquiera se observa una aplicación adecuada de los criterios que se exponen en la Resolución de 5 de marzo de 1992 (BOE de 25-3-92).

Para secuenciar los procedimientos, el MEC, en dicha resolución, sugiere tener en cuenta aspectos como la familiaridad de las tareas a realizar, el grado de autonomía que se exige al alumno, la complejidad de las habilidades y estrategias que hay que emplear, o el grado de rigurosidad que se espera en su ejecución: *“Las capacidades relacionadas con la adquisición de procedimientos y estrategias para explorar la realidad y afrontar situaciones problemáticas se pueden ir adquiriendo gradualmente de manera que sea cada vez menos necesaria la familiarización con la tarea y la ayuda suministrada, aumentando, en cambio, el número de variables, el aparato matemático necesario o el nivel de rigurosidad exigido.”*

De acuerdo con estos criterios, se propone la siguiente secuencia:

a) Primer ciclo:

- *“Parecen más adecuados los procedimientos basados en la observación cualitativa y cuantitativa”.*
- *“Las relaciones que se establezcan serán sobre todo de tipo cualitativo y las leyes deben relacionar, generalmente sólo dos variables”.*

- *“Los problemas de investigación sugeridos podrán abordarse en situaciones familiares con soporte matemático sencillo, suministrando los datos necesarios o facilitando su acceso a ellos”.*
- *“La capacidad de aplicar estrategias personales en la resolución de problemas puede potenciarse planteando problemas de investigación en los que se establezcan relaciones sencillas entre dos variables, iniciándose el control de alguna otra. Previamente convendría resolver situaciones donde se distingan causas de efectos y datos de conjeturas”.*
- *“Parece adecuado, en este primer ciclo, suministrar ayuda para la realización de los diseños experimentales que se van requiriendo”.*
- *“Se desarrollará la capacidad de expresar y comprender mensajes científicos comenzando en este ciclo por los más descriptivos y poco argumentativos, potenciando la recogida de datos, su representación e interpretación, la utilización de dibujos y esquemas, los diagramas de barras y las gráficas directas... informes sencillos... elaboración de conclusiones...”.*

b) Segundo ciclo:

- *“Se hará mayor hincapié en la emisión de hipótesis, en los diseños experimentales y en la comparación de leyes, modelos y teorías, señalando algunas similitudes y diferencias... aplicación de modelos... y que se estudien fenómenos en los que existe más de una variable independiente”.*
- *“Tendrán que abordar los problemas propuestos con un mayor grado de independencia de la familiaridad de la situación y de la ayuda exterior, siendo capaces de buscar por su cuenta los datos necesarios”.*
- *“Podrían detectar conclusiones que no se deriven directamente de los datos de una experiencia y llegarán a formular leyes sencillas a partir de los datos recogidos de una investigación”.*

Son criterios, en cierto modo, similares a los expuestos más explícitamente por Pro (1998b), ya que en ellos reconoce la importancia del contexto a la hora de que el estudiante esté más o menos familiarizado con las tareas que requiere el procedimiento; se tiene en cuenta la edad del alumnado y, relacionado con ella, las capacidades que posee y su adecuación o no a los prerrequisitos de cada procedimiento (por ejemplo, a la hora de trabajar con más o menos variables); se considera la dificultad intrínseca de algunos de estos contenidos a la hora de ubicarlos en un ciclo u otro (emisión de hipótesis de forma más o menos autónoma, explicación teórica de las conclusiones obtenidas...).

A pesar de la contradicción a la que nos referíamos anteriormente, esta propuesta de secuencia del MEC constituye una referencia importante para nuestro propósito de delimitar los contenidos procedimentales que van a ser objeto de investigación. En particular porque al igual que ocurre en relación con los contenidos conceptuales, la propia consideración del currículo como abierto y flexible requiere que las propuestas de contenidos procedimentales sean abiertas, de manera que el profesorado pueda

aplicarlas y desarrollarlas desde su propia realidad, utilizando para ello, si lo ve necesario, otras clasificaciones más amplias y específicas.

2.5.5. Planteamientos metodológicos

Respecto a los planteamientos metodológicos generales, las orientaciones didácticas ponen de manifiesto una clara identificación del currículo con planteamientos constructivistas, tanto en lo que hace referencia a la importancia que tienen los conocimientos de los alumnos y las estrategias didácticas que favorecen el aprendizaje significativo a través de modelos de cambio conceptual, como por la secuencia de enseñanza que propone (introducción-motivación, desarrollo, recuperación y ampliación) y los tipos de actividades de aprendizaje que sugiere (investigación libre, resolución de problemas, salidas al entorno, búsqueda de información, realización de experiencias y proyectos tecnológicos, etc.).

Las Orientaciones didácticas que contiene el currículo de Ciencias de la Naturaleza para la ESO, incluye, entre otros aspectos, una serie de recomendaciones sobre la enseñanza y sobre la evaluación.

Una primera consideración importante es que los tres tipos de contenidos incluidos en cada bloque deben impartirse conjuntamente, y que no es aconsejable que los alumnos aprendan procedimientos aislados o que adquieran normas, hábitos y actitudes descontextualizadas. Es decir, el currículo comparte el criterio expuesto en un apartado anterior, de que la ciencia no se puede compartimentar, y que conceptos, procedimientos y actitudes forman un todo que se debe enseñar y aprender de forma integrada. Con esta clasificación de contenidos se reivindica la incorporación a la enseñanza de los procedimientos y las actitudes (anteriormente sólo estaban presentes en algunos casos, y a través de lo que se ha denominado el currículo oculto), y se facilita una mayor reflexión sobre el mejor modo de abordarlos.

Así mismo, el currículo propone organizar los contenidos en torno a unas ideas claves estructurantes, relacionadas con los conceptos fundamentales de la ciencia, que pueden ser abordadas fácilmente a partir del entorno y situaciones de la vida cotidiana (los temas transversales constituyen una referencia especialmente interesante para favorecer ese acercamiento entre las ciencias, sus métodos y su utilidad), y unos criterios de secuencia en la línea de los que acabamos de señalar.

En cuanto a la enseñanza específica de los distintos procedimientos, el currículo hace una serie de recomendaciones para cada uno de ellos, a través de las cuales podemos comprobar la naturaleza que les atribuye y el modo en que se deberían secuenciar; al tiempo que pueden servir para deducir algunos tipos de estrategias didácticas y/o actividades que podrían ser adecuadas para su enseñanza y aprendizaje:

- a) Planteamiento de problemas y formulación de hipótesis: *“Que se familiaricen con la detección de problemas, se formulen preguntas y comprendan la necesidad de emitir explicaciones lógicas... que distingan previamente entre un dato y una hipótesis, siendo capaces de diferenciarlos en textos sencillos o en periódicos...”*

b) Revisión bibliográfica: *“Ante cualquier problema planteado, es importante que el alumno consulte diferentes fuentes... para ello se sugiere que maneje la biblioteca escolar, consulte diferentes medios de comunicación, etc.”.*

c) El diseño experimental: *“En un primer nivel detecte algunas variables que intervienen en un fenómeno, para, posteriormente ser capaces de realizar un control adecuado de las mismas diferenciando entre variables, dependientes, independientes y controladas.*

El proceso de control de variables no es fácil a esas edades y debe realizarse a través de problemas sencillos donde se relacionen dos variables, para pasar posteriormente a situaciones de mayor complejidad... Al alumno deben presentársele diseños experimentales realizados para probar una hipótesis. Estos diseños deben ser analizados para verificar su adecuación a la finalidad propuesta... deben tenerse en cuenta que los problemas en ciencias son a menudo muy complejos, porque existen muchas variables a considerar en un determinado problema, por lo que debe simplificarse su estudio con aproximaciones sucesivas”.

d) Procedimientos relacionados con la observación y recogida de datos: *“En un primer momento, la observación puede centrarse en hechos y fenómenos muy concretos, proporcionando pautas sobre aspectos a observar e identificando los presupuestos de partida. No conviene, pues, poner a los alumnos en disposición de observar si no saben previamente qué tipo de problemas deben resolver... Realizar una observación más afinada y precisa supone que ésta se haga más compleja, por lo que resulta necesario establecer una gradación... La utilización de sistemas de representación debe graduarse también según su complejidad. Un mapa geográfico es más fácil de interpretar que un mapa topográfico, ya que la comprensión de este último requiere previamente la interpretación de planos, bloques, diagramas y maquetas. La observación de datos cualitativos acerca de un fenómeno es previa a la de datos cuantitativos...”*

e) Procedimientos para la organización de datos y su clasificación: *“La organización de los datos debe iniciarse con su ordenación en tablas sencillas y la construcción de gráficas, que en un primer momento pueden ser diagramas de barras y representaciones de tipo lineal... Al final de esta etapa podrá iniciarse el alumno en el procesamiento de datos mediante calculadora y ordenador, e introducir representaciones gráficas más complejas, como las de magnitudes inversamente proporcionales. A su vez, la interpretación de gráficas tiene diferentes niveles de complejidad; inicialmente se tiende a una lectura directa de datos; se pasa después a una interpretación de los aspectos generales que se deducen de la gráfica, y posteriormente se hacen matizaciones específicas. Por último se llega a definir la ley general que se deduce de dicha distribución de datos”*

f) La elaboración de conclusiones: *“Deben estar apoyadas en los datos y referidas a las situaciones concretas en las que se han realizado. Debe evitarse la tendencia a generalizar las conclusiones extraídas de una situación muy concreta, error frecuente en la vida diaria fomentado, a veces, por los medios de comunicación.”*

g) La predicción: *“A pesar de las dificultades que puede suponer su desarrollo en esta etapa, debería plantearse en cuestiones sencillas... moviliza intensamente el conocimiento adquirido por el alumno, lo que permite contemplar esta estrategia como un elemento importante para poner de manifiesto la funcionalidad del conocimiento científico”*.

h) La elaboración de informes científicos: *“Desde los niveles más elementales, y cualquiera que sea la actividad del alumno, es de gran importancia enseñarle a elaborar un pequeño informe como resumen de su trabajo. Esto requiere presentar ordenadamente el proceso de trabajo, bien estructurado y acompañado de esquemas, dibujos y gráficos que lo hagan más comprensible. En él debe reflejarse claramente el problema estudiado, los presupuestos de partida, la hipótesis, el diseño realizado, las conclusiones obtenidas y las aplicaciones prácticas que se derivan, indicando las fuentes de información consultadas”*.

Es decir, todo lo anterior pone de manifiesto que no se trata sólo de que estén presentes los procedimientos en las clases de ciencias, sino que hay que adecuarlos al nivel educativo y a las características del alumnado.

2.5.6. Evaluación

En relación con la evaluación, las orientaciones didácticas incluyen, entre otros aspectos, una referencia explícita a la obligatoriedad de evaluar los tres tipos de contenidos. Para el caso de los procedimentales, que el documento denomina “trabajar a la manera de los científicos” (insistimos en el énfasis que pone en identificarlos exclusivamente con los procesos de la ciencia), se deja constancia de las capacidades que deben haber adquirido los estudiantes, las cuales son consecuentes con cada uno de los procedimientos incluidos en la clasificación anteriormente comentada. Dichas capacidades aparecen de forma más concreta en los criterios de evaluación, cuya síntesis recogemos en las tablas 2.3 y 2.4.

A pesar de que los criterios de evaluación del área de Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología) correspondientes a cada uno de los ciclos de la ESO, recogen los principales procedimientos a los que nos venimos haciendo referencia, parece que ponen mucho más énfasis en los aspectos conceptuales que en los de otro tipo de contenido. Este énfasis podría influir negativamente en la consideración de igualdad que se propone para la planificación, enseñanza, aprendizaje y evaluación de conceptos, procedimientos y actitudes.

1º CICLO	CAPACIDADES
7. Explicar, a partir del conocimiento de la composición y propiedades del aire y del agua, su importancia para los seres vivos, la existencia de fenómenos atmosféricos y de algunos cambios en el relieve.	Conceptuales
8. Identificar rocas y minerales, con ayuda de claves, mediante la observación y recogida de datos sobre sus propiedades más características, y establecer algunas relaciones con el uso que se hace de ellos.	Conceptuales Procedimentales
9. Explicar la semejanza existente en la constitución y en el funcionamiento de los seres vivos teniendo en cuenta la teoría celular y la observación de células vegetales y animales con el microscopio óptico.	Conceptuales Procedimentales
10. Identificar los principales modelos taxonómicos a los que pertenecen ejemplares diversos de animales y plantas, a partir de la observación de las características relevantes con la ayuda de claves, estableciendo algunas relaciones entre la presencia de determinadas estructuras y su adaptación al medio.	Conceptuales Procedimentales
11. Identificar algunas iniciativas que se dan en nuestra sociedad encaminadas a promocionar una actitud de valoración y respeto hacia todos los seres vivos.	Actitudinales
12. Diseñar y realizar experiencias sencillas para determinar el efecto de un factor abiótico (luz, humedad, temperatura, tipo de suelo) en seres vivos de fácil manejo, manteniendo algunas variables controladas.	Procedimentales
13. Describir la morfología y la posición de los principales aparatos y órganos humanos implicados en la realización de las funciones vitales, estableciendo algunas relaciones fundamentales entre éstas y algunos hábitos de higiene y salud.	Conceptuales
14. Reconocer en la Naturaleza indicadores que supongan cambios en los seres vivos y huellas de procesos de erosión, transporte y sedimentación en el relieve producidos por diferentes agentes geológicos externos.	Conceptuales Procedimentales
15. Identificar costes y beneficios de algunas modificaciones que los seres humanos hacen en la Naturaleza, justificando algunos principios de actuación para su defensa.	Conceptuales Actitudinales
19. Enumerar algunos problemas a los que la Ciencia ha dado soluciones y que han repercutido en la mejora de la calidad de vida, y otros a los cuales no ha podido dar respuesta.	Actitudinales

Tabla 2.3. Criterios de evaluación de 1º ciclo de la ESO.

Finalmente, las orientaciones didácticas proponen evaluar los contenidos procedimentales a través de la observación de las tareas que realizan los estudiantes en las actividades de clase (búsqueda de información, utilización de instrumentos, debates, comunicación de resultados...), así como mediante la valoración de la documentación que queda por escrito (informes, resúmenes de las actividades, etc.). En ambos casos se sugiere que el profesor utilice una plantilla de observación en la cual se reflejen con cierto detalle los aspectos que van a ser evaluados y los datos resultantes de la observación y la calificación de trabajos escritos.

2º CICLO	CAPACIDADES
5. Establecer diferencias entre seres unicelulares y pluricelulares, enumerando además algunos hechos de la vida cotidiana que ponen de manifiesto la existencia de otros seres como las bacterias y los virus.	Conceptuales
6. Diseñar y realizar experiencias con plantas y animales de fácil manejo para determinar la incidencia de algunas variables que intervienen en los procesos de la fotosíntesis y la respiración, aportando datos que demuestren la gran importancia de ambos procesos para la vida.	Conceptuales Procedimentales
7. Explicar los procesos fundamentales que ocurren en los alimentos, desde su ingestión hasta su llegada y aprovechamiento en las células, y justificar, a partir de ellos, unos hábitos alimentarios y de higiene saludables, independientes de prácticas consumistas inadecuadas.	Conceptuales Actitudinales
8. Explicar la función coordinadora y equilibradora del sistema nervioso ante la presencia de distintos estímulos, señalar algunos factores sociales que alteran su funcionamiento y repercuten en la salud y valorar en consecuencia la importancia de adoptar un estilo de vida sano.	Conceptuales Actitudinales
9. Establecer diferencias entre sexualidad y reproducción en las personas y aplicar los conocimientos sobre el funcionamiento de los aparatos reproductores a la comprensión del fundamento de algunos métodos de facilitación de la procreación y de control de la natalidad, así como a la necesidad de adoptar medidas de higiene y salud en las actividades sexuales.	Conceptuales Actitudinales
10. Caracterizar un ecosistema a través de la identificación de sus componentes abióticos y bióticos y de algunas de sus interacciones.	Conceptuales
11. Identificar alteraciones en las rocas y otros fenómenos en la Naturaleza debidos a la acción de agentes geológicos internos, explicando, a la luz de los conocimientos actuales, algunas causas que pueden haberlos provocado y señalar algunas normas que deben tenerse en cuenta para prevenirlos o atenuarlos.	Conceptuales Procedimentales
12. Determinar, con ayuda de indicadores o datos bibliográficos, la existencia de fenómenos de contaminación, desertización, disminución del ozono, agotamiento de recursos y extinción de especies, indicando y justificando algunas alternativas para promover un uso más racional de la Naturaleza.	Conceptuales Procedimentales Actitudinales
13. Indicar algunos datos sobre los que se apoya la concepción de que la Tierra ha sufrido grandes cambios a lo largo del tiempo que han afectado al relieve, al clima, a la distribución de continentes y océanos y a los seres vivos.	Conceptuales
18. Determinar en un texto, una película u otras informaciones algunos rasgos del trabajo científico como el carácter de empresa colectiva en continua revisión y la existencia de razones de índole política, social o religiosa que han condicionado, a veces, su desarrollo y aplicación.	Conceptuales Actitudinales

Tabla 2.4. Criterios de evaluación de 2º ciclo de la ESO.

2.6. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL DESARROLLO DE ESTA INVESTIGACIÓN

A lo largo de las páginas anteriores hemos analizado los fundamentos teóricos que han orientado esta investigación, más allá de las razones propiamente contextuales que lo justifican, como la experiencia profesional del que esto suscribe, que ha condicionado que este trabajo se centre en las Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología) y en la Educación Secundaria Obligatoria. Teniendo en cuenta este marco de referencia, exponemos a continuación algunas consideraciones generales que tendremos en cuenta a la hora de abordar los tres problemas que constituyen el objeto de esta investigación: el aprendizaje de los alumnos en relación con determinados contenidos procedimentales, el modo en que los libros de texto favorecen o no este proceso, y una

primera aproximación a la enseñanza de este tipo de contenidos por parte de los profesores de educación secundaria.

Tomando como referencia las sugerencias y propuestas que se hacen desde los ámbitos epistemológico, psicológico, didáctico y curricular, optaremos por considerar los contenidos procedimentales en sentido amplio, abarcando tanto las habilidades y estrategias más directamente relacionadas con los procesos de la ciencia y la metodología científica, como otros tipos de destrezas manipulativas, comunicativas o metacognitivas, que generalmente también están presentes en la actividad científica y, por tanto, deben ser objeto de enseñanza y aprendizaje. Por ello, el análisis del aprendizaje de los alumnos, la revisión de las actividades que proponen los libros de texto y la valoración de la enseñanza que llevan a cabo los profesores, se basará en la clasificación propuesta por Pro (1995, 1997, 1998b), que a su vez integra las que se han sugerido desde perspectivas pedagógicas más generales y desde el currículo de la ESO: habilidades de investigación; destrezas manuales; habilidades, destrezas y técnicas relacionadas con la comunicación.

Para delimitar el campo de estudio de nuestra investigación, nos basaremos en los criterios de secuencia que se han propuesto desde la Didáctica de las Ciencias y desde el citado currículo: la complejidad de las tareas que comprende cada procedimiento y los prerrequisitos para su aprendizaje; el contexto en el que se va a utilizar, la familiaridad que tiene para el alumno, o el grado de rigurosidad con el que se va a aplicar. Estos criterios se tendrán en cuenta al diseñar los cuestionarios destinados a diagnosticar el aprendizaje de los estudiantes, así como al analizar la idoneidad de los libros de texto y las programaciones del profesorado.

En el primer caso, adecuando las preguntas o las situaciones prácticas que se propongan, a los posibles conocimientos y habilidades del alumnado de los diferentes cursos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato que constituirán la muestra objeto de la investigación. Al analizar los libros de texto, para comprobar si siguen algún criterio a la hora de secuenciar las actividades que, explícita o implícitamente, pueden favorecer el aprendizaje de contenidos procedimentales. Y al revisar las programaciones del profesorado de secundaria, para verificar si incorporan los contenidos que propone el currículo.

Finalmente, las referencias teóricas relacionadas con la enseñanza de los contenidos procedimentales nos servirán para valorar si las propuestas de los libros de texto o la práctica educativa del profesorado (dentro de los límites de nuestro estudio), responden a las recomendaciones que se hacen al respecto: si se enseñan los contenidos procedimentales al mismo nivel que los conceptuales y actitudinales; si se proponen trabajos prácticos y problemas abiertos; si las actividades se enfocan como verdaderos trabajos de investigación y en su desarrollo se fomenta el trabajo cooperativo y la reflexión; si basan la enseñanza en modelos didácticos constructivistas; si evalúan los contenidos procedimentales de manera específica, etc. Y, en la medida de lo posible, si se puede establecer alguna relación entre la “enseñanza habitual” y las dificultades que muestren los estudiantes en el aprendizaje y dominio de los conocimientos, destrezas y habilidades que caracterizan a dichos tipos de contenidos.

En el siguiente capítulo, revisaremos las investigaciones que se han realizado hasta la fecha sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos procedimentales en los tres

ámbitos de nuestra investigación –estudiantes, libros de texto y profesores-, con el fin de delimitar aún más el campo de estudio de la misma y de analizar propuestas metodológicas e instrumentos que puedan sernos de utilidad.

**CAPÍTULO 3. INVESTIGACIONES SOBRE EL
APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DE LOS
CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN LAS CLASES
DE CIENCIAS**

Finalizamos esta parte analizando los resultados de las investigaciones que, de alguna manera, tienen relación con nuestro estudio, y a partir de las cuales hemos extraído conclusiones de interés para llevarlo a cabo. En este sentido, hemos examinado, con particular interés:

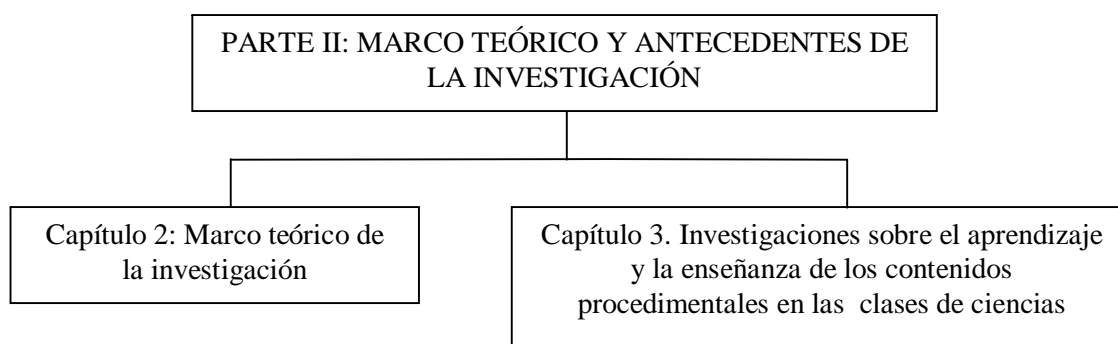
- Los estudios que muestran el grado de aprendizaje por los estudiantes de los procedimientos de la ciencia y su utilización en actividades escolares;
- Aquellos otros que analizan las propuestas de los libros de texto de secundaria, en la medida que proponen actividades para el aprendizaje de los diversos contenidos;
- Las investigaciones que han indagado sobre la visión que tienen los profesores sobre el aprendizaje de las ciencias, y, en particular, si consideran valiosos los contenidos procedimentales, si son consecuentes y si, realmente, los enseñan.

Aunque la investigación educativa ha prestado mayor atención a las dificultades que se presentan para que los estudiantes aprendan en el ámbito conceptual, muy probablemente como consecuencia de los enfoques de enseñanza predominantes en las aulas, como mostraremos a lo largo de este capítulo, poco a poco ha ido dedicando mayor interés a la problemática didáctica asociada a la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales; circunstancia a la que, en nuestro país, ha contribuido, creemos que de manera significativa, el currículum LOGSE.

En este sentido, conocer el grado en el que las clases de ciencias atienden esa problemática, analizar las estrategias didácticas y las actividades de enseñanza que puedan favorecer estos aprendizajes, examinar los obstáculos que se presentan en las aulas para lograr estos propósitos..., son referencias que han impulsado diversas líneas de investigación, algunos de cuyos resultados -aquellos que tienen una mayor relación

con los propósitos de esta Memoria- vamos a describir en el presente capítulo (figura 3.1):

- En primer lugar, revisaremos los resultados de aquellos trabajos que han analizado los aprendizajes que desarrollan los estudiantes en el ámbito de los contenidos procedimentales, como consecuencia de la enseñanza que reciben durante la Educación Secundaria, así como diversas propuestas que se han desarrollado para mejorar sus capacidades procedimentales (apartado 3.1).
- Puesto que aprender procedimientos requiere que el desarrollo del currículo de ciencias contemple la realización de actividades de enseñanza que proporcionen suficientes oportunidades para que los estudiantes pongan en práctica las habilidades correspondientes, presentaremos los resultados de aquellos estudios que han analizado hasta qué punto los libros de texto, se han hecho eco de las aportaciones de la investigación didáctica, así como de las orientaciones curriculares de la LOGSE. En particular, se examina si proponen actividades experimentales, de resolución de problemas, o bien actividades de indagación o ejercicios más limitados en sus objetivos, cuyos enfoques permitan que los estudiantes aprendan contenidos de esta naturaleza (apartado 3.2.).



3.1. Los estudiantes y el aprendizaje de los contenidos procedimentales

3.2. Los libros de texto y la enseñanza de los contenidos procedimentales

3.3. Los profesores y la enseñanza de los contenidos procedimentales

3.4. Conclusiones e implicaciones para la planificación y el desarrollo de la investigación

Figura 3.1. Esquema de la parte II

- Naturalmente, además de lo señalado en el párrafo anterior, que los estudiantes se formen o no en relación con este ámbito también requiere un decidido compromiso por parte del profesorado. En consecuencia, en el apartado 3.3 mostraremos los resultados de aquellas investigaciones que indagan sobre las concepciones que

manifiestan sobre la naturaleza de la ciencia y sobre su enseñanza, así como las ideas que poseen sobre el papel de los contenidos procedimentales, las actividades que proponen para su aprendizaje y la forma en la que los evalúan.

3.1. LOS ESTUDIANTES Y EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

En el desarrollo de este apartado hemos optado por agrupar los resultados de esta revisión bibliográfica atendiendo a tres líneas de investigación que, si bien abordan una problemática necesariamente complementaria, responden a distintos objetivos y se han desarrollado con distintas estrategias:

- Un grupo de estos estudios se han realizado con la intención de conocer el grado en el que los estudiantes han adquirido habilidades de razonamiento científico necesarias para enfrentarse con éxito a la resolución de problemas o a situaciones de carácter experimental.

Entre otros propósitos, sus autores intentan realizar un diagnóstico de la situación de la enseñanza en el contexto de determinados sistemas educativos en relación con las habilidades de investigación; también, han tenido como objetivo obtener conclusiones, de carácter general, que puedan tener aplicación en las aulas.

- Otras investigaciones, se han centrado en comprobar si el desarrollo de determinados programas y metodologías de enseñanza podrían contribuir a mejorar el aprendizaje de las ciencias.
- También examinaremos las que han tenido como uno de los objetivos fundamentales conocer en qué grado los estudiantes de secundaria muestran cierto dominio en relación con algunas habilidades científicas concretas, generalmente, con el propósito de obtener índices que permitan valorar la incidencia de la enseñanza habitual en los aprendizajes de los estudiantes en el ámbito de los contenidos procedimentales.

Ya que un grupo de habilidades a las que la investigación educativa ha prestado una mayor atención son aquellas que tienen que ver con la representación numérica, que también han sido objeto de nuestro estudio, al final de este apartado expondremos las estrategias e instrumentos que se han utilizado para conocer las habilidades de los estudiantes para elaborar e interpretar tablas y gráficas, las dificultades que encuentran y algunas consideraciones para orientar su enseñanza y aprendizaje.

3.1.1. Investigaciones de ámbito nacional e internacional sobre las habilidades de razonamiento científico en los estudiantes

En primer lugar mostraremos algunas investigaciones con muestras amplias de estudiantes orientadas al diseño de instrumentos para evaluar la eficacia de determinados proyectos curriculares e identificar las capacidades de razonamiento y habilidades intelectuales que desarrollan los estudiantes como consecuencia de la enseñanza. Y, naturalmente, como consecuencia de ello, realizar un diagnóstico del nivel de aprendizaje que han adquirido los estudiantes en relación con los procesos que caracterizan a la actividad científica.

Influenciados por las teorías de Piaget, en USA, durante los años 60 y en el marco de los planteamientos educativos del *aprendizaje por descubrimiento*, se realiza un importante esfuerzo para comprobar si las capacidades de los estudiantes para realizar los trabajos prácticos en ciencias eran las necesarias para desarrollarlos de una manera relativamente satisfactoria. Con objeto de evaluar los currículos de las distintas materias de ciencias, se preparan distintas pruebas, tanto para primaria como para secundaria, orientados a diagnosticar la formación de los estudiantes en relación con los “procesos de la ciencia”. Por ejemplo, el TIPS (*Test of the Integrated Science Process Skills*), consistente en 36 cuestiones con cuatro posibles respuestas, utilizado en secundaria (Dillashaw y Okay, 1980) con 308 estudiantes que no habían recibido una enseñanza especial en estas habilidades. Aunque el objetivo principal de esta investigación era validar un cuestionario que permitiera conocer las habilidades procedimentales de los estudiantes, los resultados que ofrecen muestran una media de aciertos -18,99 de las 36 cuestiones- que creen podría mejorar en el caso de hacer una enseñanza específica de esas habilidades.

En Israel, Tamir et al. (1982) diseñan una prueba para diagnosticar las capacidades de los estudiantes cuando realizan trabajos prácticos. A diferencia de otras pruebas, el instrumento utilizado -PTAI (*Practical Tests Assessment Inventory*)- evalúa las capacidades de investigación de los alumnos cuando trabajan en el laboratorio de Biología y fue aplicado durante 11 años a 25000 alumnos que se presentaron a las pruebas de acceso a la Universidad (18 años). Las respuestas a las tareas que deben realizar se agrupan en 21 categorías (formular problemas, formular hipótesis, identificar la variable dependiente...) y para cada una de ellas se establecen varios niveles, desde la respuesta más inadecuada a la más adecuada. En este país, con una fuerte presencia del trabajo práctico en las aulas, los resultados muestran una proporción elevada de respuestas correctas (en más del 50% de los estudiantes) cuando tienen que identificar la variable dependiente y la variable independiente, cuando deben diseñar un experimento, describir observaciones y explicar adecuadamente los resultados; pero los resultados son peores cuando tienen que formular problemas o hipótesis, incluir una prueba control o dibujar un gráfico cartesiano.

Doran et al. (1993), en EEUU evalúan a unos 1000 estudiantes del último curso de enseñanza secundaria que, en primer lugar, deben resolver un problema escrito para formular una hipótesis, desarrollar los procedimientos para recoger observaciones y datos y proponer un método para organizar la información. Posteriormente, en el laboratorio, llevan a cabo una pequeña investigación, en la que a través de una serie de pasos que se les indican, los estudiantes debían recoger datos y observaciones, realizar tablas y gráficas y obtener conclusiones. Los resultados mostraban que obtenían mayor éxito en las habilidades manuales que en las de razonamiento, y que en las tareas de Biología obtenían peores puntuaciones que en las de Química y Física, especialmente cuando tenían que formular hipótesis u obtener conclusiones.

En España, destacaremos dos clases de estudios que, en nuestra opinión, tienen particular relevancia: unos proceden de investigaciones desarrolladas, de manera específica, en nuestro país; otros son consecuencia de evaluaciones realizadas a nivel internacional, en los que hemos participado.

En relación con el primero de ellos Nieda et al. (2003) han realizado evaluaciones generales a alumnos de secundaria de ciencias para comprobar el grado de adquisición

de conocimientos curriculares que se derivan de la LOGSE. La investigación desarrollada por estas autoras durante el periodo 1998-2001 a una muestra total de 25.148 alumnos de 12 años, 24.820 de 14 y 8.236 de 16 años, utilizaba un cuestionario de 35 preguntas cerradas de opción múltiple, en el que la mayoría de las cuestiones formuladas están contextualizadas en situaciones cercanas para los estudiantes, con el fin de potenciar la transferencia de los contenidos a diversos contextos cotidianos. Algunos de los resultados relacionados con los contenidos procedimentales fueron los siguientes:

- Los procedimientos no han logrado tener en las aulas la importancia y resonancia que se pretendía en el currículo emanado de la LOGSE, especialmente en los años de Educación Primaria.
- La dificultad en el desarrollo de los procedimientos, de cualquier categoría, está altamente relacionada con el tipo de concepto al que se encuentra ligado el procedimiento que se quiere evaluar.
- La funcionalidad del aprendizaje parece tener una mínima presencia en las clases, manteniéndose principalmente una enseñanza bastante academicista y alejada de la realidad cotidiana y social de los alumnos.

Como conclusión, señalan que se debe prestar más atención al trabajo científico y experimental y a la lectura e interpretación de información gráfica y verbal lo que podría hacer pensar que la enseñanza que se está llevando a cabo es poco funcional y no se corresponde con las innovaciones que planteaba el currículo.

Además, también se disponen de datos de las evaluaciones realizadas a nivel internacional para conocer la situación de los sistemas educativos en distintos países, en lo que se refiere a los resultados de aprendizaje de los estudiantes en distintas áreas. Aunque el objetivo fundamental ha sido producir instrumentos de evaluación que generen datos de rendimiento fiables y válidos, sus resultados permiten conocer las capacidades de los estudiantes en cada país. Una de ellas (Proyecto TIMSS) se realizó durante el curso 1994-1995 en Matemáticas y Ciencias, continuación de otras como la IAEP (Evaluación Internacional de la Mejora del Rendimiento); en las dos ocasiones posteriores en las que se ha aplicado España no ha participado.

La muestra de España la componían 7.596 alumnos de 7º y 8º de EGB (12 y 13 años) - que, por tanto, no habían recibido enseñanza LOGSE-, y las pruebas estaban constituidas por preguntas de tres tipos: cerradas con 4 ó 5 opciones para elegir la correcta; abiertas, en las que los alumnos debían escribir una respuesta corta; y preguntas que requerían una explicación más extensa, en las que se solicita el relato detallado del proceso seguido para llegar a la respuesta. Aunque en estas pruebas predominan los contenidos conceptuales, también se plantean algunas cuestiones en las que los estudiantes deben demostrar sus conocimientos procedimentales; por ejemplo, analizar un experimento o proponer un diseño experimental. La puntuación de los resultados indica que España se sitúa por debajo de la media (en 8º de EGB en el puesto 27 de 41 países y en 7º de EGB en el puesto 25 de 39).

Un segundo proyecto, más centrado en el ámbito de los contenidos procedimentales que el anterior, ha sido realizado en el marco del proyecto PISA (*Programme for*

Internacional Student Assessment) –años 2000, 2003 y 2006- que ha evaluado el rendimiento escolar del alumnado de 15 años en tres áreas: lectura, matemáticas y ciencias, con un enfoque que, a diferencia de TIMSS, se centra en el concepto de alfabetización para la vida adulta, más allá de los conocimientos factuales y conceptuales (Acevedo, 2005).

La amplia muestra de estudiantes (entre 4.500 y 10.000 en cada país) y el tipo de preguntas (de elección múltiple y de respuesta abierta) –que hacen referencia a la comprensión de conceptos y, también, a destrezas científicas definidas, como los procesos mentales que están implicados en la resolución de preguntas o problemas-, dan una idea de la importancia de tener en cuenta los resultados de esta evaluación, que, aunque se encuentran en nuestro país, y en el área de las Ciencias de la Naturaleza, por debajo de la media de los obtenidos en países de la OCDE, más allá de alarmismos y distorsiones, muestran que en todos los países se debe mejorar la cultura científica de los estudiantes (Acevedo, 2005; Gil y Vilches, 2006).

Este estudio, debido a la atención que presta al diagnóstico de las habilidades de investigación, puede ser tomado como un posible modelo, de gran utilidad, para diseñar instrumentos de evaluación que busquen analizar las capacidades que han desarrollado los estudiantes.

Otros estudios se han llevado a cabo sobre muestras más reducidas de estudiantes, y aunque sus resultados carecerían de la perspectiva general que caracteriza a anteriores investigaciones, han aportado datos de interés en relación, por ejemplo, con la correspondencia de las etapas del desarrollo cognitivo propuestas por Piaget.

Así, por ejemplo, Ryman (1976) en Gran Bretaña, realiza estudios para comprobar el porcentaje de alumnos de 12 y 13 años que están en el estadio de pensamiento formal. La metodología utilizada consistía en presentar a 50 alumnos, que habían seguido los cursos Nuffield centrados en el trabajo experimental y en los “procesos de la ciencia”, un problema sobre comportamiento de las cochinillas de la humedad ante factores bióticos, acompañado de un diagrama, para cuya solución es necesario el dominio de las operaciones combinatorias. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que pocos estudiantes habían adquirido el pensamiento formal. Estudios parecidos a este se han utilizado para adecuar la enseñanza de las ciencias al estadio operatorio de los estudiantes y comprobar, como en este caso, si la transición del pensamiento concreto al formal ocurría hacia los once años como sugerían los resultados de Piaget.

En nuestro ámbito educativo, Palacios et al. (1989) aplican, a una muestra de 189 alumnos de 2º de BUP, el test de Longelot para medir aspectos del pensamiento formal, comprobando que un 9% de alumnos se encontraba en el estadio de las operaciones concretas, un 58% en transición entre las anteriores y el pensamiento formal y el 33% con las operaciones del pensamiento formal consolidadas. Posteriormente se aplicó un cuestionario que mide diferentes destrezas científicas, con objeto de analizar su demanda cognitiva y establecer una correlación con el nivel de desarrollo intelectual de los estudiantes. Los resultados obtenidos mostraban una correlación positiva entre varias de las destrezas y los valores que se deducen del test de Longelot, aunque estos autores reconocen las dificultades que presentan los cuestionarios de respuesta múltiple utilizados, ya que, al menos en este caso, la identificación de la respuesta correcta (entre cuatro) limita la interpretación de la información obtenida, sin complementarla con otras

fuentes para identificar las capacidades de los estudiantes que se han mostrado más útiles, como veremos posteriormente.

Por otra parte, Acevedo (1990) estudia el razonamiento causal (selección de los datos que se toman como evidencia de una relación causal) de estudiantes de BUP (14 a 19 años) a partir de datos de una tarea de contexto natural (crecimiento de plantas). Los resultados indican que son muy pocos los estudiantes que alcanzan el mejor nivel de razonamiento causal (aproximadamente uno de cada diez en 3º BUP y COU y ninguno en los cursos 1º y 2º de BUP); sin embargo, la mayoría sí es capaz de hacer covariaciones totales o parciales, aunque recuerdan que las dos quintas partes de los alumnos de 1º y 2º y la décima parte de 3º y COU no fueron capaces de realizar ninguna inferencia causal basada en covariaciones de los datos de la tarea, pues en ellos predominan las inferencias causales basadas en sus ideas personales o en simples concurrencias. Acevedo relaciona las mejoras que van adquiriendo los estudiantes, sobre todo a partir de 3º de BUP, en la adquisición del pensamiento formal avanzado, que aunque está relacionado con la edad se puede reforzar o frenar según el tipo de enseñanza recibida, por lo que aboga por realizar profundos cambios metodológicos en los trabajos prácticos y en la resolución de problemas para mejorar la calidad de la enseñanza.

Aunque la influencia directa de las teorías piagetianas ha decrecido, éstas han aportado conocimientos valiosos sobre el desarrollo de las ideas científicas en los estudiantes que los profesores debemos de tener en cuenta a la hora de proponerles actividades de aprendizaje, pues aunque hoy en día se considera que otros factores tienen una influencia decisiva –conocimientos previos específicos, motivación...- no se puede ignorar que un porcentaje elevado de los estudiantes que acaban la educación secundaria, incluso de los que realizan estudios universitarios, tienen dificultades para analizar o proponer actividades que reflejen adecuadamente el trabajo científico.

Las dificultades que tienen los estudiantes en relación con las habilidades que caracterizan a la investigación científica, ya sean porque los aprendizajes que se les proponen no tienen en cuenta su nivel de desarrollo cognitivo o porque la enseñanza no ha logrado aprendizajes adecuados, han promovido el desarrollo de iniciativas educativas específicas para su mejora; la evaluación de algunas de ellas, que se muestran a continuación, ha permitido a sus autores valorar sus posibles ventajas y dificultades.

3.1.2. Investigaciones relacionadas con programas y metodologías para mejorar el aprendizaje de los procedimientos científicos

Para mejorar el aprendizaje científico se han propuesto lecciones específicas dirigidas a subsanar la falta de conocimientos y capacidades en relación con los procesos de la ciencia; en otras ocasiones se ha analizado las mejoras que se consiguen si se aplica una determinada metodología o modelo de enseñanza, dirigido no sólo al aprendizaje de procedimientos, ya que, en este caso, sus objetivos son más amplios.

Investigaciones sobre la eficacia de programas y cursos para mejorar el aprendizaje de los procedimientos científicos

Estos estudios se han centrado en proponer y validar actividades específicas para superar las dificultades de los estudiantes cuando tienen que razonar científicamente; dificultades basadas, generalmente, en modelos de aprendizaje por descubrimiento que centran su atención en los procesos de la ciencia.

Al amparo de la psicología piagetiana se ha desarrollado el proyecto CASE (*Cognitive Acceleration through Science Education*), completado en 1987 y presentado formalmente en 1989 por Adey, Shayer y Yates (Adey et al., 1989), con el objetivo de que los estudiantes lograran niveles de desarrollo cognitivo superiores con mayor rapidez. Posteriormente, su utilización se ha extendido a numerosos colegios del Reino Unido con alumnos de 11 a 14 años, y aunque sus posibles efectos positivos a corto plazo parecen bastante limitados, a más largo plazo se comprueba mejoras en el rendimiento académico (Adey, 1999).

Friedler y Tamir (1986) y Tamir et al., (1998) en Israel, comparan a alumnos de ciencias de 16-17 años que habían recibido una instrucción específica sobre los elementos básicos de la investigación científica (*inquiry-oriented*) con otros que no la habían recibido. Encuentran que los primeros incrementan sus habilidades de investigación, y que el aprendizaje depende de la adquisición tanto de conocimientos en dominios específicos como de conocimiento procedimental general, por lo que, para evitar que los alumnos aprendan estas habilidades como un algoritmo separado del contenido de la materia, las experiencias propuestas se relacionan con diferentes tópicos de Biología y en diferentes contextos.

En una línea parecida a las anteriores, Toh y Woolnough (1993), trabajando con 277 estudiantes de 13 años, comprobaron que aquellos que reciben unos conocimientos explícitos sobre habilidades procedimentales cuando realizan investigaciones abiertas en el laboratorio (*open-ended laboratory investigations*), mejoran algunas habilidades de los llamados “procesos integrados” (identificación y control de variables, interpretación de datos, formulación de hipótesis, experimentación), aunque en otras no hay un avance significativo en relación con los que usan sólo conocimiento tácito.

En Francia, Dumon (1992) realiza un estudio con 50 estudiantes que entran en la universidad para realizar estudios de Química, a los que se les formularon dos problemas de laboratorio. De los resultados obtenidos se puede deducir que sus capacidades para formular hipótesis, diseñar experiencias..., son limitadas y para mejorar estas capacidades se preparan módulos (7 sesiones de 4 horas), en los que se utiliza el método científico en la resolución de problemas, encontrando que se produce una progresión en los aprendizajes procedimentales. Sin embargo, también plantean ciertas dudas sobre si no se conseguirían iguales o mejores resultados con otro enfoque distinto, y sobre si los logros conseguidos se transferirán a cursos posteriores.

Desde un enfoque más general, Zohar y Tamir (1993) en Israel, analizan la efectividad de un conjunto de actividades desarrolladas para promover el “pensamiento crítico” (*critical thinking skills*) –definido por Ennis (1989) como “pensamiento razonado y reflexivo centrado en decidir qué creer o no”- en las clases de Biología de Educación Secundaria (BCT: Biology Critical Thinking). Estos autores encuentran que si bien las

habilidades generales de “pensamiento crítico” no mejoran, las específicas, como extraer conclusiones adecuadas de los datos o aislar variables, lo hacen significativamente, por lo que recomiendan estas actividades ya que no forman un curso separado de las lecciones de Biología, sino que están incorporadas en el desarrollo normal de las clases y toman como base los procesos de la actividad científica necesarios para resolver cuestiones referentes a los contenidos conceptuales del curso.

También Lawson (2001) muestra cómo se pueden mejorar este tipo de habilidades relacionadas con la planificación de experimentos, mediante un curso dirigido a estudiantes que ingresan en la Universidad, en el que se integran actividades específicas prácticas y teóricas; aunque reconoce que no se puede asegurar que las mejoras que consiguen los estudiantes puedan generalizarse a contextos no académicos.

Esta clase de investigaciones, ha permitido comprobar que los profesores pueden actuar positivamente, por medio de actividades específicas, para mejorar las capacidades de razonamiento científico de los estudiantes, pero como se ha señalado desde la Didáctica de las Ciencias, hay que tener en cuenta que la enseñanza no se puede reducir a las habilidades y estrategias del pensamiento científico, pues los conocimientos conceptuales específicos y el dominio de habilidades diferenciadas juegan también un papel importante (Pozo y Carretero, 1987). En este sentido, aunque este tipo de programas puede conseguir que los estudiantes adquieran una visión más unificada del trabajo científico y unos conocimientos que, en cierta medida, les ayuden a resolver las situaciones problemáticas propias del aprendizaje científico, es necesario tratar el aprendizaje de las ciencias dentro de algún modelo didáctico fundamentado en unos marcos epistemológicos, psicológicos y pedagógicos coherentes.

Investigaciones sobre la eficacia de metodologías para el aprendizaje de los procedimientos científicos

Para comprobar en las aulas las ventajas didácticas de modelos de enseñanza basadas en la “metodología del descubrimiento”, se desarrollan los trabajos de Pérez de Landazabal y Rubio (1986) y Yus (1987). En ellos se evalúa el aprendizaje de dos grupos de alumnos de enseñanza secundaria en BUP -un grupo experimental y un grupo de control-, siguiendo el primero una metodología basada en el descubrimiento y el segundo una “metodología tradicional”. Los resultados que obtienen Pérez de Landazabal y Rubio les permite afirmar que el método de descubrimiento dirigido influye significativamente en: a) el rendimiento académico; b) las destrezas científicas del alumno; c) el desarrollo del razonamiento abstracto, cuando el grupo que recibe el tratamiento presenta un nivel más bajo en relación con dicha capacidad; d) y en la preferencia por actividades científicas, si ambas muestras presentan inicialmente una actitud normal hacia las ciencias.

Siguiendo un orden cronológico de los trabajos publicados en España, en el área de la Biología, Sigüenza y Sáez (1990), en una línea de “descubrimiento activo” proponen, con ejemplos, la transformación de los enunciados de los problemas para permitir que los alumnos discutan entre ellos y se prepare el terreno para que lleguen a formular preguntas que permitan su resolución; modelo que contempla el aprendizaje como un proceso discontinuo de construcción y comprobación de hipótesis, adecuado al periodo de las “operaciones formales”.

Posteriormente, la mayoría de las investigaciones, dentro de las perspectivas constructivistas, tratan de valorar propuestas en las que los estudiantes participan en actividades que se asemejan a las que realizan los científicos, pues se considera, desde los distintos ámbitos que intervienen en la enseñanza de las ciencias, que esas actividades son un componente esencial para su formación científica; sin embargo, no son estudios para, por ejemplo, conocer las dificultades que tienen los estudiantes con los distintos contenidos procedimentales que hay que utilizar, evaluar propuestas de aprendizaje para cada procedimiento o proponer secuencias de aprendizaje. Estas investigaciones tienen una naturaleza diversa: algunas describen el desarrollo de un trabajo práctico, generalmente llamados prácticas de laboratorio, sin presentar resultados, pero con el objetivo de mostrar las características que los hacen idóneos para desarrollar en los estudiantes aprendizajes científicos. Otras atienden a conocer si las actividades de aprendizaje tienen las características de un verdadero problema en el sentido que se le da hoy en día en la Didáctica de las Ciencias. Las menos a averiguar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre las distintas habilidades y destrezas que se utilizan en las actividades.

El interés de la investigación educativa en relación con este tipo de actividades se ha incrementado notablemente durante los últimos años del siglo pasado. Buena prueba de ello han sido, por una parte, la publicación de los números monográficos de *Alambique* (1994, 2006), que llevan por título *Los trabajos prácticos*, en el que se recopilan distintos artículos relacionados con esta temática, que se refieren a distintos contenidos científicos y a diferentes niveles educativos, o el “handbook”, coordinado por Perales y Cañal (2000), que dedica dos capítulos a realizar un análisis de la importancia de los trabajos prácticos –realizada por Del Carmen (2000)- y de las actividades de resolución de problemas (Perales, 2000a), en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Las propuestas actuales tratan de aplicar los conocimientos generados sobre cómo los estudiantes resuelven problemas y cómo deberían resolverlos con las nuevas ideas sobre el trabajo práctico y su aplicación en el aprendizaje de las ciencias. De esta forma se plantean las actividades de aprendizaje, ya sean de lápiz y papel o trabajos prácticos, en relación con aquellas características del trabajo científico con más potencialidades formativas: el planteamiento de situaciones problemáticas más o menos abiertas, en las que, sin duda, tienen un papel determinante los contenidos procedimentales.

En esta línea, en el campo de la genética, Ayuso et al. (1996) investigan los conocimientos de estudiantes de 4º ESO y de 1º Bachillerato y los razonamientos y estrategias que utilizan cuando resuelven con éxito problemas de genética, con distintos enfoques didácticos, y los comparan con una muestra de alumnos de COU (último curso de la enseñanza secundaria no obligatoria antes de la LOGSE), utilizando como instrumentos de recogida de datos entrevistas individuales y tareas consistentes en ejercicios y problemas que debían resolver delante de un profesor-entrevistador. Los resultados obtenidos indican que los estudiantes pueden resolver los problemas que habitualmente se les presentan aplicando unas reglas conocidas; sin embargo, la búsqueda de la solución no fomenta, necesariamente aprendizajes de tipo conceptual ni desarrolla el pensamiento hipotético-deductivo.

Para evitar esa situación formulan algunas sugerencias -que se expusieron en el capítulo 2-, que permiten reorientar los problemas de genética y que han desarrollado en otros artículos (Banet y Ayuso, 1998; Ayuso y Banet, 2002; Banet y Ayuso, 2003); en ellos

se expone la importancia de plantear a los estudiantes actividades para la resolución de “problemas auténticos”; no obstante, reconocen que aprender a partir de este tipo de actividades no es sencillo si no se plantean antes otras, como la resolución de los problemas habituales que se proponen en los libros de texto con un enfoque causa-efecto, que pueden resolverse mediante la aplicación memorística de algoritmos.

Martínez e Ibáñez (2005) comparan dos grupos de 4º de ESO que reciben instrucción en una Unidad Didáctica sobre genética y herencia. Los estudiantes del grupo experimental siguen una metodología de resolución de problemas abiertos para fomentar el cambio conceptual y procedimental, en los que se tiene en cuenta los elementos que permiten su tratamiento como una investigación: análisis cualitativo del problema, emisión de hipótesis, diseño de una estrategia de resolución, resolución y análisis de los resultados. Como resultado, los estudiantes alcanzan capacidades más complejas que les permite afrontarlos con éxito, transferir la metodología aprendida a otros tipos de problemas de genética, y mejorando también sus capacidades para resolver los que se han llamado problemas cerrados.

Varela y Martínez (1997) comparan un grupo experimental de 36 alumnos de 3º de BUP en el área de Física, con una instrucción basada en el “modelo investigativo de resolución de problemas de enunciado abierto” con un grupo control de 40 estudiantes del mismo nivel educativo que reciben una “enseñanza tradicional”. Las autoras concluyen que los alumnos de los grupos experimentales obtenían resultados significativamente superiores y de mayor calidad que los pertenecientes al grupo control, coincidiendo así con otros estudios semejantes de Martínez-Torregrosa (1987) y Ramírez (1990).

Jiménez (1998) muestra, en el proyecto RODA (razonamiento, discusión y argumentación), ejemplos de *problemas auténticos* que han tenido que resolver tanto estudiantes de primaria como de ESO y de bachillerato. Para esta autora, siguiendo a Duschl y Gitomer (1996), son *auténticos* porque implican una situación real o simulada, contextualizada en la vida cotidiana, con la complejidad de la realidad y relevante para los alumnos; también, porque permiten analizar los datos o las pruebas de la forma en la que lo harían los científicos, es decir, en relación con las hipótesis o teorías, lo que supone apropiarse de la cultura científica para producir un aprendizaje que pueda ser utilizado en otros contextos. Análisis de datos que necesita de una discusión explícita en el aula de los criterios que deciden que una hipótesis sea preferible a otras, lo que implica la utilización del razonamiento y argumentación por el que los alumnos hablando ciencias hacen ciencias. Los profesores, concluye, debemos plantear este tipo de problemas para que los adolescentes mejoren sus capacidades de razonar en términos científicos y, además, vincularlos a la investigación educativa para tener una mejor comprensión de cómo se aprende ciencias y mejorar el diseño de situaciones de aprendizaje.

La metodología que propone esta profesora, que llama “perspectiva de indagación”, ha sido investigada con estudiantes en sesiones de laboratorio de Biología (Jiménez y Díaz, 1997), en el campo del medio ambiente (Jiménez et al., 1998) y en el campo de la genética (Jiménez et al., 2000).

También, Reigosa y Jiménez (2000) analizan, con una orientación etnometodológica, cómo estudiantes de 2º de BUP resuelven *problemas auténticos* en Física, poniendo

especial atención en las estrategias y en las acciones que utilizan para la construcción del conocimiento científico. Entre los resultados que obtienen señalan las dificultades que tienen para enfrentarse a problemas abiertos, ya que perciben las prácticas como una actividad que debe seguir unos pasos correctos que deben ser indicados por el profesor; también, la mayor importancia que dan al aprendizaje de hechos o de conceptos frente al desarrollo de destrezas.

Estos autores, aun admitiendo que no es fácil la introducción en las aulas de problemas auténticos, ven necesario que su presencia sea continua para evitar una visión distorsionada de la actividad científica y la realización de los trabajos prácticos como algoritmos cerrados.

Izquierdo et al. (1999) analizan cómo alumnos de 10 años realizan “prácticas de iniciación” que permiten que generen en ellos sucesivos modelos teóricos, cada vez con mayor poder explicativo, en donde la discusión y el lenguaje sobre la experimentación hacen posible construir la ciencia escolar que necesitan. Para estas autoras son imprescindibles las prácticas, aunque por ellas mismas no se llega al conocimiento científico por lo que, recomiendan, deben elegirse cuidadosamente y de manera estratégica teniendo en cuenta, entre otros aspectos:

- a) En qué momento del proceso de enseñanza y aprendizaje se sitúa la práctica: como exploración, introducción del concepto, para estructurarlo o para aplicarlo.
- b) La actividad cognitiva que queremos impulsar (inducción, generación de hipótesis o aplicación de los nuevos conceptos).
- c) La actividad lingüística que deseamos impulsar y sobre la que los alumnos escribirán y hablarán.
- d) Los instrumentos de regulación y autoevaluación de los aprendizajes con los que los alumnos se van convirtiendo en expertos.

Daniel Gil, que ha fundamentado teóricamente la necesidad de ampliar el modelo de cambio conceptual por otro de “investigación dirigida” en el que se tenga en cuenta los procedimientos y actitudes, ha propuesto, en Física, la transformación de los enunciados de los problemas “clásicos” (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987a) y de las prácticas de laboratorio (Gil y Valdés (1996), en programas-guías de actividades para llevar a la práctica en las aulas (Furió y Gil 1978; Gil, 1982; Gil y Martínez-Torregrosa, 1987b). Sus propuestas, junto con las ideas aportadas principalmente por los diversos modelos constructivistas, han permitido que numerosos profesores introduzcan en sus clases metodologías innovadoras; la publicación del análisis de estos trabajos ha servido para comprobar la eficacia o los inconvenientes del modelo de enseñanza y aprendizaje que propugnan y, en menor medida, los aprendizajes concretos que alcanzan los estudiantes y las dificultades que encuentran.

Silva y Vasconcelos (2004) en Portugal, siguiendo el modelo de aprendizaje de resolución de problemas por investigación, con 26 alumnos de 14-16 años, dentro de un “programa de intervención” (10 tiempos lectivos de 90 minutos cada uno) para responder a la pregunta “¿acabará la playa de Granja desapareciendo?”, obtienen como resultados que aprenden tanto aquellos estudiantes que habitualmente tienen mejores

rendimiento, como los de menor rendimiento, sobre todo en cuanto a competencias, aumentó la motivación, desarrolló actitudes de trabajo cooperativo, la búsqueda de información, el análisis de textos científicos y las capacidades procedimentales.

Más recientemente, Martínez et al. (2005) analizan la viabilidad de estos enfoques de resolución de problemas como investigación en primer ciclo de la ESO, los papeles del profesor y de los estudiantes, así como las dificultades, los recursos necesarios... Como conclusiones de este estudio, en el que se desarrolló la Unidad Didáctica “Materia y Energía en los ecosistemas”, se destaca que los estudiantes consiguen:

- Aplicar y utilizar de forma adecuada la metodología de resolución de problemas como investigación. Es decir, fueron capaces de percibir qué información/es precisaban para solucionar sus dudas conforme cerraban el problema y de formular hipótesis idóneas, que les han permitido llevar a cabo las estrategias y la resolución del problema de forma coherente.
- Llevar a cabo un procedimiento de resolución de problemas más próximo a una visión actualizada de la ciencia, que les permite vislumbrar cuál es el papel de la ciencia.
- Aprender los contenidos conceptuales involucrados en el planteamiento y resolución del problema.
- Realizar un proceso de enseñanza-aprendizaje que les permite tener una visión más coherente y más crítica sobre temas medioambientales.
- Percibir su papel activo, en la toma de decisiones, favoreciendo su motivación y autoestima.

Con estos planteamientos, los estudiantes construirían una imagen más real de la ciencia, y les llevaría a considerarla como una actividad humana, no exclusiva de los científicos. Además, trabajar con situaciones problemáticas cercanas a la realidad del alumno, favorecerá que la ciencia deje de ser vista como algo lejano y difícil.

Otras investigaciones se han orientado a identificar las estrategias que utilizan los “expertos” para resolver los problemas planteados, con la esperanza de enseñar a los “novatos” los procesos que siguen aquellos, o las dificultades que se encuentran los estudiantes para llevar a cabo con éxito estas tareas con el propósito de obtener estrategias para su mejora (Perales 1994; 2000b). Si bien estas investigaciones han permitido conocer más a fondo las distintas variables y estrategias que intervienen en la resolución de problemas, la realidad es que hay una ausencia de metodologías específicas en los programas oficiales y en los libros de texto educativos y que aún hay numerosos interrogantes que quedan sin responder.

Aunque los trabajos sobre la resolución de problemas ha dado sus frutos y se conocen las características que deben poseer para hacerlos más efectivo en el aprendizaje de las ciencias, García y Oñorbe (2006) consideran que la investigación sobre esta temática ha disminuido considerablemente, y aparecen muy pocos trabajos que puedan ser utilizados en las clases o que impliquen novedades respecto a las aportaciones anteriores. Como señala recientemente Nieda (2006), estos estudios señalan que, a pesar

de que las investigaciones demuestran la necesidad de una enseñanza de las ciencias en la que los trabajos prácticos, con las características que los hacen más eficaces, tengan un papel protagonista, la situación actual es que en los centros de enseñanza –por lo menos en la Comunidad de Madrid donde se ha realizado el trabajo, tienen un lugar subsidiario, a pesar del impulso promovido desde la reforma curricular y la Didáctica de las Ciencias y, en el mejor de los casos, son un complemento comprobatorio de la teoría.

Concluiremos nuestro análisis sobre los antecedentes en relación con el problema 1 de nuestra investigación, analizando algunas de las investigaciones que han intentado comprobar los aprendizajes que desarrollan los estudiantes de secundaria en el ámbito de los contenidos procedimentales; en particular, aquellas que tienen una mayor relación con las referencias principales de esta Memoria.

3.1.3. Investigaciones relacionadas con el aprendizaje de procedimientos específicos

En este sentido habría que señalar que, con excepción de las investigaciones que tienen que ver con las representaciones numéricas, que más adelante desarrollaremos y, en mucha menor medida, con la observación, hemos encontrado muy pocas de ellas, con alumnas y alumnos que han seguido el currículo LOGSE, que presenten resultados referidos a los niveles de aprendizaje en relación con las habilidades y destrezas más específicas que son el objetivo de nuestra investigación: planteamiento de problemas, formulación de hipótesis, diseño de experiencias o la obtención de conclusiones. La mayoría se limitan a conocer cómo llevan a cabo pequeñas investigaciones, sin profundizar en sus distintas capacidades procedimentales.

Así, por ejemplo, Díaz y Jiménez (1996) constatan los pocos trabajos sobre la interpretación de observaciones y de estructuras biológicas en el contexto de las clases prácticas, y sobre los problemas que existen para su adquisición y evaluación en los diferentes niveles educativos. Estos autores analizan las ideas previas y la interpretación que estudiantes de Enseñanza Secundaria y de Magisterio hacen de las imágenes microscópicas que observan, identificando algunas de las de las dificultades que encuentran: la falta de destrezas técnicas para conseguir una muestra para su observación viable y para enfocarla adecuadamente. Como causas señalan la falta de interés en la actividad que están desarrollando y, la más compleja de solucionar, que no todas las imágenes se interpretan con la misma facilidad ni todos poseen la misma capacidad para interpretarlas.

En otro artículo, Díaz y Jiménez (1997) plantean la observación microscópica en el contexto de una actividad práctica desde la perspectiva de indagación (*inquiry*), para analizar qué características deberían tener las prácticas de microscopio y cómo se enfrentan los estudiantes a este tipo de tareas, encontrando que, respecto a una práctica de microscopio estándar se producen más interacciones entre los estudiantes, lo que indica una mayor implicación, y, además, es necesario que el estudiante se enfrente a una serie de aspectos (búsqueda de información, aplicación de conocimientos, resolver un verdadero problema, etc.) que en una práctica estándar no ocurre, por lo que de esta forma estas actividades se hacen más productivas.

Para Jiménez (1998) los llamados procesos integrados para la planificación de experimentos y obtención de conclusiones, requieren de capacidades de razonamiento y argumentación. En este trabajo, utilizando el modelo teórico de Toulmin (1958), analiza, con ejemplos concretos de aula, las pautas de razonamiento que utilizan los estudiantes en las discusiones entre ellos y con los profesores, haciendo así patente el papel de las hipótesis, la comprobación experimental, los datos y las conclusiones que se puedan obtener de ellos.

Otro conjunto de procedimientos que tienen una amplia representación en las aulas son los que se utilizan para la representación y el análisis de datos, pues basta echar una mirada a los manuales escolares para comprobar que los principales instrumentos que se utilizan para ello (tablas y gráficas) son frecuentes, incluso desde el inicio de la Educación Secundaria Obligatoria.

Aunque las investigaciones relacionadas con estas habilidades son relativamente recientes, y no muy numerosas en nuestro ámbito educativo, no ha sido así en otros países, en los que se vienen analizando, desde hace tiempo, tanto las habilidades que poseen los estudiantes para elaborar o interpretar tablas y gráficas, como el papel que estas habilidades tienen en una educación científica que ha cambiado de objetivos en estos últimos tiempos. A continuación analizaremos algunas de las conclusiones de la investigación educativa relacionada con estas habilidades, en referencia a tres aspectos: las estrategias e instrumentos que se utilizan para analizar la adquisición de estas habilidades por los estudiantes, las dificultades que encuentran y las orientaciones que se proponen para mejorarlas.

Estrategias e instrumentos para analizar las habilidades de los estudiantes en relación con tablas y gráficas.

En cuanto a los instrumentos de recogida de información, la mayoría de los estudios analizados suelen utilizar cuestionarios de respuesta múltiple y, en menor medida, entrevistas y grabaciones en vídeo y audio. Algunos autores como Craig y Smith (1994) o Roth y McGinn (1997) critican el uso de los cuestionarios para obtener una información suficientemente válida, ya que éstos no serían capaces de discriminar las respuestas correctas de las incorrectas; por tanto no medirían las capacidades reales de los estudiantes. Para estos investigadores, estas capacidades se ponen en juego en un marco social, por lo que es más adecuado realizar entrevistas que se graben en vídeo o audio; también, resultan estrategias de interés la toma de notas de campo, o el análisis directo de las producciones de los estudiantes.

Lemke (2002) se refiere a tablas y gráficas como un lenguaje que expresa significados, como un recurso semiótico más, junto con palabras, símbolos y acciones, al que se le pueden aplicar procesos de análisis paralelos al lenguaje verbal. A través de esta comparación con los textos escritos, como fuentes de información, se han propuesto distintos niveles para valorar las competencias de los estudiantes en relación con las gráficas. En líneas generales serían información local e información global (Leinhardt et al., 1990; Carswell et al., 1993; Swan y Phillips, 1998). Por información local se refieren a aquella centrada en valores puntuales de la gráfica o de la tabla; por información global aquella basada en la totalidad de la gráfica para buscar tendencias o hacer inferencias; capacidades que, para estos autores, resultan más difíciles de adquirir

que las correspondientes a la información local, pues requieren procesos de abstracción complejos para la mayoría de los estudiantes.

Postigo y Pozo (2000b) reconocen la diferencia entre información local y global como base para proponer niveles de aprendizaje, pero ven limitaciones en esa distinción, pues hay un continuo en la capacidad de procesamiento e interpretación de la información derivada de las gráficas. Como consecuencia de ello, proponen otros niveles de procesamiento de la información, distinguiendo entre: *información explícita*, centrada en la identificación de los elementos de la gráfica; *información implícita*, que supone identificar patrones y tendencias entre las variables; e *información conceptual*, como un tercer nivel que se basa en los dos anteriores, pero que necesita de otros conocimientos relacionados con el contenido que representa la gráfica para realizar interpretaciones, explicaciones o predicciones. De una forma similar Curcio (1987) propone tres niveles de respuestas al interpretar una gráfica: lectura de datos, lectura entre datos y lectura más allá de los datos. De la misma forma, creemos, estos distintos niveles son aplicables también a tablas de datos.

La aplicación de estas categorías, junto con el estudio de los errores que cometen los estudiantes al elaborar o interpretar tablas y gráficas, puede permitir sentar las bases para el análisis de las actividades didácticas que se proponen a los estudiantes, a la vez que aporta criterios para una posible secuencia de estas formas de representación numérica.

La información obtenida en los distintos trabajos se ha analizado, en algunos casos, teniendo en cuenta las referencias teóricas en las que se basa. Así, las teorías piagetianas han servido para clasificar las tareas de elaboración e interpretación de gráficas; de esta forma se han confeccionado taxonomías para analizar las respuestas de los estudiantes, como la SOLO (*Structure of the observed learning outcome*, Biggs y Collis, 1982), que propone cuatro niveles en orden creciente de complejidad de las respuestas - uniestructural, multiestructural, relacional y contextual-, en función de los factores o de las variables que se tienen en cuenta para interpretar la información, que nos permita conocer hasta dónde ha llegado el aprendizaje.

En la misma línea de asociar las distintas habilidades a los diferentes estadios piagetianos, otros autores (Padilla et al., 1986; Lake, 1999) analizan las habilidades de estudiantes de secundaria sobre gráficas por medio de tests como el TOGS (*Test of graphing in science*) de McKenzie y Padilla (1986). Este instrumento consta de 26 items de elección múltiple, y se orienta a conocer diversas habilidades de construcción e interpretación de gráficas, como asignar variables a los ejes adecuados, escalar ejes, interpolar o extrapolar.

Principales dificultades que encuentran los estudiantes en relación con las tablas y las representaciones gráficas

A pesar de las indiscutibles ventajas que se les reconocen a tablas y gráficas, todos los estudios analizados se hacen eco de las dificultades que tienen los estudiantes para aprovecharse de las mismas (McKenzie y Padilla, 1986; Craig y Smith, 1994); incluso, en ocasiones, constituyen obstáculos que pueden perjudicar la comprensión del texto que acompaña a estas representaciones (Crisp y Sweiry, 2003). Como consecuencia de ello, es necesario conocer estas dificultades para poder analizar, posteriormente, si los

profesores son conscientes de las mismas y si los libros de texto proponen actividades para superarlas.

En este sentido, la Epistemología Genética piagetiana ha sido utilizada para establecer relaciones entre el desarrollo de esta clase de capacidades y el grado de adquisición de los diferentes estadios que enmarcan los procesos y estructuras, mediante los que las personas construyen el conocimiento científico. Por ejemplo, Wavering (1989) realiza un estudio con alumnos y alumnas de primaria y secundaria, en el que establece 9 categorías a la hora de clasificar las habilidades de construcción de gráficas, que van, desde las más deficientes a las más completas, encontrando que conforme aumenta la edad de los escolares sus resultados son mejores, asociándolo a los diferentes estadios piagetianos: así, las categorías inferiores se corresponden con tareas como ordenación simple o doble en las que son necesarias las capacidades características del estado de las operaciones concretas; las categorías superiores requieren tareas de razonamiento proporcional y correlacional, propias de las estructuras del pensamiento formal. Se deduce, por tanto, que la enseñanza de las gráficas debe comenzar desde los cursos inferiores con tareas adecuadas al nivel de razonamiento de los estudiantes, para acabar con otras en las que los datos utilizados sean generados por ellos a partir de experimentos y tareas más complejas.

Bandiera et al. (1995) estudian en Italia las capacidades de 109 estudiantes que han finalizado la enseñanza secundaria, para interpretar una gráfica compleja (con 5 variables y 4 líneas de gráfica) por medio de la valoración de ocho frases referentes a diversas tareas de interpretación de la misma. Encuentran que, después de la lectura y el análisis de los datos y de los textos correspondientes a una gráfica cartesiana, las conclusiones que extraen los estudiantes no se realizan con el necesario rigor metodológico, sino que parecen ser elaboradas, exclusivamente, a partir de convicciones personales anteriores y de sentido común, en base a lo que “debería haber sucedido”, a veces incluso en directa contradicción con los datos que estas representaciones proporcionan. También, Foulds et al., 1992 (citado en Martínez y García 2003) y Leach (1999) señalan que los estudiantes, al interpretar datos, se guían más por sus conocimientos previos que por los propios datos, aunque resulten contradictorios con los resultados obtenidos.

En otros casos, los estudiantes no reconocen el papel que tienen las ideas teóricas en la interpretación de datos, circunstancia señalada por Ryder y Leach (2000) al estudiar en Gran Bretaña cómo alumnos de los últimos cursos de secundaria y de inicio de universidad eligen frases sobre sus puntos de vista en relación con la interpretación de datos de tres gráficas que quieren representar un mismo fenómeno. Los resultados confirman que el grupo más numeroso creen en la primacía de los datos para interpretar las gráficas, en consecuencia, afirman que si hubiera más cantidad de datos ayudaría a decidir entre dos explicaciones; estos estudiantes no reconocen el papel de las ideas contenidas en los modelos explicativos que hacen posible explicar los datos.

Haciendo un breve resumen, la revisión de las investigaciones que analizan las dificultades de los estudiantes con las gráficas nos muestran que:

En relación con su interpretación:

- Identifican las líneas de la gráfica como una representación esquemática, como un dibujo de la situación (Leinhardt et al., 1990; Preece y Janvier, 1993; Craig y Smith 1994; Swann y Phillips, 1998; Tairab y Al-Naqbi, 2004).
- Confunden el mayor aumento (o disminución) con el mayor (o menor) valor, (Craig y Smith, 1994).
- No identifican el tipo de variación: por ejemplo, linear o no linear, (Swan y Phillips, 1998).
- No distinguen, de manera adecuada, intervalos y gradientes (Swann y Phillips (1998).
- Existen dificultades cuando tienen que coordinar dos variables (Swann y Phillips, 1998).
- Cuando deben referirse a un intervalo se confunden dando el valor de un punto (Bell y Janvier 1981; Leinhardt et al., 1990).
- Identifican mayor pendiente con máximo valor o mínimo (Bell y Janvier, 1981; Leinhardt et al., 1990)
- Tienen dificultades para la extrapolación de datos (Aguinaga, 2002).
- Reconocen aspectos puntuales de la gráfica (título, número y nombre de las variables...), pero no llegar a interpretar la información representada (Postigo y Pozo, 2000).
- Ven la interpretación de datos sólo como su descripción o bien buscan la correlación entre dos variables (Driver et al., 1996).

En cuanto al mayor o menor grado de dificultad a la hora de interpretar diversos tipos de gráficas, en función de la naturaleza de estas representaciones, Craig y Smith, (1994) y Padilla et al. (1986) indican que el orden de menor a mayor dificultad sería el siguiente: gráficas circulares, de barras y de líneas. Para Nieda et al. (2004), las gráficas de sectores o de barras son interpretadas aceptablemente por el 60% de los estudiantes de 12 años, y a los 14 años mejoran sensiblemente (un 75% de aciertos), pero si aumenta el nivel de dificultad, por los conceptos implicados o por el número de variables, el porcentaje baja al 45-55%. Esta mejora se hace más perceptible a los 16 años con diagramas de barras y de funciones, pero si el tema les es lejano o la dependencia conceptual es grande, el porcentaje baja.

También se ha estudiado la influencia del número y tipo de variables. En este sentido, Postigo y Pozo, 2000 encuentran que para extraer información explícita mostrada en una gráfica, las variables nominales tienen menos dificultad que las ordinales, aunque no ocurre lo mismo cuando la información que se obtiene es implícita o conceptual. Además, una información con dos variables resulta más compleja que con una y apuntan, que el procesamiento que realizan los alumnos suele ser superficial, limitándose a la lectura de datos, dirigiendo su atención sobre aspectos puntuales de la gráfica. En general los estudiantes de todas las edades, dicen, suelen tener problemas

cuando, más allá de este nivel elemental de obtención de información puntual, deben interpretar la información representada en una gráfica.

En relación con las dificultades de los estudiantes en la elaboración de gráficas hemos encontrado menos estudios. Entre ellos, resaltamos el de Padilla et al. (1986) en EEUU con estudiantes de secundaria (grados 7 a 12), en el que señalan que escalar los ejes es la habilidad más difícil cuando se construyen gráficas. Esta misma dificultad es puesta de manifiesto por Barquero et al., (2000), en un estudio con estudiantes de secundaria y universitarios que realizan e interpretan representaciones visuales a partir de un texto de Biología; además observan que, en general, no titulan sus producciones.

También con alumnos universitarios -primer curso de la Diplomatura de Maestro-, Aguinaga (2002) encuentra que aproximadamente el 15% tienen dificultades para elaborar e interpretar una gráfica tipo depredador-presa. Algunas de estas dificultades son debidas a que los estudiantes:

- No sitúan los ejes correctamente.
- Tienen dudas al hacer el escalado de los ejes.
- Separan en dos zonas contiguas del área de la gráfica las dos líneas resultantes.
- No extrapolan adecuadamente, ya que esta tarea resulta compleja para algunos estudiantes.
- Carecen del lenguaje preciso para mostrar las variaciones cuantitativas y cualitativas.

En la revisión de la bibliografía efectuada no hemos encontrado referencias específicas sobre las dificultades de los estudiantes que han seguido el currículo LOGSE en relación con las tablas a excepción del trabajo realizado por Niedo et al. (2004). En este estudio encuentran que a los 12 años el 75% sabe leer información de una tabla de datos, aunque si se les presenta otra en la que aumenta el número de datos, el porcentaje baja al 50%; proporción que no mejora a los 14 años. Aunque a los 16 los resultados son más satisfactorios, si la interpretación de la tabla necesita de conocimientos más complejos el porcentaje de los que saben leer la información baja hasta un 37%.

Como en otros campos del aprendizaje científico, algunos trabajos relacionan los errores que cometen los estudiantes con los conocimientos y habilidades previas que son necesarios para elaborar e interpretar tablas y gráficas. Así, en el campo de las matemáticas, Leinhardt et al. (1990) se atribuyen a intuiciones erróneas que surgen de la experiencia diaria y que son anteriores a la enseñanza formal, o a verdaderos errores conceptuales, que resultan de la generalización abusiva de una concepción esencialmente correcta, o de su interferencia con el conocimiento cotidiano. Según estas investigadoras, para calificar un error como conceptual, debe haber un sistema de ideas bien formuladas, no simplemente la justificación de un error; por lo tanto ese error se debe manifestar en distintas circunstancias y ser explícito, más que tácito y aleatorio: por ejemplo, la tendencia a interpretar las gráficas icónicamente se relaciona con sus intuiciones al leer estas representaciones como dibujos, o a la tendencia a tratar como una función lineal cualquier serie de datos.

El conocimiento de estas dificultades y sus posibles causas ha permitido a algunos investigadores proponer aquellas condiciones y características que pueden facilitar el aprendizaje de estas formas de representación de datos.

Algunas consideraciones para orientar la enseñanza y aprendizaje de tablas y gráficas

Otras investigaciones han analizado los factores que pueden influir, de manera positiva, en las capacidades de los estudiantes para interpretar y elaborar esta clase de representaciones numéricas. Aunque la mayoría de los resultados presentados sobre las dificultades de los estudiantes se refieren a sistemas educativos distintos del nuestro, y los escasos estudios llevados a cabo en España, aun siendo de interés, se han desarrollado en niveles educativos superiores a la ESO (Aguinaga, 2002) o no son del área de Ciencias de la Naturaleza (Postigo y Pozo, 2000), podemos extraer algunas conclusiones que nos servirán para contrastar con las que obtengamos en nuestra investigación.

Manejar tablas y gráficas supone cuantificar las relaciones entre dos o más series de datos, que según el número y el tipo de variables que intervienen, implica la adquisición de un razonamiento abstracto, de menor o mayor complejidad, que no todos los estudiantes han adquirido. En este sentido, aunque los estadios piagetianos proporcionan una base para la clasificación de tareas -según niveles de dificultad creciente en función de las formas de pensamiento y las estructuras cognitivas que se van adquiriendo desde la infancia a la adolescencia-, y por lo tanto permitiría su aplicación a tablas y gráficas, desde estos planteamientos no se tienen en cuenta variables como el *contexto de tarea*, que puede hacer que incluso niños de 7 u 8 años puedan a veces comprender las gráficas de línea y de puntos en mayor medida de lo que se había supuesto (Philips 1997, citado en Swan y Phillips, 1998).

A este *contexto de tarea* o de la situación en la que se presentan tablas y gráficas hay que prestarle especial atención (Preece y Janvier, 1993; Swann y Phillips, 1998; Roth et al., 1999), pues para algunos autores (Johnson-Laird (1980): citado en Perales y Jiménez, 2002; Newton y Merrell 1994), las personas construyen representaciones mentales cuando interactúan con su medio, con textos, con imágenes o con la combinación entre ellos, lo que les permite no sólo interpretarlas, sino también hacer predicciones a partir de ellas. Así, los datos representados se “leen” y usan para construir un modelo de la situación y luego son olvidados; cuando haya que recordar e interpretar los datos se usará el modelo mental construido, más que la realidad original de la que se partió. Si el contexto de la tarea no es significativo para el estudiante o éste ha construido un modelo de la situación que no se corresponde con el que debe derivarse de la tarea, se dificultará su interpretación; al contrario, si el contexto de la tarea le permite formar un modelo adecuado ésta se facilita.

Esos autores expresan, así, la necesidad de un aprendizaje dentro de dominios específicos de conocimiento –también en la representación numérica- que se deben enseñar explícitamente, y no –como ya vimos en el capítulo 2- como capacidades generales aplicables a cualquier campo del conocimiento científico, como los modelos educativos derivados de las teorías piagetianas han podido interpretar.

Precisamente en una investigación para comprobar el efecto del contexto en la interpretación de gráficas, Preece y Janvier (1993) comparan la que realizan los estudiantes de dos ejemplos de gráficas, con los mismos elementos y parecidos dibujos de línea, y comprueban que aquella que representaba una situación más conocida por el estudiante y que no producía confusión icónica, era entendida en mayor medida. También Leinhardt et al. (1990) afirman que, con frecuencia, estudiantes que pueden resolver gráficas o funciones en matemáticas son incapaces de aplicar este conocimiento a las ciencias.

Shah y Hoeffner (2002) reconocen tres factores que influyen en cómo se interpretan las gráficas: las características de la representación (tipo de gráfica, color, etc.); el conocimiento sobre gráficas disponibles por el lector; y el contenido al que se refiere la gráfica (por ejemplo, edad *versus* peso). Respecto al primer factor proponen una serie de características que ayudan a conseguir un contexto que facilita la interpretación de las gráficas:

1. Elegir el formato de gráfica en función del objetivo de la comunicación (por ejemplo, gráficas de líneas para tendencias)
2. Utilizar formatos múltiples para comunicar los mismos datos.
3. Reducir las demandas de la memoria de trabajo, esto es, la cantidad de información contenida en la gráfica.
4. Elegir los colores cuidadosamente.
5. Elegir cuidadosamente las proporciones y la densidad de datos (el tamaño de la gráfica)
6. Hacer consistentes la gráfica y el texto (guiar la interpretación de la gráfica a través del texto)

Sin embargo, este contexto no se refiere exclusivamente a las características formales de la representación gráfica, o a las relaciones conceptuales que se necesitan comprender para realizar la actividad. Para Roth y Bowen (2001), las gráficas actúan como objetos semióticos, cuya relación con el fenómeno que representan se establece con un considerable esfuerzo pues, incluso científicos y técnicos, tienen parecidas dificultades a los estudiantes si el tema al que se refieren las gráficas no es de su especialidad. Para Roth y Bowen (1994), Roth (2002), Lemke (2002) y Warwick y Siraj-Blatchford (2006), tablas y gráficas, como formas de representación, surgen de la práctica de actividades científicas que requieren la cooperación con otros, y es en ese *contexto de actividad científica escolar* donde tiene lugar la comunicación, el que puede facilitar su utilización y donde se debe producir el aprendizaje. Por lo tanto, si se quiere que estas formas de representación numérica sean aprendidas funcionalmente, los estudiantes deben de participar en actividades en las que planifiquen y recojan datos junto a otros sectores –padres, activistas, científicos...- para, por ejemplo, solucionar problemas de la comunidad.

Más allá de estas indicaciones generales, no hemos encontrado en nuestra revisión bibliográfica ni en las orientaciones de la LOGSE ni en los propios libros de texto,

referencias para la enseñanza de tablas y gráficas o para su secuencia en los distintos niveles educativos, aunque apenas las hay tampoco en relación con otros contenidos procedimentales (Pro, 1997, 1998b). Parece que, desde el punto de vista de su aprendizaje, predomina la idea, relativamente extendida, de que serían las matemáticas la disciplina con mayor responsabilidad a la hora de abordar estos contenidos, sin que fuera necesario que otras materias tuvieran que contribuir, de manera importante, a la formación de los estudiantes en relación con estas habilidades -mediante la planificación y la secuencia de actividades específicas a lo largo de los distintos cursos-, limitándose, más bien, a aplicar los conocimientos adquiridos en matemáticas a las clases de ciencias.

Como hemos visto a lo largo de estos apartados, las investigaciones sobre las capacidades de los estudiantes para utilizar los contenidos procedimentales son desiguales en su temática, y aunque ponen de manifiesto las dificultades que éstos tienen para aprender, no llegan a proponer y concretar orientaciones para la enseñanza y aprendizaje de estas habilidades. Situación que contrasta con las numerosas investigaciones que, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, se han llevado a cabo en relación con las “concepciones alternativas” o con el “cambio conceptual”. Es decir, son escasos los estudios desarrollados sobre la enseñanza y el aprendizaje de habilidades y destrezas relacionadas con la planificación y el desarrollo de investigaciones (formulación de hipótesis, realización de diseños experimentales, control de variables...), con el manejo de instrumentos, aparatos científicos, con las habilidades de comunicación..., y sobre cómo pueden contribuir la Biología, la Geología..., al desarrollo de estas capacidades en los estudiantes durante la educación obligatoria.

Además de las dificultades de aprendizaje por parte de los estudiantes, los libros de texto pueden favorecer/dificultar su formación. Los enfoques con los que estos materiales curriculares desarrollan los distintos contenidos científicos, así como las oportunidades que las actividades que propongan puedan favorecer el aprendizaje de habilidades de investigación, son circunstancias que, junto a los criterios del profesorado, inciden en la atención educativa que en las aulas se preste a los contenidos procedimentales.

En el siguiente apartado revisaremos algunas de las investigaciones desarrolladas sobre las características de las actividades que proponen los libros de texto -nos centraremos, preferentemente, en los libros editados en España ya que los materiales didácticos tienen una problemática distinta en cada sistema educativo- que, de alguna manera, puedan implicar la puesta en práctica de contenidos procedimentales (tanto en trabajos prácticos como en actividades de lápiz y papel), prestando una particular atención a tablas y gráficas, ya que son representaciones que, ya sea para su elaboración o para su interpretación, son frecuentes en cualquiera de los cursos de ESO.

3.2. LOS LIBROS DE TEXTO Y LA ENSEÑANZA DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

Es evidente que los libros de texto actuales no son sólo unos materiales donde se comunica un extracto de los saberes alcanzados en determinados ámbitos del conocimiento, sino que también han ido incorporando, con mayor o menor medida y acierto, otros aspectos relacionados con dicho conocimiento que pueden resultar de

utilidad para el aprendizaje de los estudiantes, como textos complementarios, para su lectura y análisis, fotografías, dibujos, esquemas, experiencias..., que apoyan al texto principal, en el que se suelen desarrollar los contenidos curriculares de carácter conceptual, y actividades para la enseñanza y el aprendizaje de la materia.

Aunque el Proyecto para la Reforma de la Enseñanza de 1987 y la LOGSE (1990) potenciaban la elaboración de proyectos curriculares, unidades didácticas y materiales didácticos por parte de los profesores, para que éstos fueran protagonistas activos en el diseño y la puesta en práctica de las nuevas orientaciones educativas, fue únicamente durante los primeros años de implantación de la LOGSE cuando se fomentaron esta clase de iniciativas, en un intento de que en las aulas se utilizaran otros materiales distintos a los clásicos libros de texto: cuadernos de trabajo, artículos periodísticos sobre temas de interés, utilización de medios audiovisuales o de programas informáticos... Se difundieron, así, distintos materiales elaborados por algunas editoriales, por los Centros de Profesores o por las propias administraciones educativas, con planteamientos que atendían a modelos constructivistas. Una muestra de ellos aparece en el primer número de la revista “Alambique” de Didáctica de las Ciencias en el año 1994.

Sin embargo, las recomendaciones para que los profesores elaboraran los materiales de enseñanza han tenido poco resultado (Gimeno, 1995), por lo que la utilización de libros de texto ha seguido siendo la tónica habitual en las clases de ciencias (García-Rodeja, 1997; Del Carmen y Jiménez, 1997; Otero, 1997; Del Carmen, 2001; García y Martínez, 2001; Cañal y Criado, 2002, entre otros). Así, por ejemplo, en el marco de una investigación realizada sobre la utilidad de las actividades y recursos de enseñanza, de los 200 profesores de ciencias de ESO encuestados por Martínez y García (2002), más del 90% afirman que utilizan habitualmente un libro de texto, aunque se complementen con otros recursos (prensa diaria, revistas especializadas, películas temáticas, internet, ...).

No obstante, aún con el peso específico que tienen en la enseñanza de las ciencias, hasta hace unos pocos años no ha habido un especial interés por analizar el papel de los libros de texto en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Jiménez y Perales, 2001), aunque esa situación va cambiando, como reconoce posteriormente Perales (2006a).

3.2.1. Investigaciones sobre las características de las actividades de los libros de texto

En relación con el tratamiento que dan los libros de texto a los contenidos procedimentales, como consecuencia de las actividades que proponen, la investigación se ha centrado, de manera preferente, en los trabajos prácticos, asociados casi siempre a las actividades de laboratorio y, sólo recientemente, a aquellas otras que, en contraposición, y como describiremos en el capítulo siguiente, se han denominado como actividades de lápiz y papel, ya que no requieren la utilización de materiales o instrumentos para su realización.

Las actividades de lápiz y papel en los libros de texto y el aprendizaje de contenidos procedimentales

Las actividades de lápiz y papel son las más frecuentes en los libros de texto, por lo que es necesario conocer en qué medida contribuyen al aprendizaje de los contenidos

procedimentales, pues bien planteadas también pueden proporcionar situaciones para el aprendizaje de algunos de estos contenidos.

Las investigaciones analizadas se refieren a actividades cuya finalidad principal es el aprendizaje conceptual –cuestiones-, a resolución de problemas en los que no se pone en práctica una actividad experimental y a otras en las que para el aprendizaje de tablas y gráficas.

Así, por ejemplo, en el estudio de Martínez y García (2002) citado anteriormente, se señala que las actividades de lápiz y papel que proponen los libros de texto predominan sobre los trabajos prácticos y, además, un 82,4% de los profesores reconocen que la finalidad de esas actividades es básicamente conceptual.

En un trabajo complementario, Martínez y García (2003), analizan un total de 1.340 actividades de todo tipo, incluidas en tres libros de texto de amplia difusión de Educación Primaria (Conocimiento del medio) y primer ciclo de ESO (Ciencias de la Naturaleza). En cuanto al enfoque de las actividades señalan que la mayoría de ellas tienen como objetivo la aplicación de la teoría desde el ámbito conceptual y apenas tienen presencia las que permiten resolver problemas por medio de pequeñas investigaciones, por lo que los estudiantes tienen escasas oportunidades para aplicar contenidos procedimentales para “hacer ciencia”.

También Roca (2005), cuando analiza las “cuestiones” que contienen algunos libros de texto de 2º ciclo de ESO de ciencias, en el tema relacionado con “Las enfermedades infecciosas”, llega a la conclusión de que muchas de las actividades que proponen se plantean, simplemente, como preguntas reproductivas; es decir, demandan al estudiante únicamente encontrar la respuesta en el propio texto y copiarla, y, por lo tanto, se limitan a actividades dentro del ámbito conceptual y con nulo o bajo nivel de razonamiento.

Las investigaciones que analizan la presencia de actividades de “resolución de problemas” -generalmente planteadas como actividades de lápiz y papel- en relación con los contenidos procedimentales que pueden promover, son muy escasas (Perales, 2000b) y generalmente se refieren al área de Física y Química. Perales y Martos (1997) señalan que a pesar de que en los libros de texto LOGSE que revisaron hay un avance en el papel atribuido a la resolución de problemas respecto a los anteriores, esto no supone, en modo alguno, que esta clase de actividades ocupe un papel central en la enseñanza, tal y como preconiza el modelo didáctico por investigación.

En el área de Biología, la investigación se ha centrado en los llamados “problema de genética”. Ayuso et al. (1996) y Banet y Ayuso (1998), han analizado su tratamiento en los libros de texto de secundaria y concluyen que fomentan una mecanización en su resolución que impide que se ponga en práctica los conocimientos adecuados, renunciando a abordar estos problemas como pequeñas tareas de investigación y no contribuyendo a poner en práctica procedimientos característicos de la actividad científica.

Mayor interés ha tenido la investigación en las tareas que los libros de texto proponen a los estudiantes en relación con las representaciones numéricas; circunstancia que tiene que ver con la importancia de estos instrumentos en el desarrollo del trabajo científico.

En este sentido, algunos autores como Wolf-Michael Roth, que desde Canadá ha dirigido numerosas investigaciones sobre el papel de tablas y gráficas en la enseñanza de las ciencias y ha teorizado sobre su aprendizaje, señala el gran número de gráficas que se muestran en los libros de texto de secundaria y en los artículos científicos. Así, por ejemplo, en cinco revistas de ecología analizadas con un total de 2500 páginas había más de 420 gráficos cartesianos (Roth et al., 1999).

También Lemke (2002) analiza revistas científicas como *Science* y *Nature* y diversos libros de texto de ciencias experimentales de niveles avanzados y encuentra una gran cantidad de representaciones visuales (tablas, diagramas, gráficas, dibujos...). Sin embargo, cuando Roth et al. (1999) comparan las gráficas que aparecen en libros de texto de Biología de enseñanza secundaria y las que aparecen en revistas científicas, encuentran que las de estas últimas proporcionan más recursos para facilitar la lectura de las mismas, así como descripciones e interpretaciones más elaboradas; por ejemplo, los textos que acompañan a las gráficas son más completos, y estas representaciones se relacionan con situaciones empíricas y con modelos teóricos.

En Gran Bretaña, Kearsy y Turner (1999) preguntaron a estudiantes de 14 a 16 años y a profesores, su opinión sobre dibujos, diagramas, gráficas, viñetas..., en sus textos escolares de ciencias. El resultado de este estudio es que los estudiantes son más pragmáticos y críticos que los profesores, y proponen la eliminación de las figuras que no son necesarias y la inclusión de diagramas claros; por otra parte, los profesores se dejan llevar más por las buenas fotografías.

Para estos autores, la efectividad positiva que se les supone a las ilustraciones -en las que se incluyen tablas y gráficas-, depende de varios factores: de su explicación en el texto principal, de su forma de presentación en el libro, así como de la experiencia previa del propio lector. Sin embargo, advierten sobre si el hecho de su proliferación pudiera ser, más bien, un atractivo visual con fines comerciales, que una ayuda para transmitir la información necesaria. En todo caso, señalan que la eficacia de estas representaciones no se debe suponer automática, y que es necesario dotar a los estudiantes de estrategias para obtener una información extra, que ayude a comprenderlas.

Perales y Jiménez (2002), en un artículo que dedican al papel de las ilustraciones en los libros de texto, analizan estas formas de representación en temas de Mecánica de secundaria y primaria. Aunque su estudio no se refiere específicamente a tablas y gráficas, sus conclusiones pueden ser una hipótesis de trabajo aplicables a ellas, ya que también son formas de ilustración. Estos autores encuentran que existe una deficiente conexión entre textos e imágenes, así como una carencia de etiquetas verbales en las ilustraciones, que dificultan la comprensión de la información. Como los anteriores autores, señalan que esto sería debido a que se utilizan masivamente en los libros de texto las ilustraciones para su “embellecimiento”, con la falsa creencia de que “atraen” más a los lectores, idea que si bien es válida en el mundo de la publicidad, carece de justificación empírica en el ámbito de la enseñanza.

Es decir, como señala Lemke (2002), en los libros de texto se produce una pérdida de elementos contextuales que dificultarán su comprensión por parte de los estudiantes. Esta situación, que creemos que puede ser extrapolable a los libros que se utilizan en nuestro país, de no ser corregida por la enseñanza de los profesores, puede hacer que el

aprendizaje de tablas y gráficas sea deficiente y repercute, además, negativamente en las tareas en las que se utilice los datos representados, como cuando tienen que obtener conclusiones.

Con respecto a la interpretación que deben realizar los estudiantes cuando se presentan actividades de resultados numéricos o gráficos en los libros de Ciencias de la Naturaleza de primaria y de 1º ciclo de ESO, Martínez, y García (2003), consideran que es prácticamente anecdótica, y que constituye una deficiencia importante para la enseñanza de las ciencias dada la importancia que tienen en el aprendizaje científico.

Más recientemente, García (2005) analiza 202 representaciones gráficas cartesianas de 15 libros de texto de Física y Química y de Química de Bachillerato en España, con el objetivo de comprobar su uso didáctico y científico y el volumen de información que contienen. Algunos de sus resultados son los siguientes:

- En relación con su uso didáctico, un 81,2% tienen un carácter expositivo, es decir, las gráficas se utilizan para describir principios o fenómenos; el 14,9% se utilizan para formular preguntas o problemas, planteados o resueltos; sólo el 4.0% tienen un uso instrumental, es decir, se utilizan como herramientas dentro de un proceso de aplicación experimental propuesto en el libro de texto. Estos resultados, afirma, pueden indicar que los autores de los textos conciben las gráficas como representaciones del conocimiento científico, aisladas de sus procesos de producción; es decir, desvinculadas del planteamiento y solución de problemas, y de los procesos de experimentación. De esta forma:

«se presenta a los estudiantes las gráficas como objetos acabados, más que como el fruto de una actividad científica en la cual no se separan la teoría, las prácticas intelectuales, las prácticas de laboratorio y la resolución de problemas... El limitar el uso de las representaciones gráficas cartesianas sólo a la exposición de hechos no ofrece posibilidades para que los estudiantes puedan realizar prácticas de interpretación y construcción utilizando las representaciones cartesianas incluidas en los textos» (García 2005, p. 185).

Es decir, a menudo se presentan las gráficas sin ninguna relación con la producción del conocimiento científico, que implique una integración de teorías, problemas y experimentos.

- Por otra parte, al analizar el volumen de información interno de las gráficas (escalas, nombres de los ejes y título, fórmulas, datos, iconos, signos y símbolos) y externo (referencias explícitas a la gráfica, inclusión de prácticas científicas asociadas a la elaboración de la gráfica, referencias a los conceptos, fórmulas, variables y fenómenos cotidianos asociados a la gráfica) encuentra que: a) aumenta el volumen de información tanto del interior como del exterior de la gráfica cuando ésta presenta un uso didáctico instrumental; y b) esta información es menor cuando su utilización tiene un carácter científico, tal vez debido al objetivo de proveer a este tipo de gráficas de un elevado grado de abstracción.

Los trabajos prácticos en los libros de texto y el aprendizaje de contenidos procedimentales

Una de las circunstancias sobre la que ha llamado reiteradamente la atención la investigación educativa, al analizar los trabajos prácticos que se proponen en los libros de texto, tiene que ver con el enfoque de estas actividades para comprobar si cumplen los objetivos que se señalan desde la Didáctica de las Ciencias; entre ellos ser el principal vehículo para el aprendizaje de contenidos procedimentales. Algunos de los trabajos que inciden en estas circunstancias y las conclusiones que obtienen se señalan a continuación.

Bastida et al. (1990), tras analizar 219 prácticas de Biología de 61 libros de texto de EGB, BUP y COU y 31 libros de prácticas editados en la década 76-85 indican que:

- En cuanto a los contenidos procedimentales que plantean, se constata el predominio de actividades informativas, de observación y manipulativas y/o instrumentales, en detrimento de aquellas otras de planificación (formular hipótesis, planificar controles, diseñar experimentos, búsqueda de bibliografía...), evaluación, interpretación y aplicación. De todas las prácticas analizadas, sólo una requiere la elaboración del correspondiente diseño experimental. El 47% no demanda de forma explícita ninguna actividad para obtener resultados, y si lo hacen es respondiendo a un cuestionario en base a observaciones cualitativas. Por otra parte, encuentran una abrumadora supremacía de actividades cerradas (92%), en las que los estudiantes deben limitarse a seguir fielmente unos pasos perfectamente prefijados, frente a aquellas en las que se les concede cierta iniciativa.
- En relación con su enfoque, el 31% de las actividades se limitan a comprobar los conocimientos teóricos de la lección en la que se encuentran; el 66% son concebidas como un complemento de la teoría; mientras que sólo el 2,2% tienen contenido propio e independiente del texto.
- En lo que se refiere a la temática implicada, por regla general, se relaciona, sobre todo, con intereses claramente disciplinares, con objeto de preparar a los alumnos y alumnas para estudios superiores, y no con situaciones reales de la vida del alumno, con su propia experiencia vital.

Como conclusiones, estos autores afirman que las prácticas *«parecen aceptar que el conocimiento no es problemático, es decir, que es posible alcanzarle mediante simples observaciones y presentan una imagen de la ciencia empirista, en la que los modelos conceptuales no tienen un papel determinante»* (Bastida et al., 1990, p.82).

También Tamir y García (1992), al analizar las prácticas de laboratorio en libros de texto de ciencias de enseñanza secundaria, llegan a conclusiones semejantes a las de los anteriores autores, pues señalan que los enfoques con los que generalmente se plantean, implican la puesta en práctica de capacidades de bajo nivel de indagación, centradas en la observación, medida, manipulación y descripción de resultados; en muy pocos casos se ponen en juego capacidades de razonamiento más elevadas, como la formulación de preguntas e hipótesis o la elaboración de diseños experimentales. Además, resaltan la escasa relación que existe entre la teoría y la práctica que también se puede comprobar, incluso, en libros de texto preparados especialmente para la indagación, como los

aparecidos en los años 60-70 en EEUU. A conclusiones similares llegaron García et al., (1999), cuando analizaron libros de texto y de prácticas de Física de BUP, COU y de primer curso de carreras universitarias.

Un estudio de Rivera e Izquierdo (1996), que se centró en el análisis de los experimentos propuestos por los libros de texto de Física y Química, también anteriores a la LOGSE (BUP y COU), comprueban que ninguno de ellos se plantea su desarrollo para explicar fenómenos; que el trabajo de laboratorio está poco integrado en los contenidos que presentan en el libro de texto y, en general, se lleva a cabo con independencia de éste; y que, en muy pocos casos, hay inducciones teóricas a partir de los experimentos. Sin embargo, lo que más abunda son referencias experimentales ilustrativas (de lo que se ha explicado o mencionado sobre hechos, fenómenos, leyes...). A la vista de los resultados, concluyen que la visión de la ciencia que muestran estos libros es que no se necesitan los experimentos para convencer a sus lectores de la adecuación de la correspondiente teoría científica, dando la impresión de que se concede poca importancia al método científico y que bastan algunas referencias a la realidad para ilustrar una teoría que se describe sin fisuras.

Tampoco los nuevos libros de texto adaptados a la LOGSE han supuesto la renovación que era necesaria; así, Jaén y García-Estáñ (1997), en un artículo en el que revisan la situación de los trabajos prácticos en Geología, encuentran que en los libros de texto analizados de 3º y 4º de ESO:

- Son pocas las actividades que se enfocan a partir de situaciones cotidianas de los alumnos.
- No se promueven trabajos prácticos de investigación y los que reciben ese nombre son realmente experimentos dirigidos.
- La mayor parte son “experiencias” sencillas sobre simulaciones de procesos naturales (cristalización, plegamientos...) para promover, fundamentalmente, la observación, y a partir de ahí la interpretación del fenómeno, con lo que se induce la idea de que la Geología se ha construido observando y luego proponiendo teorías explicativas. Además, son escasos los diseños de experiencias y en algunos casos hay actividades de demasiada dificultad.
- Generalmente se proponen “ejercicios”: como la realización de tablas, gráficos (que a veces precisan la recogida de datos); interpretación de tablas y gráficas, y “cuestiones” sobre contenidos conceptuales, planteados a partir de la lectura de documentos.

Fernández y Gavidia (2001) presentan los resultados del análisis de 166 prácticas de laboratorio de ESO y Bachillerato, correspondientes a 30 libros de texto de Biología-Geología, y destacan que no ha habido una transformación en el planteamiento de esta clase de actividades, pues la mayoría se limitan a proponer un protocolo estricto que el alumno debe seguir. Además, se plantean como actividades individuales, sin referencia a los aspectos teóricos que enmarcan la práctica y sin proponer un apartado específico para la reflexión sobre la adquisición de nuevos conocimientos o la evaluación de la actividad.

García y Martínez (2003) analizan 98 actividades prácticas en libros de texto de primaria y 1º ciclo de ESO en el área de Ciencias de la Naturaleza, encontrando que:

- Los trabajos prácticos son anecdóticos en los textos escolares.
- Sus objetivos se centran en el aprendizaje de conocimientos conceptuales, en la comprobación de la teoría y en el desarrollo de técnicas, excluyendo procedimientos relacionados con la planificación de investigaciones (emisión de hipótesis, diseño de pruebas/ensayos...), debido a la inexistencia de actividades orientadas a desarrollar las capacidades de indagación de los estudiantes.
- Aunque los procedimientos relacionados con la organización de la información están presentes en las actividades prácticas, se potencian aquellos de menor complejidad ya que requieren una descripción simple, minimizándose otros de especial relevancia, como el establecimiento de relaciones.
- No se fomenta la interpretación de resultados cuantitativos, a pesar de que en ocasiones los estudiantes deben obtener datos pesando, midiendo...
- Después de la observación, los procedimientos con mayor presencia en las actividades son los relacionados con la comunicación, aunque ésta se limita a la redacción de frases cortas para hacer descripciones, sin que se tengan que realizar informes más detallados, relegándose el lenguaje, que tanta importancia tiene para realizar interpretaciones.

Las mismas autoras (Martínez y García 2003), en otro trabajo ya comentado concluyen que, en las actividades de los libros de texto de ciencias, los procedimientos de comunicación y organización de la información son los predominantes, seguidos a distancia por los de observación e interpretación, mientras que apenas se formulan actividades que requieren la planificación y obtención de conclusiones.

Jaén et al. (2004), tras analizar varias unidades didácticas de libros de texto de Biología y Geología de 3º y de 4º de ESO señalan que las actividades para desarrollar contenidos procedimentales son minoritarias, y si se plantean salidas al entorno o investigaciones sencillas es siempre con guiones cerrados y con un elevado grado de dirección.

En un trabajo reciente, Calvo y Martín (2005) analizan libros de texto de Química y señalan también algunas deficiencias en el planteamiento de las actividades experimentales: son “tipo receta”; necesitan un material específico de laboratorio; no suelen requerir la toma de datos o la justificación de lo que sucede como consecuencia del desarrollo de la experiencia; tampoco es frecuente la realización de estudios o interpretaciones gráficas, diseños experimentales, la elaboración de informes o el trabajo en grupo.

Pero no sólo se han señalado las carencias para el aprendizaje de las habilidades de investigación, también se afirma (Solbes y Vilches, 1998; Fernández et al., 2002) que los libros de texto contribuyen a mostrar una imagen de la ciencia y de los científicos alejada de los problemas reales del mundo (medio ambiente, contaminación, uso de energías alternativas...), que presentan las teorías y las leyes sin conexión con los problemas que tratan de resolver y con los que se relacionan, o que dan una imagen

neutral de la ciencia y de los científicos, por encima de las ideologías, que ignora los graves conflictos históricos y su papel dinamizador del propio desarrollo científico.

3.2.2. Aportaciones relacionadas con el planteamiento de las actividades de los libros de texto para mejorar su eficacia formativa

Evidentemente, en el desarrollo de estas líneas de investigación también se pueden encontrar sugerencias y propuestas para la modificación de los enfoques de las tareas que los textos escolares proponen a los estudiantes, con objeto de mejorar la calidad de la educación. Algunas de ellas se presentan a continuación.

Desde una perspectiva general, García y Martínez (2001) señalan que, aun existiendo un esfuerzo por mejorar los materiales didácticos para la enseñanza de las ciencias en primaria y ESO, las sugerencias que se realizan desde la investigación educativa se suelen situar en un plano teórico, que no ayuda a que los profesores podamos llevar a la práctica estas propuestas. En este sentido, estos autores señalan las siguientes consideraciones, que recomiendan a los autores de los libros de texto de ciencias:

- Incrementar la apertura y dimensión de las actividades, en ocasiones muy atomizadas.
- Utilizar aquellas que insistan en la predicción-observación-explicación.
- Desarrollar la metacognición para favorecer las relaciones conceptuales y la reflexión sobre la propia acción.
- Desarrollar la elaboración y comunicación de argumentos, la búsqueda de información...

Por otra parte, Roca (2005) plantea algunas características que deberían ser tenidas en cuenta para el diseño de actividades de lápiz y papel:

- Predominio de las cuestiones productivas frente a cuestiones reproductivas.
- Planteamiento de demandas claras y coherentes frente a las ambiguas, y que sitúe el nivel o modelo al que se hace referencia, frente a otros que pueden tener distintos niveles de respuesta.
- Formulación de cuestiones contextualizadas frente a otras sin sentido.

Como resumen podemos señalar algunas de las características de las actividades de lápiz y papel que proponen los libros de texto: limitan la participación intelectual de los estudiantes; se presentan, en ocasiones, descontextualizadas del conjunto de la lección y responden a situaciones supuestamente experimentales orientadas a la obtención de un resultado.

En cuanto a las características que deberían tener los trabajos prácticos, en general, se señalan sobre todo las deficiencias con que se presentan en los libros de texto, y aunque implícitamente se pueden deducir las ideas que permitirían diseñar actividades

prácticas, no se llega a proponer consejos detallados sobre los distintos elementos que harán que este tipo de actividades ayuden al aprendizaje de las ciencias. En este sentido, García Barros (2000) indica algunas orientaciones generales:

- a) Hacer planteamientos variados, utilizando las prácticas con distintos fines (uso de técnicas, observaciones/descripciones, comprobar y evaluar ideas/modelos...).
- b) Plantear prácticas más teóricas, es decir, evitar el inductivismo e insistir en los aspectos interpretativos, de forma que el alumno piense a través de la acción y no se limite a ejecutar esta última.
- c) Introducir en algunas ocasiones prácticas más abiertas e investigaciones que den oportunidad al alumno a responder preguntas interesantes y motivadoras.

En definitiva, aunque creemos que tanto profesores como alumnos necesitan materiales didácticos escritos, como son los textos escolares, éstos pueden tener un efecto positivo en el aprendizaje de las ciencias o bien contribuir a crear más problemas. Ello dependerá, por un lado, de que las propuestas didácticas tengan en cuenta los resultados de las investigaciones sobre la efectividad de esta clase de tareas en el aprendizaje de las ciencias; por otro, de que los profesores adopten una actitud crítica ante los contenidos y los enfoques de estas actividades en los libros de texto, de manera que permita, en la medida de lo posible, una utilización adecuada de estos materiales didácticos (Perales, 2006). De otra manera, serán las editoriales las que suplanten al profesorado en la elaboración del proyecto curricular (Parcerisa, 1996; Travé y Cañal, 1997; Sánchez y Valcárcel, 2000; Perales, 2006), ya que cualquier libro de texto contiene una propuesta didáctica explícita o implícita (Jiménez Valladares, 2000).

De la revisión bibliográfica realizada se echa en falta estudios más analíticos, en los que se presente la forma en la que los libros de texto muestran los distintos contenidos procedimentales, el contexto didáctico que permite relacionarlos entre sí y, también, con los conceptos y teorías con los que se encuentran relacionados, el grado de dificultad de cada procedimiento o su secuencia en los distintos niveles educativos. A la vez, también ha puesto de manifiesto que la investigación desarrollada en esta línea no ha sido suficiente, como tampoco lo han sido los estudios realizados en relación con la ESO, etapa educativa claramente diferenciada.

3.3. LOS PROFESORES Y LA ENSEÑANZA DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

El papel de los profesores en tiempos de cambio, como en estos momentos ocurre en nuestro país, es, sin duda, particularmente relevante (Porlán y López, 1993; Gil, 1993; Porlán et al., 2000). Cuando los sistemas educativos proponen nuevas metas formativas, será su práctica docente la que determine, en mayor medida, el éxito o el fracaso de cualquier reforma (Tobin et al., 1994; Porlán y Rivero, 1998; Fernández et al. 2002).

Como consecuencia de ello, la investigación en didáctica de las ciencias ha prestado una especial atención a analizar los sistemas de formación de profesores, sus concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje y sus actuaciones en el aula, con el objetivo de identificar aquellas circunstancias que pudieran mejorar los aprendizajes de los

estudiantes; aprendizajes que se vienen mostrando inadecuados, tanto desde el punto de vista mayoritario de los docentes, como desde los resultados presentados por las evaluaciones académicas realizadas a nivel nacional e internacional.

En este apartado, presentamos en primer lugar, las investigaciones sobre las concepciones que los profesores mantienen sobre la naturaleza de la ciencia, que sin duda influyen en las que tienen sobre la enseñanza de los procedimientos, que será objeto del segundo apartado. Por último nos acercaremos a los estudios desarrollados para conocer sus opiniones sobre el papel de los contenidos procedimentales y las actividades que los desarrollan y cómo los planifican en su enseñanza.

3.3.1. Concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia

Ya desde la década de los cincuenta del siglo pasado se vienen desarrollando investigaciones sobre las concepciones de los profesores, y se presentaron los primeros datos que ponían de manifiesto que los docentes de primaria y secundaria poseen unos puntos de vista inadecuados sobre la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, es a partir de la segunda mitad de los años 80 cuando se manifiesta una creciente preocupación por las concepciones de los profesores sobre la ciencia y su enseñanza (Fernández et al., 2002), poniéndose de manifiesto la necesidad de modificar la epistemología «espontánea» del profesorado.

Aunque son numerosos los estudios sobre las concepciones de los profesores, nos referiremos sobre todo a los realizados en España en los últimos años. Además, en este trabajo no pretendemos analizar, en sentido amplio, las ideas de los profesores en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sino que se centra en la importancia que los docentes de ciencias naturales conceden a los contenidos procedimentales.

Estas investigaciones se han centrado en futuros maestros de primaria, y en menor medida en profesores de enseñanza secundaria en formación (Campanario, 1998); también se han realizado algunas investigaciones con profesores en activo.

En este sentido, la mayoría de los estudios realizados han puesto de manifiesto que los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento y del trabajo científico (Porlán et al. 2000, citan los trabajos de Pope y Gilbert, 1983; Gordon, 1984, Gil, 1991; Lederman, 1992; Kouladis y Ogborn, 1995).

Fernández et al. (2002) revisan las concepciones del profesorado sobre la actividad científica que suponen un obstáculo para la renovación de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, así como los numerosos estudios que se han desarrollado en relación con esta línea de investigación. Entre ellas, destaca la que asocia la epistemología de la ciencia a los puntos de vista positivistas (empirista-inductivista); concepción mayoritaria entre los profesores (Martín, 1994; Porlán, 1994, 1995; Porlán y Martín, 1996; Barberá y Valdés, 1996; Pro, 1998a, entre otros), que se refleja cuando los manifiestan que existe un método único y universal para acceder al conocimiento científico, que consistiría en la aplicación rigurosa de un conjunto de pasos ordenados - observación, elaboración de hipótesis, experimentación de dichas hipótesis y enunciado final de teorías-; también cuando sostienen que este método es válido en todas las situaciones.

Esta visión que, como ya manifestamos en el capítulo 2, ha sido dominante hasta la primera mitad del siglo veinte, se ha ido modificado hacia concepciones más amplias y complejas, que deberían ser tenidas en cuenta en la enseñanza de las ciencias. Mostraremos, a continuación, algunos de los trabajos más recientes en nuestro país, que analizan y matizan los resultados de estas investigaciones.

La existencia de esa visión única y lineal es matizada por diversos autores. Así, por ejemplo, Acevedo (1994), en un estudio de caso con un grupo de aspirantes a profesores de ciencias de enseñanza secundaria, muestra que, aunque muchos profesores tienen rasgos empiristas, su posición es más compleja, ya que hay una diversidad de puntos de vista y que, en muchos casos, muestran planteamientos distintos ante situaciones diferentes, y sus posiciones no pueden asociarse con una orientación filosófica particular; resultados coincidentes con los obtenidos por Kouladis y Ogborn, (1989), que ponen de manifiesto que un 40% de los profesores muestran posiciones eclécticas.

También Mellado (1996), utilizando entrevistas clínicas para investigar las concepciones sobre la ciencia y su enseñanza de dos maestros y dos profesores en formación, detectó en los entrevistados una falta de reflexión previa sobre la naturaleza del conocimiento científico, por lo que no poseen una concepción definida ni coherente sobre el conocimiento científico. No obstante, al igual que Porlán (1994), encontró referencias tópicas al método científico que expresa así: *«No tienen una concepción definida sobre el conocimiento científico coherente en todos sus aspectos y, más que una concepción única para cada profesor, deberíamos hablar de unas orientaciones o tendencias dominantes, pero manteniendo contradicciones»* (Mellado, 1996, p. 293).

Porlán et al. (2000), a partir de varios estudios desarrollados con futuros maestros de EGB y con maestros en activo, señalan que si bien entre ellos predomina el empirismo como imagen de la ciencia, también existen otros modelos con una presencia significativa, que los autores llaman racionalismo y relativismo moderado.

Sin embargo, Martínez et al. (2001) encuentran que el 81% de los aspirantes a profesores encuestados considera el conocimiento científico como un producto de la actividad humana y del contexto cultural, alejándose por tanto de una idea rígida sobre el concepto de ciencia.

Esta variedad de puntos de vista no puede hacer olvidar que existen concepciones docentes sobre la naturaleza de la ciencia que, sean mayoritarias o no, resultan inadecuadas, y que Fernández et al. (2002) agrupan en algunas categorías, entre las que destacamos las siguientes:

- Concepción empiroinductivista y atórica, que resalta el papel de la observación y de la experimentación «neutras» (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso el puro azar, olvidando la importancia de las hipótesis como focalizadoras de la investigación, y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles como orientadores de todo el proceso.
- Concepción rígida de la actividad científica, que presenta el «método científico» como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta, por otra parte, lo que supone el tratamiento cuantitativo, el control riguroso, etc., olvidando –o, incluso, rechazando– todo lo que significa invención, creatividad, duda...

- Visión descontextualizada, socialmente neutra de la actividad científica, que ignora, o trata muy superficialmente, las complejas relaciones CTSA, (Ciencia-tecnología-sociedad-ambiente). De hecho, las referencias más frecuentes a las relaciones CTSA que incluyen la mayoría de los textos escolares de ciencias se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997), cayendo así en una exaltación simplista de la ciencia como factor absoluto de progreso.

Algunas de las causas que pueden explicar estas concepciones se relacionan con la propia enseñanza científica recibida por los profesores que, incluso en la Universidad, se basa en la transmisión de conocimientos; concepciones que se diferencian poco de las de cualquier ciudadano, ya que su formación apenas contempla conocimientos sobre la filosofía de la ciencia (Mellado, 1996; Porlán et al., 2000; Fernández et al., 2002); conocimientos que podrían ayudar a una mejora en el desempeño profesional de los profesores.

Además, hay una falta de reflexión crítica, que hace que los docentes aceptemos implícitamente una visión inadecuada de la ciencia (Fernández et al. 2002), que se va transmitiendo a las siguientes generaciones de estudiantes y de futuros profesores. Con el tiempo, dice Mellado (1996), los profesores construyen modelos simplificados que les permiten actuar y que les resultan cómodos y no conflictivos.

Y es que, en muchos casos, los profesores -y también los alumnos- poseemos verdaderas preconcepciones o ideas previas, no sólo sobre conceptos científicos disciplinares (Vázquez, 1994), sino también sobre la naturaleza de la ciencia y su enseñanza (Fernández et al. 2002; Mellado, 2003), que son responsables de la enorme resistencia a cambiar los puntos de vista sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, Bell y Pearson (1992) han expresado, con rotundidad, la importancia que tiene la epistemología de los docentes para la renovación de la enseñanza de las ciencias: *«Empieza a comprenderse que, si se quiere cambiar lo que los profesores y los alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso previamente modificar la epistemología de los profesores»* (Fernández et al., 2002).

3.3.2. Concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias

Enlazando con en el apartado anterior, en primer lugar, cabe resaltar, como acabamos de señalar, la existencia de una estrecha relación entre los puntos de vista del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia y sus concepciones docentes, de forma que si los primeros son inadecuados, probablemente también lo serán en relación con la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales.

A esta circunstancia se refieren Porlán et al. (2000), cuando muestran su acuerdo con la hipótesis central de Pope y Gilbert (1983): la concepción positivista y empiro-inductivista de las ciencias está en consonancia con la versión absolutista de la verdad y del conocimiento. Así, los profesores que sostienen esta concepción de la ciencia, del contenido del currículo y de la manera de enseñar a los estudiantes pondrán poco o ningún énfasis en las ideas de los estudiantes y en su participación activa y considerarán

que la observación es el punto de partida de cualquier investigación que siguiendo un riguroso método conduce a la confirmación o a la elaboración de una teoría.

Martínez et al. (1993), mediante encuestas a profesores en formación de secundaria y de primaria y a profesores en activo de EGB y BUP, concluyen que *“la formación docente se concibe como un proceso autodidacta centrado en el ensayo-error, influenciada por la docencia del sentido común y próxima al paradigma tradicional artesanal”* (Martínez et al. 1993, p. 29).

Porlán (1994, 1995) y Porlán et al. (2000), la enseñanza de las ciencias se suele asociar, mayoritariamente, con la que solemos denominar tradicional, como muestra la revisión que realizan estos autores sobre los estudios empíricos sobre las concepciones didácticas de los profesores. Como una conclusión de estos análisis, se señala que existe una tendencia mayoritaria a concebir la enseñanza como *“una actividad centrada en la explicación del profesor, con los contenidos como eje director de la dinámica de la clase y controlada y dirigida por el profesor”*, si bien, *“tras las prácticas de enseñanza en que participaron, los alumnos tendían a rechazar el carácter teoricista y enciclopédico de la enseñanza tradicional”* (Porlán et al. 2000, p 513).

En la misma línea, los resultados presentados por Furió et al. (2001) muestran que la mayor parte del profesorado de enseñanza secundaria, en formación y en activo, manifiestan unas posiciones didácticas que se pueden encuadrar en la llamada *enseñanza tradicional*.

Este enfoque de enseñanza tiene su base en un currículo que sigue la estructura y lógica disciplinares, que pone un énfasis especial en los contenidos conceptuales que deben ser memorizados por los estudiantes y que concibe las experiencias prácticas como una serie de instrucciones detalladas que se deben seguir para llegar a comprobar la teoría (Jiménez, 2000). Por lo tanto, los procedimientos de la ciencia se conciben como procedimientos algorítmicos e instrumentales que por sí solos van a permitir que los estudiantes lleguen a comprender las teorías sin tener en cuenta sus ideas alternativas o su participación en la resolución de problemas auténticos para obtener aprendizajes significativos.

No obstante, como sucedía con los puntos de vista de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia, se ponen de manifiesto creencias y prácticas alternativas a la enseñanza tradicional (Mellado 1996; Martínez et al. 2001). Por ejemplo, esa orientación educativa se ve matizada en el trabajo de Aguirre et al. (1990), que apuntan que si bien más del 40% de los profesores de secundaria en formación inicial tienen ideas sobre el aprendizaje de la ciencia como un proceso de recepción del conocimiento por parte de los alumnos, un 27% lo considera como un cambio en los conocimientos que éstos ya poseen. Posteriormente, Martínez et al. (2001), consultan, mediante un cuestionario, a 211 futuros profesores de enseñanza secundaria y encuentran que ante las distintas preguntas sobre su conocimiento didáctico y profesional, un porcentaje elevado de ellos se posicionan, dentro de las posturas más abiertas y constructivistas. En este sentido, Powell (1994) indica que existe disparidad entre las concepciones sobre la ciencia de un profesor y las que tiene sobre la enseñanza y aprendizaje, como comprobaremos, posteriormente, en otros estudios.

Por tanto, de la misma forma que tampoco es posible situar en un único modelo sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, asignar a los profesores de ciencias todas las características negativas que se ha atribuido a la *enseñanza tradicional*, es simplificar demasiado el problema y supone no tener en cuenta los distintos elementos que concurren en el desarrollo de la enseñanza, o la diversidad y la complejidad de los puntos de vista del profesorado sobre el aprendizaje de las ciencias. Y es que la mayoría de los profesores no tienen una posición teórica acabada que respalde su práctica.

Así, Fernández y Elortegui (1996), en un estudio con profesores de EGB y secundaria, asistentes a actividades de formación y perfeccionamiento, agrupa los puntos de vista de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias en cinco modelos docentes diferentes: transmisor, artesano, tecnológico, descubridor y constructor; aunque, añaden, que no se puede adscribir cada profesor a un único modelo didáctico, ya que: *“pensamos que no se puede desechar sin matices ningún modelo y que, de hecho, todo docente utiliza varios en función de las circunstancias”* (Fernández y Elortegui 1996, p. 339).

Porlán et al. (2000) también identifican y describen tres modelos didácticos entre los maestros en activo y entre los futuros maestros: tecnológico, tradicional y alternativo, dependiendo de la experiencia escolar y de la especialización que posean; aunque el modelo tradicional es mayoritario en los docentes de mayor experiencia, los especializados en ciencias conciben el conocimiento escolar como un proceso técnico muy dirigido por el profesor, aunque también hay una posición minoritaria más cercana a concepciones relativistas, abiertas y complejas del modelo alternativo.

De la misma forma, Mellado (1996), cuando estudia las concepciones sobre la naturaleza y la Didáctica de las Ciencias y su relación con la conducta en el aula, de cuatro profesores al final de su formación inicial, al impartir una lección de ciencias, encuentra que en cada uno de ellos coexisten varios modelos, a veces de forma contradictoria, aunque se aprecia una aparente orientación constructivista del aprendizaje, con frecuencia, el valor que se concede a las ideas de los estudiantes es muy diferente en cada caso.

En definitiva, dice, no hay una relación directa entre las concepciones epistemológicas de los profesores y la práctica del aula. Sin embargo, esto no quiere decir que dicha práctica sea fácil de modificar, pues las creencias pedagógicas de los profesores son muy estables, debido a que han adquirido un *“pensamiento docente de sentido común”* durante sus años como alumno y que apenas cambia durante la formación inicial (Mellado, 1996; Mellado, 1998, Copello y Sanmartí, 2001). Una manifestación de esta permanencia de las ideas adquiridas como consecuencia de la práctica diaria, es la distinción radical entre teoría y práctica (Vázquez et al. 2002). Si bien, como dicen estos autores, no es que no se pueda diferenciar entre una actividad de campo o de laboratorio y otra de aula, el hábito de las prácticas separadas de las clases teóricas, si no cuenta antes con las aclaraciones pertinentes, *«puede llevar a la consideración de que la observación y la teoría son independientes, y a la primera precedente y jerárquicamente superior a la segunda»* promoviendo así un *reduccionismo empirista*, patente, por ejemplo, en las prácticas planteadas como recetas a seguir, antes que como problemas a resolver.

Por lo tanto, las ideas de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias surgen de la reflexión sobre su práctica docente, que, como hemos visto, se adscribe en mayor

medida con la llamada enseñanza tradicional, en la que los contenidos procedimentales se relegan a un papel secundario, más que por su adhesión a unos u otros enfoques teóricos. Esta situación será difícil de modificar y no serán suficientes los cambios curriculares y las normas de las administraciones educativas para adecuar la enseñanza a las nuevas concepciones sobre la didáctica de las ciencias.

Además, la formación de los profesores en ejercicio se presenta como un conjunto de actuaciones que no suelen producir los resultados esperados, por diversas razones; entre ellas, por las deficiencias en la formación inicial de los profesores de secundaria (Mellado y González, 2000) y por el escaso tiempo disponible por parte de los docentes para atender a estas iniciativas, ya que les supone un esfuerzo añadido y una sobrecarga de trabajo para algo que, en muchas ocasiones, consideran teórico e irrelevante para lo que tienen que hacer diariamente en el aula (Munby y Russell, 1998).

En definitiva, las concepciones de los profesores sobre la enseñanza de las ciencias – también sobre la naturaleza de la ciencia- pueden ser un obstáculo para la necesaria renovación de la práctica docente. Cuando el conocimiento profesional del profesorado, incluyendo el conocimiento del contenido de ciencias, los psicopedagógicos y los de Didáctica de las Ciencias, es insuficiente, los profesores encuentran dificultades para realizar cambios didácticos, tienen inseguridad y falta de confianza en la enseñanza de las ciencias, mayor dependencia del libro de texto, evitan enseñar los temas que no dominan y proponer actividades procedimentales y pueden fomentar actitudes negativas en los estudiantes hacia la ciencia (Mellado y González, 2000). Esta situación puede explicar la actuación de los profesores y las justificaciones que proporcionen cuando se indaga en cómo llevan a cabo la enseñanza de los contenidos procedimentales.

Para finalizar la tercera referencia de este capítulo, en el siguiente apartado analizaremos los puntos de vista de los profesores en relación con la importancia de los contenidos procedimentales en la educación científica de los estudiantes de secundaria; también revisaremos los resultados de aquellas investigaciones que examinan las relaciones que existen entre estas concepciones y la práctica educativa en las aulas.

3.3.3. ¿Qué piensan y cómo enseñan los profesores de ciencias de secundaria los contenidos procedimentales?

Como hemos señalado en apartados anteriores los contenidos procedimentales deben de tener una presencia suficiente en las actividades de enseñanza y aprendizaje; además, desde la Didáctica de las Ciencias y desde el currículo se ha señalado que los estudiantes deben utilizar no sólo aquellos más básicos, sino también los que implican desarrollar habilidades intelectuales de mayor nivel de complejidad. Las actividades que se planifican para ello no sólo deben ser para el aprendizaje de contenidos procedimentales aislados; también debe haber otras de carácter más holístico que supongan la aplicación de varios de ellos, tanto en actividades de lápiz y papel como en trabajos prácticos, con una orientación de “resolución de problemas” y de un nivel de indagación mayor que los que son comunes en los libros de texto.

Las investigaciones que mostramos ahora se centran, en primer lugar, en los intentos de identificar lo que piensan los profesores y maestros en formación o en ejercicio sobre los contenidos procedimentales y sobre las actividades que se consideran más adecuadas para desarrollo; en segundo lugar y en la medida en que los instrumentos de recogida de

información lo permiten, averiguar el tipo de actividades y de contenidos procedimentales que proponen y desarrollan en sus clases; finalmente algunos estudios aportan datos sobre las opiniones de los profesores respecto a la evaluación de estos contenidos.

a) En relación con el pensamiento de los profesores sobre los contenidos procedimentales y las actividades para su desarrollo, Caamaño (1992), al revisar el papel de los trabajos prácticos en la enseñanza, señala la visión excesivamente cientifista que tienen los profesores y que lleva a algunos a “*considerar que no es factible hacer investigaciones en la etapa 12-16, porque asocian las actividades de investigación a propuestas extremadamente difíciles y creen que los alumnos son incapaces de realizar tales actividades*” (Caamaño, 1992, p. 64). Por razones similares a esta, se limitan los trabajos prácticos a desarrollar ciertas habilidades; se plantean, además, como actividades previas, a la espera de realizar aquellas actividades de investigación, cuya hora nunca llega. Además, la finalidad de los trabajos prácticos sería ilustrar o comprobar fenómenos y leyes ya abordadas “teóricamente” por lo que se considera su realización como un complemento o ayuda a las clases teóricas (Jaén y García-Estañ, 1997; Pro, 1998a; Sanmartí, 2002).

Martínez et al. (1993) y García et al. (1995), por medio de encuestas a maestros y profesores de enseñanza secundaria, tanto en formación como en activo, resaltan que los maestros en formación y sin experiencia consideran las prácticas de laboratorio como una verdadera asignatura pendiente y la verdadera piedra de toque de la enseñanza y del aprendizaje de las ciencias, criterio que está en consonancia con los puntos de vista ingenuos, muy extendidos entre los profesores, que destacan el necesario carácter práctico de la enseñanza como solución casi mágica para los numerosos problemas de (Gil et al. 1991). También Campanario y Moya (1999) señalan “*la creencia ingenua de que la mera actividad práctica por sí misma puede conseguir efectos radicales en el aprendizaje de los alumnos*” (Campanario y Moya, 1999, p. 181).

García y Martínez, (2001), a través de un cuestionario formulado a 557 profesores de primaria comprueban que éstos reconocían que las actividades con mayor presencia en el aula (cuestiones/ejercicios y actividades prácticas) servían para el aprendizaje de conceptos, y en mucha menor medida eran útiles para aprender contenidos del ámbito procedimental; aprendizajes que, lógicamente, tienen más presencia (24,3% de los profesores) en las actividades prácticas que en las de lápiz y papel (10,3%). Respecto a las finalidades que, en relación con el ámbito procedimental, promueven las actividades de lápiz y papel, las más señaladas son la búsqueda de información y los procedimientos intelectuales de investigación; y en cuanto a las actividades prácticas, la observación, y la experimentación y manipulación. Por otra parte, cuando se les pide que valoren la importancia educativa de los distintos procedimientos, dan mayor puntuación a los de comunicación y observación, mientras que ésta es la menor para las habilidades manuales. Estos autores muestran su preocupación porque no se perciba la necesidad de enseñar procedimientos relacionados con el razonamiento y la creatividad científica, como la emisión de hipótesis y el diseño de experiencias, o la interpretación de resultados.

Los resultados obtenidos indican, por lo tanto, la existencia entre el profesorado de cierta confusión en cuanto a lo que son contenidos procedimentales y las actividades didácticas que pueden promoverlos, así como sobre el papel que les corresponde en la

enseñanza de las ciencias en las aulas. Por un lado los valoran muy positivamente para el aprendizaje de las ciencias (Martínez et al. 2001), pero los docentes se sienten más seguros enseñando contenidos conceptuales, que al fin y al cabo es lo que se les ha enseñado en sus muchos años como alumnos, y tienen más dificultades con los contenidos procedimentales, por lo que sus planificaciones no suelen incluir suficientes actividades para que los estudiantes aprendan en relación con habilidades características del trabajo científico.

Recientemente Banet (2007) ha realizado un estudio, con una muestra de 40 profesores de secundaria en activo, para conocer las finalidades que atribuyen a la educación científica. Entre otros resultados encuentra que los profesores admiten que la enseñanza de las ciencias se ocupa básicamente de los contenidos de carácter conceptual, orientación con la que la mayoría están de acuerdo, aunque se reconoce que, a pesar de ello, los aprendizajes en este campo de conocimientos deberían mejorar. Esta situación podría explicarse por diversas circunstancias, entre las que reconocen como destacables la formación academicista que han recibido y la deficiente preparación didáctica; como resultado optan por enfoques que les son más cómodos y sencillos, en los que predomina la enseñanza de conocimientos de naturaleza conceptual, aunque esta situación les produzca insatisfacción.

b) Mediante otros trabajos podemos conocer algunas características de la enseñanza de los contenidos procedimentales que pretenden realizar los profesores a través de la planificación de las unidades didácticas que elaboran. Así, Antonio de Pro, que desde la Universidad de Murcia ha dirigido numerosos trabajos sobre el desarrollo curricular de la LOGSE en el área de las ciencias y el papel de los profesores en su aplicación, analiza los contenidos procedimentales que 15 profesores de Física y Química en ejercicio incluyen en las actividades de enseñanza cuando planifican una unidad didáctica –ya que considera que de esta forma la información obtenida se aproxima más al conocimiento real de sus argumentos, creencias y teorías que sus respuestas a un cuestionario o a una entrevista-, y extrae algunas conclusiones que por su importancia debemos señalar (Pro, 1998a; Pro et al., 1999):

- Existe una inercia, bastante extendida entre el profesorado, a centrarse sólo en los contenidos conceptuales y, cuando incluyen los procedimentales o las actitudes, no es para enseñarlos intencionadamente o, por lo menos, con el mismo énfasis que los anteriores; parece como si se aprendieran “por casualidad”...”
- Es decir, en la planificación de la unidad, no se suelen diseñar actividades específicamente orientadas al aprendizaje de procedimientos.
- En todo caso, cuando esto se hace, se pone de manifiesto la escasa presencia de contenidos procedimentales esenciales en estos niveles educativos, como la realización de predicciones y conjeturas, la relación entre variables, la elaboración de informes o el diseño de experiencias.
- Parece existir la creencia errónea de que no se pueden enseñar contenidos procedimentales en actividades de “exposiciones del profesor” y que en éstas sólo se enseñan contenidos conceptuales.

- Es necesario diseñar actividades específicas para enseñar los contenidos procedimentales; así por ejemplo, no se pueden seleccionar sistemáticamente los mismos contenidos procedimentales en todas las UD o ignorar sus niveles de complejidad.

En cuanto a los tipos de contenidos procedimentales que incluyen, Pro (1998a) encuentra que generalmente consisten en actividades de lápiz y papel para la realización de “problemas tipo” en los que los contenidos implícitos son “el análisis de datos”, “la interpretación de material escrito” y algunas “predicciones”. En otro artículo, Pro (1999) estudia la planificación de unidades didácticas (de los dos ciclos de ESO) de 12 profesores en ejercicio (de Biología y Geología y de Física y Química). Entre otros resultados destaca que las actividades más generalizadas son las de exposición del profesor y el trabajo de lápiz y papel (individual), y que la presencia de experiencias de cátedra y de trabajos de laboratorio (grupos) es escasa; como también lo es el trabajo en pequeño grupo y las puestas en común.

Además, en la mayoría de los casos las prácticas que se realizan son de tipo ilustrativo y siguiendo unas pautas bien marcadas, que no contribuyen a mejorar el conocimiento de lo que es hacer ciencia, ni favorecen la construcción significativa de aprendizajes, aunque sí enriquecen aquellos de carácter empírico y ciertas rutinas de trabajo (García et al. 1999)

Valcárcel y Sánchez (2000), a partir de un estudio realizado con 27 profesores de secundaria en activo, en el marco de un curso de formación en el que tenían que planificar unidades didácticas, encuentran que cuando los docentes hablan del contenido, se refieren sobre todo al desarrollo de los conocimientos teóricos, de manera que más de la mitad no aluden a actividades experimentales; además, sólo el 41% afirma realizar ocasionalmente alguna tarea de tipo experimental. Cuando analizan la enseñanza de los contenidos procedimentales y de las actividades que los promueven, estos autores señalan que los profesores tienen dificultades para delimitar los procedimientos científicos que pueden ser contenido de enseñanza al planificar una Unidad Didáctica, y aducen, como señalaba Pro (1998a) que se sienten confusos sobre el concepto de “contenido procedimental”.

c) Respecto a cómo evalúan los contenidos procedimentales, Martínez et al. (2001) tras una encuesta a futuros profesores que habían realizado el CAP, señala que más del 90% afirman que en la evaluación de los alumnos se debería tener en cuenta los resultados obtenidos por los estudiantes en los trabajos prácticos, y un 72% piensan que una parte importante de la evaluación debe de estar relacionada con el desarrollo de contenidos procedimentales.

Sin embargo, cuando se analiza la planificación didáctica de los profesores, esas ideas no se ven reflejadas. En este sentido, Martín del Pozo (1994) al analizar 24 unidades didácticas elaboradas por estudiantes de ciencias de Magisterio encuentra que la mayoría considera la evaluación como comprobación de aprendizajes conceptuales utilizando básicamente pruebas escritas.

También Romero (2006), al entrevistar a profesores en activo y analizar unidades didácticas que habían elaborado encuentra que para evaluar los contenidos una gran mayoría se decanta por los de carácter conceptual y sólo en algunos casos los profesores

afirman que tienen en cuenta también los procedimientos, generalmente en forma de ejercicios y problemas.

Hemos constatado, por lo tanto, que los profesores no tienen en cuenta la importancia de los contenidos procedimentales en la construcción del conocimiento científico. En resumen, los profesores García et al., (1999), Martínez y García (2002) y Cano y Cañal (2006) señalan una contradicción que suele ser habitual: por un lado los docentes en ejercicio conceden suficiente importancia a las actividades prácticas –y por extensión a los contenidos procedimentales-, pero, sin embargo, reconocen el escaso desarrollo de éstas en las aulas.

Sanmartí (2002) afirma también que en España sólo un tercio de los profesores de secundaria planifica la realización de algún trabajo práctico y esta situación, lejos de solucionarse con el desarrollo de la LOGSE, se ha agravado como hemos señalado anteriormente (Nieda, 2006).

Una de las causas que influye en las dificultades que tiene el profesorado para aumentar e innovar las tradicionales prácticas de laboratorio, cuando las realizan, podría encontrarse en su escasa experiencia en relación con el desarrollo de actividades de esta naturaleza (Tamir y García, 1992; García et al. 1999). Así, Osborne y Simon (1996), en un estudio llevado a cabo en Inglaterra y Escocia, encuentran que profesores de primaria adoptan estrategias para evitar exponerse a situaciones en las que tengan que demostrar sus conocimientos científicos; este hecho no sólo es un problema de los profesores noveles, sino que, parece ser, también de los profesores con más años de ejercicio profesional (Azcárate y Cuesta, 2005).

Esta situación de inseguridad les hace afirmar que las dificultades contextuales son los principales obstáculos para la realización de actividades prácticas. Por ejemplo, en un estudio llevado a cabo por García et al. (1995), en el que participaron 29 futuros profesores (licenciados en Biología, Física y Química), éstos pensaban que los principales obstáculos que encuentran los profesores en las aulas para el desarrollo de prácticas de laboratorio eran la falta de material, además del excesivo número de alumnos aunque también se debe a la falta de preparación docente y la escasez de bibliografía específica y actualizada.

En definitiva, de los trabajos revisados sobre la enseñanza de contenidos procedimentales y de las actividades que los promueven, podemos concluir que el currículo LOGSE, que resaltaba el papel de estos contenidos, no se ha visto acompañado por un cambio profundo en la práctica educativa, es decir, el “perfil de innovación” que planteaba la LOGSE no se corresponde con el “perfil de uso” en los centros educativos (Amat, 2006; Pro, 2006), lo que, lógicamente, ha incidido en los aprendizajes que pueden haber desarrollado los estudiantes.

3.4. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN Y EL DESARROLLO DE ESTA INVESTIGACIÓN

Los resultados de la revisión bibliográfica que hemos llevado a cabo en relación con las investigaciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales en las clases de ciencias, han sido de gran interés para nuestro estudio, entre otras, por dos circunstancias: en primer lugar, porque han puesto de manifiesto cuál es la situación

actual en cuanto a los conocimientos generados por la investigación educativa en este ámbito; en segundo término, porque esta información nos ha permitido tomar algunas decisiones importantes en relación con el desarrollo de esta investigación. En este sentido, algunas de las conclusiones más destacadas de estos análisis han sido las siguientes:

- En lo que tiene que ver con los aprendizajes que adquieren los estudiantes de secundaria como consecuencia de la enseñanza habitual, esta revisión pone de manifiesto que los estudios realizados en relación con este tema no guardan un equilibrio razonable. Es decir, mientras que, por una parte, hemos podido registrar numerosos resultados de investigaciones que han analizado, con algún detalle, los problemas que se presentan a los estudiantes para aprender aquellos procedimientos relacionados con la transformación, análisis e interpretación de datos (en particular, aquellos que tienen que ver con tablas y gráficas), los estudios sobre otras habilidades propias de la actividad científica (formulación de hipótesis, diseños experimentales...), son mucho más generales, y apenas existen resultados aplicables a la enseñanza en las aulas.

Decimos esto porque, si bien es cierto que las investigaciones sobre las características que deberían tener las actividades de enseñanza para promover este tipo de aprendizajes han recibido bastante atención -como hemos señalado en este capítulo, se han detenido en clasificar y proponer diferentes enfoques para llevar a cabo los trabajos prácticos y las actividades de resolución de problemas, con objeto de mejorar su contribución a la formación de los estudiantes en relación con los procesos de la ciencia-, y que estas aportaciones tienen una particular relevancia para orientar la enseñanza en las aulas de secundaria, desde nuestro punto de vista quedan pendientes realizar análisis que profundicen en la incidencia de estas actividades en el desarrollo de estas capacidades intelectuales por parte de los estudiantes.

En todo caso, los resultados de las investigaciones desarrolladas han puesto de manifiesto, con meridiana claridad, la necesidad de promover una educación científica que mejore considerablemente los resultados de la formación de los alumnos y alumnas de estos niveles educativos, en lo que se refiere al desarrollo de aquellas capacidades intelectuales relacionadas con las habilidades y destrezas que caracterizan a la investigación científica, si se quiere estar a la altura de las demandas educativas del siglo XXI.

Además, la contribución de la revisión bibliográfica a nuestra investigación se ha producido, básicamente, en dos sentidos. Por una parte, ha orientado este estudio a mejorar los conocimientos disponibles sobre las destrezas que desarrollan los estudiantes, como consecuencia de la enseñanza habitual, seleccionando algunos de los procedimientos a los que se ha prestado menor atención; investigación que, también, nos ha permitido analizar y presentar estrategias para diagnosticar estas circunstancias. Por otra, nos ha animado a aportar mayor información, creemos que de interés, sobre las dificultades que el aprendizaje de algunas de estas habilidades representa para los estudiantes, con el propósito de que sean consideradas como referencias destacadas a la hora de planificar y desarrollar intervenciones suficientemente intencionadas para mejorar la formación de los estudiantes en relación con esta dimensión.

- En relación con los estudios realizados sobre los libros de texto, hemos podido comprobar que, si bien, las distintas investigaciones llevadas a cabo han puesto de manifiesto que los contenidos y planteamientos que proponen apuntan hacia una “cierta renovación”, ésta ha sido más formal que instrumental. Es decir, en estos materiales didácticos todavía siguen predominando actividades que orientan a los estudiantes hacia el aprendizaje conceptual y memorístico, dejando en un segundo plano los demás contenidos.

En consecuencia, además de aportar mayor información al respecto, nuestro principal propósito en relación con estos análisis se ha orientado a identificar los criterios –si es que existen- que utilizan algunas editoriales de uso habitual entre el profesorado, para seleccionar y secuenciar los contenidos procedimentales en los distintos cursos de ESO, y si estos criterios atienden, por una parte, a las posibilidades de aprendizaje de los estudiantes y, por otra, a las dificultades asociadas al aprendizaje de los distintos procedimientos (no todos tienen la misma dificultad, y dentro de cada uno de ellos se pueden considerar diferentes niveles de complejidad).

Teniendo en cuenta los resultados que obtuviéramos en relación con el problema anterior (aprendizajes de los estudiantes), las conclusiones de los análisis de estos materiales didácticos nos podrían permitir realizar, a modo de hipótesis de trabajo, propuestas sobre la manera en la que se deberían secuenciar las tareas de enseñanza que se realizan a lo largo de los distintos niveles educativos de la ESO, para que el aprendizaje de los contenidos procedimentales se desarrolle con una secuencia coherente, considerando las dificultades inherentes a los distintos contenidos implicados; aspecto importante, sobre el que no se ha detenido la investigación educativa.

- En el ámbito en el que se sitúa esta tesis, y como información complementaria a la que nos proporcionan los aprendizajes de los estudiantes y los libros de texto, las consideraciones anteriores nos llevaron a incluir en nuestra investigación una tercera dimensión, orientada a intentar aportar información adicional sobre la opinión y la actuación de los profesores en activo en relación con la importancia formativa de estos contenidos de enseñanza en secundaria, ya que la mayoría de las investigaciones se han centrado en profesores en formación.

Los resultados de la revisión desarrollada también muestran una clara inclinación de los docentes a orientar la enseñanza hacia el ámbito conceptual. Es decir, las nuevas perspectivas educativas que se proponían desde la LOGSE, en particular en lo que se refiere a la selección de los contenidos de enseñanza, no han tenido en las aulas la repercusión que se esperaba.

El hecho de que el profesorado de estos niveles educativos no comparta o considere inviable el aprendizaje en el ámbito de los procedimientos, constituye otra dimensión, sin duda de gran importancia, que explica que la educación científica que reciben los estudiantes de secundaria resulte claramente insuficiente.

Además, y como también hemos podido comprobar en esta revisión, sus puntos de vista epistemológicos no son los más adecuados para plantear la enseñanza de las ciencias como investigación. Como muestran los datos obtenidos sobre el conocimiento profesional, es necesario seguir investigando en la formación del profesorado más de lo

que se está haciendo (Porlán y Martín, 2006), ya que se considera imprescindible para la renovación de la enseñanza de las ciencias.

Puesto que no basta con el hecho de que estos contenidos aparezcan en el currículo o figuren en la planificación que realizan los profesores, si éstos no se enseñan de manera específica y suficientemente intencionada (naturalmente, teniendo en cuenta su vinculación a los contenidos conceptuales, así como la secuencia en la que se abordan), con esta iniciativa pretendíamos identificar la manera en la que los docentes justifican sus puntos de vista; circunstancia que puede resultar de interés desde perspectivas diferentes. Entre ellas, puede proporcionar algunas claves que expliquen la situación actual en cuanto a los aprendizajes en relación con este ámbito, a partir de la cual podemos encontrar “pistas”, tanto para intentar mejorar la calidad de la educación científica de los estudiantes, como para desarrollar los programas de formación de profesores.

En definitiva, y como conclusión general de esta amplia revisión bibliográfica sobre las investigaciones llevadas a cabo sobre los contenidos procedimentales, creemos necesario destacar la necesidad de desarrollar mayor número de aportaciones en relación con estas líneas de trabajo que, a diferencia de la gran atención que la investigación educativa ha prestado al ámbito conceptual, se encuentra relativamente poco explorada. En particular, creemos necesario profundizar en el conocimiento de los factores que inciden en la problemática relacionada con el aprendizaje y la enseñanza de estos contenidos en nuestro contexto educativo. Estas circunstancias nos animaron a desarrollar esta Tesis Doctoral, con el planteamiento de investigación que describimos en el capítulo siguiente.

PARTE III

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 4. PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Como refleja el título de esta Memoria, sus objetivos más generales tienen que ver con la enseñanza de los contenidos procedimentales durante la educación obligatoria. Evidentemente, como consecuencia de la amplitud y complejidad de estos propósitos ha sido necesario establecer unos límites razonables a los estudios que forman parte de esta Tesis Doctoral. En este sentido:

- Hemos centrado nuestra atención en la ESO, debido básicamente a tres razones. En primer lugar, a mi desarrollo profesional y experiencia como profesor en este nivel de enseñanza; en segundo término, porque esta circunstancia me permitiría obtener los datos necesarios para la realización de este estudio con más facilidad; y, por último y más importante, por la incidencia que las reflexiones y conclusiones derivadas de esta investigación pudiera tener sobre mi práctica educativa.
- Además, aunque es evidente que la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales no es específico de una disciplina –ni siquiera de aquellas que se incluyen en el ámbito de las ciencias experimentales-, nuestro análisis se ha llevado a cabo, de manera preferente, en relación con las Ciencias de la Naturaleza, área en la que desarrollo mi trabajo docente.
- Finalmente, atendemos a dos perspectivas que nos parecen de especial relevancia: el aprendizaje que desarrollan los estudiantes en relación con estos contenidos y la atención educativa que reciben en las aulas, por parte de profesores y de libros de texto.

Considerando los objetivos que se encuentran en la base de los distintos problemas que han orientado el desarrollo de nuestra investigación –que fueron formulados en el capítulo 1-, en éste presentaremos el planteamiento general de la misma (figura 4.1).

Para ello, y tomando los mencionados problemas como referencia, concretaremos: las hipótesis y subhipótesis en relación con cada uno de ellos; los planteamientos metodológicos puestos en práctica para llevar a cabo la investigación, haciendo mención expresa de la población objeto de estudio (las características de las distintas muestras y los criterios para su selección), así como de los instrumentos utilizados para obtener la información. Antes de comenzar con la descripción de las características de esta investigación, creemos necesario señalar dos circunstancias.

En primer término, para la planificación y el desarrollo de cada uno de los problemas, hemos tenido como referencias importantes, la revisión efectuada en los capítulos

anteriores, considerando las ideas y orientaciones que se han propuesto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, los resultados de investigaciones desarrolladas en relación con los contenidos procedimentales, así como los procedimientos e instrumentos que se han utilizado para obtener los datos en relación con los distintos problemas planteados.

Así, al analizar las capacidades procedimentales de los estudiantes o cuando se quiere obtener información sobre las ideas o la práctica educativa de los profesores, los investigadores han utilizado a menudo cuestionarios de respuesta múltiple. No obstante, como ya hemos señalado, para mejorar la calidad de la información obtenida se tiende a utilizar preguntas de respuestas abiertas, entrevistas individuales grabadas, y a veces grabaciones en vídeo, en particular cuando se quieren conocer las habilidades técnicas durante el desarrollo de un trabajo práctico y las interacciones conductuales y verbales con los compañeros y con el profesor. En nuestra investigación hemos optado por utilizar entrevistas previas a la elaboración definitiva de los cuestionarios, que incluían preguntas, sobre todo, de respuestas abiertas cuyas características describiremos más adelante.

En segundo lugar, hemos de hacer notar que, sin duda, cuando los investigadores nos formulamos los problemas que pretendemos abordar, resulta un tanto ingenuo –a la vez que distante de la realidad del trabajo científico– plantar las hipótesis de forma “objetiva”. Por el contrario, siempre existen unas explicaciones previas, personales y, por tanto, subjetivas, que orientan el diseño experimental, la metodología y el desarrollo de la investigación.

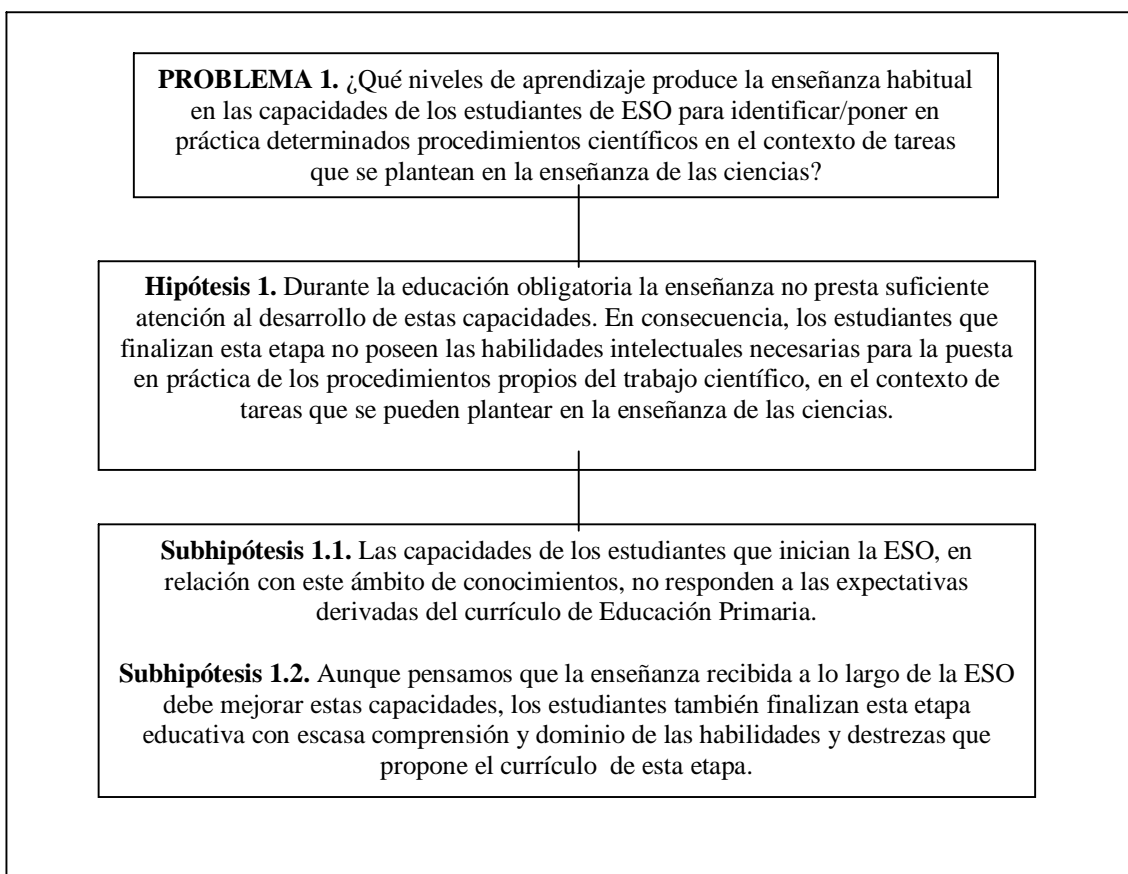
En mi caso, estas hipótesis de investigación son, en buena medida, consecuencia de la formación y la experiencia que como profesor de este nivel educativo, he desarrollado durante un buen número de años y en distintos centros educativos; y también, por tanto, del conocimiento de los aprendizajes que, en general, se priorizan en las aulas de secundaria.

4.1. PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN RELACIÓN CON EL PROBLEMA 1

Puesto que no es posible en un único proyecto de investigación abordar todos los contenidos procedimentales que son objeto de enseñanza en la ESO, hemos seleccionado los que creemos que tienen una mayor relevancia teniendo en cuenta las consideraciones que señalamos a continuación.

4.1.1. Problema, hipótesis y subhipótesis

De acuerdo con lo que señalamos en el capítulo 1, nuestro primer problema quedaba formulado de la manera que se presenta en el cuadro 4.1, en la que también presentamos la explicación que, a modo de hipótesis formulamos en relación con el mismo.



En todo caso, formuladas así, las hipótesis y subhipótesis resultan un tanto ambiguas, básicamente por dos razones: en primer lugar, porque parece de todo punto necesario matizar el sentido que pretendíamos dar a la expresión identificar/poner en práctica, en relación con aquellos procedimientos que han sido objeto de esta investigación; por otra, como decíamos antes, porque nuestra investigación no ha considerado –no sería posible hacerlo en un trabajo de esta naturaleza- todos los contenidos procedimentales que han sido identificados o descritos por la investigación educativa.

En cuanto al primer aspecto –como iremos concretando en su momento-, hemos diferenciado, para cada uno de los procedimientos, dos niveles a la hora de la “puesta en práctica” de las capacidades de los estudiantes:

- Desde una perspectiva más elemental, y como primera aproximación, analizamos en qué medida identifican estos tipos de procedimientos a través de sus afirmaciones sobre su experiencia escolar, averiguando si recuerdan ejemplos de su utilización en cursos anteriores, reconociéndolos entre varias definiciones o en frases entresacadas de posibles investigaciones científicas, o expresando la utilidad que creen que tienen.
- En un segundo nivel, más complejo, analizamos su nivel de comprensión y dominio en tareas relacionadas con la elaboración e interpretación de tablas y gráficas o en la aplicación de las distintas habilidades de investigación en determinadas situaciones experimentales.

En cuanto al segundo de los aspectos, nuestro estudio se centró en realizar un diagnóstico de las capacidades que han desarrollado los estudiantes en relación con:

- Habilidades de representación numérica –Tablas y Gráficas-, recursos muy frecuentes en los libros de texto de ciencias, utilizados para intentar que los estudiantes comprendan mejor los conceptos o fenómenos que intentan explicar.
- Determinados procesos relacionados con la actividad científica. En este sentido, y de entre todos los posibles, optamos por seleccionar aquellos que nos parecieron de un elevado grado de significación en cuanto a la investigación se refiere: los problemas que la originan, las hipótesis que la orientan, las variables que pueden incidir en su desarrollo, los diseños experimentales adecuados para dar respuesta a los problemas planteados y, por último, las conclusiones que se pueden deducir de los resultados obtenidos, como consecuencia del desarrollo de una determinada investigación.

Antes de continuar con la descripción del desarrollo de la investigación en relación con este primer problema, nos parece necesario justificar la elección de cada uno de los procedimientos que se han incluido en los cuestionarios.

4.1.2. Características de la muestra objeto de estudio

Puesto que uno de los propósitos fundamentales de esta investigación era realizar un diagnóstico de los aprendizajes que, en relación con los contenidos procedimentales citados, desarrollan los estudiantes durante la Educación Secundaria Obligatoria, e intentar valorar la posible progresión de estas capacidades a lo largo de distintos momentos de esta etapa educativa, la selección de las muestras se realizó de acuerdo con los siguientes criterios:

- Por una parte, y con objeto de conocer cuáles son éstas cuando llegan a este nivel educativo, uno de los grupos se encontraba en el primer curso de ESO. Puesto que las pruebas se administraron a comienzos del curso (mes de Octubre), los resultados mostrarían las capacidades que habían adquirido durante la Educación Primaria.
- Por otra, para valorar los aprendizajes desarrollados durante toda la ESO, se seleccionó una muestra formada por alumnos que acababan de iniciar el Bachillerato.
- Con el objetivo de conocer la evolución de los aprendizajes durante el desarrollo de la ESO se seleccionó una tercera muestra formada por estudiantes que iniciaban los estudios de tercero de ESO; de esta manera, pretendíamos conocer la incidencia que la enseñanza desarrollada durante el primer ciclo de esta etapa pudiera tener en relación con el aprendizaje de contenidos procedimentales.

Somos conscientes de que el hecho de que no haya sido un estudio longitudinal, que hubiera afectado a los mismos estudiantes a lo largo de distintos cursos de la ESO, puede repercutir en los resultados que vamos a presentar, y suscitar algunas dudas en relación con las conclusiones de esta investigación. Sin embargo, la diversidad de centros educativos que hemos seleccionado para llevarla a cabo proporciona, desde

nuestro punto de vista, una panorámica general, adecuada a los propósitos de este estudio.

En este sentido, con objeto de que la población utilizada en nuestra investigación incluyera estudiantes que pudieran representar a buena parte de la población escolar de la Región de Murcia, se seleccionaron diez centros educativos (tabla 4.1): cuatro de ellos se sitúan en la capital (dos se encuentran en zonas céntricas y los otros dos en la periferia); los seis restantes se localizan en ciudades de menor tamaño.

En todo caso, acordamos con los profesores que nos facilitaron el acceso a las aulas para obtener esta información que, de entre los grupos posibles, seleccionaran aquellos que presentaran unas condiciones académicas medias.

Centros (N=10)	Municipio	Tipo de centro	Grupos (N=18)	Nº de estudiantes (N=431)
Micaela Sanz	Archena	Colegio EGB	1º ESO	22
Narciso Yepes	Murcia	Colegio EGB	1º ESO	22
Vega de Thader	Molina	IES	1º Bachillerato (2)	52
Francisco de Goya	Molina	IES	3º ESO	20
El Carmen	Murcia	IES	1º Bachillerato	25
José Planes	Murcia	IES	Los tres cursos	70
Vicente Medina	Archena	IES	3º ESO; 1º Bachillerato	51
Pedro Guillén	Archena	IES	3º ESO	15
La Aljada	Murcia	IES	1º ESO (2); 3º ESO	69
La Flota	Murcia	IES	Los tres cursos	85

Tabla 4.1. Características de la muestra utilizada en el Problema 1

Como se puede observar, el número total de estudiantes que han formado parte de este estudio ha sido de 431. De ellos 221, distribuidos en 3 grupos en cada curso, han contestado un cuestionario referente a tablas y gráficas, que llamaremos cuestionario I. Los 210 estudiantes restantes, también distribuidos en 3 grupos en cada curso, realizaron el cuestionario II, cuyas situaciones estaban relacionadas con el resto de los contenidos procedimentales (problemas, hipótesis, variables, diseños experimentales y conclusiones).

4.1.3. Diseño de los instrumentos de recogida de información

Desde que nos planteamos el desarrollo de esta investigación, éramos conscientes de otras limitaciones que la acompañarían. En primer lugar, y como consecuencia del tamaño de la muestra y de la diversidad de centros a los que pertenecen los estudiantes, sabíamos que estaba fuera de las posibilidades de este estudio que la recogida de información sobre estas capacidades estuviera basada en la organización y desarrollo de tareas de carácter experimental, que se realizaran en los laboratorios o que necesitaran la utilización de materiales y recursos demasiado específicos; tampoco era posible hacerlo a partir de actividades que pudieran requerir la realización de investigaciones más o menos abiertas.

Es evidente el gran interés que estos planteamientos tienen en el caso de muestras más reducidas, así como la necesidad de recurrir a ellos cuando se pretenden cubrir otra clase de objetivos. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, las actividades de lápiz y papel, si están bien diseñadas, pueden servir para aproximarnos al conocimiento de las capacidades que han desarrollado los estudiantes en relación con estos contenidos.

Estas actividades deberían demandar respuestas a tareas escritas, en las que se presentan situaciones concretas, relacionadas con el área de Ciencias de la Naturaleza (textos escritos, acompañados a veces de esquemas y dibujos para facilitar que comprendan mejor la situación que se presenta) y referidas a situaciones sencillas, relacionadas con el entorno próximo de los estudiantes.

Precisamente, con el propósito de que los instrumentos que, finalmente, se utilizaran para obtener esta información, pudieran ser razonablemente útiles para aproximarnos, con cierto rigor, a los aprendizajes que hubieran desarrollado los estudiantes en relación con los contenidos procedimentales, llevamos a cabo unos estudios previos que desarrollamos de acuerdo con la siguiente estrategia:

a) En una fase preliminar (curso 1999-00), se diseñaron y ensayaron los primeros cuestionarios. Los objetivos principales de esta iniciativa eran, por una parte, realizar una aproximación inicial a los aprendizajes que han desarrollado los estudiantes en relación con estas capacidades; por otra, identificar algunas de aquellas situaciones que pudieran ser de utilidad para obtener la información que requiere esta investigación.

En este sentido, una primera aplicación a estudiantes de 4º de ESO nos permitió comprobar: algunas de las dificultades que tenían para comprender y resolver las distintas cuestiones y situaciones formuladas; la relevancia de la información que nos proporcionaban las respuestas de los estudiantes; y el tiempo que requería la realización de cada una de las tareas.

b) Las primeras conclusiones de esta fase nos orientaron para introducir modificaciones en los cuestionarios, así como para elaborar y desarrollar una serie de actividades didácticas con un grupo de estudiantes de 4º de ESO, durante los cursos 2000-01 y 2001-02, que nos fue de mucha utilidad para establecer el contexto y las capacidades que queríamos investigar.

Así, pudimos comprobar la importancia del lenguaje del texto que se utiliza en las actividades, pues aun cuando en las clases se puede solucionar aclarando oportunamente el significado de las expresiones, no ocurre de la misma forma cuando se administran en un cuestionario. También la del contexto de la experiencia que se presentaba, que debía ser adecuado a los distintos cursos a los que iban dirigidas. Como resultado elaboramos unos criterios para secuenciar situaciones según su grado de dificultad, lo que era necesario teniendo en cuenta que si bien algunas actividades podrían ser comunes a los tres cursos otras deberían ser más específicas.

c) La experiencia y los conocimientos adquiridos durante esta intervención, nos fueron de gran utilidad para el desarrollo de la tercera fase – a finales del curso 2000-01-, cuyo propósito fundamental era poner a punto, y adecuar a los distintos cursos, los instrumentos definitivos que servirían de base para obtener la información de nuestra investigación.

Para ello, nos pareció necesario la realización de entrevistas individuales a grupos de 6-10 estudiantes de cada uno de los cursos estudiados (1º ESO, 3º ESO y 1º Bachillerato), seleccionados por sus correspondientes profesores de acuerdo con distintos niveles de rendimiento académico (elevado, medio, bajo). Las conclusiones obtenidas a partir de

las mismas nos orientaron en la elaboración de un amplio cuestionario -consecuencia del número de habilidades que se abordan en esta investigación-, con tareas adecuadas a cada nivel educativo y en la toma de decisiones en cuanto al número de preguntas/situaciones que se podían formular, de manera que pudieran ser resueltas en un tiempo razonable.

En relación con esta última circunstancia, y considerando la necesidad de que los estudiantes pudieran reflexionar, con cierto detenimiento sobre cada una de las tareas, como explicamos en el siguiente apartado, el cuestionario se dividió en dos partes, que combinan algunas tareas de carácter cerrado, con otras más abiertas. Estas últimas se han referido a situaciones relativamente sencillas, procurando que el conocimiento conceptual necesario para comprender y resolver las distintas situaciones que se les presentaban no supusiera dificultades añadidas a la hora de realizar las distintas tareas.

d) Durante la última fase –curso 2001-02-, seleccionamos los grupos y centros educativos que hemos señalado, que nos parecieron adecuados y que resultaban accesibles, mediante los oportunos contactos con los profesores de ciencias responsables de cada uno de los grupos de alumnos. Finalmente se procedió a obtener la información de los grupos seleccionados.

4.1.4. Contenidos procedimentales objeto del Problema 1

Como señala la LOGSE los estudiantes de ESO deben adquirir conocimientos que les capacite para comprender la realidad natural y para poder intervenir en ella; estos conocimientos se articulan en los llamados procedimientos de la ciencia, que el currículo oficial los resume así: *“planteamiento de problemas y formulación clara de los mismos; utilización de fuentes de información de manera sistemática y organizada, contraste de hipótesis mediante la observación rigurosa y, en ciertos casos, la planificación y realización de experimentos; recogida, organización y análisis de los datos; discusión de conclusiones; comunicación de resultados mediante el oportuno informe”*.

Hemos centrado nuestra atención en los procedimientos que exponemos a continuación, de los que señalamos también algunas consideraciones que nos han orientado para la posterior concreción de las actividades para el cuestionario de los estudiantes.

a) Formulación de problemas

Los problemas que dan origen a una investigación son un referente esencial en el trabajo científico, pero también una estrategia educativa de primer orden en el desarrollo de las clases de ciencias, ya que es el punto de partida de las investigaciones escolares que intentan poner a los estudiantes en situación de aprender a hacer ciencia (Hodson, 1992; 1994; 1998).

Desde esta perspectiva, reconocer la importancia que tiene la formulación de problemas, identificar el problema que da origen a una investigación, así como sus dimensiones e implicaciones en el desarrollo de la misma, son aprendizajes importantes para los estudiantes de estos niveles educativos; de tal forma que, como señala Sanmartí (2002), la finalidad principal de la enseñanza de las ciencias es capacitar a los estudiantes para identificar y comprender los problemas de su entorno, y para actuar en coherencia.

Precisamente, por estas razones, intentar conocer las capacidades que han desarrollado los estudiantes en relación con esta habilidad de investigación ha constituido un objetivo importante en nuestro estudio.

b) Planteamiento de hipótesis

Como respuesta a problemas de interés científico, las hipótesis constituyen los elementos básicos para orientar la elaboración de diseños experimentales en el desarrollo de una investigación. Según Gil (1993), *“una característica fundamental del tratamiento científico de los problemas es tomar las ideas que se tienen -incluso las más seguras y obvias- como simples hipótesis de trabajo que es necesario controlar, esforzándose en imaginar otras hipótesis”*. Al emitir hipótesis, por lo tanto, se concretan los factores a tener en cuenta y se explicitan las ideas de los estudiantes lo que al contrastarlas con los resultados obtenidos puede permitir la evolución de sus ideas y, de ese modo, acercarse a la construcción de los modelos teórico escolares que para Izquierdo et al. (1999) son el objetivo de enseñanza de las ciencias.

También el currículum destaca la importancia de que los estudiantes se ejerciten desde primaria proponiendo soluciones ante un problema científico, no sólo como posible explicación de los hechos que se presentan, sino como un elemento importante que va a dirigir una investigación y que hará que los estudiantes adquieran las capacidades para contrastar sus ideas previas con los resultados que se obtengan, y así, ampliar, construir o reestructurar sus conocimientos.

c) Identificación y control de variables

Cuando los estudiantes se enfrentan al análisis de una experiencia o de una investigación, o cuando tienen que desarrollarlas deben de establecer relaciones entre los distintos factores o variables que intervienen en el fenómeno, para llegar a obtener alguna conclusión relevante. Reconocer las posibles variables que pueden intervenir y distinguir entre las que son causa o efecto y, lo que es más complejo, analizar las que se deben mantener controladas para poder asegurar que el único factor que varía a nuestra voluntad es el responsable del efecto producido, es esencial para comprender cualquier diseño experimental, o para desarrollarlo, y poder extraer resultados fiables.

Aunque el reconocimiento de las variables y su papel en una investigación no es fácil para los estudiantes, pues supone la adquisición de formas de pensamiento que no se han desarrollado plenamente a estas edades (Inhelder y Piaget, 1955; Shayer y Adey, 1992), su aprendizaje es necesario si se quiere que puedan llevar a cabo investigaciones con cierta autonomía, por lo que el currículum LOGSE propone un acercamiento desde situaciones más sencillas, con dos variables, a otras más complejas, como cuando deben de comprender el papel del experimento o prueba control; dificultad que sido constatada por Yip (1999), no sólo en estudiantes sino también entre los profesores.

d) Diseño experimental

Planificar el desarrollo de una investigación, ya sea desde sus inicios o limitada al diseño experimental, es una parte fundamental del trabajo científico, en la que el investigador analiza las variables que intervienen, la forma de medirlas, los materiales e instrumentos necesarios... para obtener los datos que permitirán valorar las hipótesis

iniciales. Si bien la enseñanza de este procedimiento debe tener en cuenta la complejidad de la situación experimental y la experiencia de los estudiantes, y, por lo tanto, no se puede pretender que desde sus inicios los escolares de secundaria tengan la autonomía suficiente para diseñar cualquier investigación, como se señalaba en las orientaciones LOGSE, deberían poder participar en esos diseños y analizar los que se les propongan.

e) Obtención de conclusiones

En cualquier actividad experimental se puede ir más allá de los resultados que muestran los datos obtenidos y, al contrastarlos con las hipótesis propuestas, inferir explicaciones científicas del fenómeno estudiado, a la luz de los modelos teóricos que pueden explicarlo. Como señala Jiménez Aleixandre (1998), la forma en la que se relacionan las comprobaciones experimentales con los modelos teóricos es un aspecto esencial de la construcción del conocimiento científico, a la que se debe prestar especial atención, evitando, como señala el currículo LOGSE, generalizar las conclusiones extraídas de una situación muy concreta, o a veces expresando sólo meras opiniones

Una de las dificultades importantes que se han descrito en relación con este procedimiento es que la distinción entre resultados y conclusiones no resulta una tarea sencilla para muchos estudiantes (Khun, 1989; Zohar, 1998).

f) Organización y análisis de datos

Respecto a la organización y análisis de datos, que en la práctica escolar se concreta en la elaboración e interpretación de tablas y gráficas hemos tenido en cuenta que en las materias científicas la representación numérica en forma de tablas y gráficas es una habilidad procedimental básica, que ocupa un lugar destacado en los llamados “conceptos de evidencia” y que permiten obtener conclusiones que deben ser convincentes para los demás (Dugan y Gott, 1995). Los estudiantes deben, por lo tanto, manejar tablas y gráficas, ya sean en actividades puntuales que implican su elaboración o su interpretación, o, bien, dentro de tareas más amplias -como cuando realizan una pequeña investigación o cuando resuelven un problema-, como forma de ordenar y representar aquellos datos que les van a permitir obtener nueva información para mejorar su comprensión en un ámbito conceptual determinado. Esta formación debería tener lugar desde los primeros años de su enseñanza y no deberían dejar de hacerlo en todo el tiempo en que permanezcan en las aulas.

Según Newton (1993) y Newton y Merrell (1994) las tablas se utilizan para presentar gran cantidad de datos de forma ordenada, con la creencia de que hacen más aparente la co-variación, y tienen la función de hacer posible un mejor recuerdo de la información que la versión en prosa de la misma. Para este autor, las tablas tienen una cualidad semejante a la de un dibujo en el que los datos relacionados conceptualmente se han unido.

Las gráficas van un paso más allá de las tablas y transforman los datos en dibujos esquemáticos, que mostrarán al experto las variaciones entre los valores de dos o más variables. Para Cleveland y McGill (1985), la ventaja de las gráficas sobre las tablas da nuestra capacidad visual de detectar patrones geométricos y evaluar magnitudes. Por otra parte, Padilla et al., (1986) y McKenzie y Padilla (1986) se refieren a la gran

cantidad de información que proporcionan en poco espacio y a su capacidad potencial para comunicar conceptos complejos. En general, se considera que el uso de gráficas es mejor que la utilización de la prosa escrita cuando hay que evaluar datos en relación con las teorías (Toth et al., 2002), aunque para ello es necesario unas capacidades específicas del que las utiliza que no son fáciles de adquirir.

Son muchos los autores que destacan la importancia de que los estudiantes adquieran lo que se ha denominado *alfabetización gráfica*, formación a la que se le da cada vez más valor como un componente de la más general *alfabetización científica*.

Para Barquero et al., (2000) la alfabetización gráfica “*puede considerarse como el conocimiento sobre las posibilidades de mostrar información visualmente, la habilidad de comunicar información con dibujos reales, gráficos o diagramas y la habilidad para comprender los producidos por otros*” (p. 73). Como estas habilidades no son innatas, es necesario proporcionar una instrucción para el aprendizaje a partir de imágenes (Mathewson, 1999). En este sentido, Postigo y Pozo (2000a) y Lemke (2002) se refieren a la importancia, no sólo de hablar de los diversos lenguajes de la ciencia sino de enseñarlos específicamente; esta alfabetización gráfica o “*graphicacy*” es necesaria, según Postigo y Pozo (2000a), por la gran cantidad de información de este tipo que nos llega y porque cada vez es más variada y compleja, pero, también, para no dejarnos llevar por la aparente simplicidad de la imagen.

Barquero et al. (2000), afirman que los individuos carecen, de hecho, de las habilidades requeridas para extraer información relevante de un gráfico y que en general, carecen de “*alfabetización visual*”. Es decir, como señalan Postigo y Pozo (2000a):

“Esta decodificación de la información implícita en el mapa, o en cualquier otro tipo de información gráfica, debe ser, en nuestra opinión, uno de los componentes esenciales de esa alfabetización gráfica a la que nos hemos referido, que debe requerir un entrenamiento específico en los códigos y sistemas de procesamiento propios de estas representaciones, en lugar de suponer que, por estar implícitos en ellas, todo el mundo va a saber interpretarlos adecuadamente” (p. 266)

Desde la Nueva Filosofía de la Ciencia, Latour (1992) remarca el carácter social y cultural de la ciencia que se construye desde la propia actividad científica en la que: “*las gráficas sirven para construir fenómenos, como prueba de la existencia del fenómeno y como medio retórico en las publicaciones científicas*”. Ese autor llama *inscripciones* a las representaciones distintas del texto (lectura de aparatos, fotografías, tablas de datos, gráficos, ecuaciones...), y señala que la generación e interpretación de inscripciones son el centro de la actividad de los científicos.

Roth y Bowen (1994) afirman que “*ser un individuo alfabetizado científicamente, significa ser capaz de decodificar y deconstruir esas formas de comunicación*” (p. 295); circunstancia importante porque, citando a Woolgar (1988), “*nuestra participación en la vida diaria nos obliga a tratar con esta práctica [con representaciones] que está en el corazón de la ciencia*” (p. 295). Y es que, aunque se reconozca la amplia difusión de representaciones visuales y sus cualidades en la enseñanza de las ciencias, probablemente los profesores no somos conscientes de la necesidad de una planificación adecuada para su enseñanza en las aulas.

Como reconoce Lemke (2000):

“Si la meta de la educación científica es capacitar a los alumnos para el uso de las formas de razonamiento y acción que constituyen la práctica científica, si los medios de comunicación que empleamos para la enseñanza y si la naturaleza de los conceptos científicos que esperamos que los alumnos aprendan a utilizar son, en todos los casos, integraciones complejas del lenguaje, las matemáticas, las representaciones visuales y las acciones prácticas, es importante que, en nuestra enseñanza, prestemos mucha más atención a todos los lenguajes de la ciencia” (p. 182)

Así, las tablas y gráficas se sitúan en el centro de cualquier actividad científica y por lo tanto tienen su traslado a la ciencia escolar. Son, por tanto, instrumentos necesarios en el aprendizaje de las ciencias, por lo que es importante que los estudiantes adquieran las capacidades básicas que permiten producirlas e interpretarlas ya desde edades tempranas, y no sólo en ciencias experimentales. .

4.1.5. Descripción del cuestionario

Como acabamos de señalar, el instrumento definitivo consta de dos partes diferentes: la primera se refería a tablas y gráficas (Cuestionario I); la segunda se relaciona con los demás procedimientos de investigación analizados (Cuestionario II).

Además de la importancia de que la selección de las situaciones que tienen que resolver los estudiantes sea la adecuada para los propósitos de la investigación –circunstancia a la que venimos haciendo referencia-, también es muy conveniente presentarlas según una secuencia intencionada. En este sentido, si al comienzo del cuestionario éstas son demasiado complejas, pueden generar confusión y actitudes poco positivas hacia las tareas que se les pide desarrollar. Con esta referencia presente y con objeto de que su contenido responda a un nivel de complejidad creciente, los cuestionarios se iniciaron con preguntas sencillas sobre la identificación que realizan los estudiantes en relación con los distintos contenidos procedimentales, para pasar, después, a presentar situaciones de mayor grado de dificultad.

Antes de iniciar su descripción nos parece oportuno aclarar que, como no podía ser de otra manera, la naturaleza de las pruebas se ha modificado atendiendo al nivel educativo en el que se tenía que aplicar. Mientras que aquellas de mayor complejidad no se han planteado a los alumnos que iniciaban sus estudios de Educación Secundaria, las que hemos considerado más sencillas no se han utilizado con los estudiantes que han finalizado la ESO.

A continuación, describimos sus características generales y en los Anexos I y II se pueden encontrar, según los distintos niveles educativos, los detalles más concretos en relación con las mismas.

Características generales del cuestionario I (tablas y gráficas)

Las primeras cuestiones que formulamos tienen que ver con su capacidad para identificar tablas y gráficas a partir de las experiencias anteriores que hubieran podido tener en relación con estas habilidades de representación numérica. A partir de ellas, se van introduciendo las tareas restantes (que constituyen el cuerpo principal del cuestionario), que se relacionan con la elaboración y la interpretación de tablas y gráficas.

Conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con las tablas. Características de las situaciones planteadas.

a) *Identificación de tablas.* Por medio de los distintos apartados incluidos en la primera de las preguntas, queríamos conocer algunos datos sencillos relacionados con sus experiencias educativas anteriores desde dos perspectivas complementarias: el recuerdo que manifiestan en relación con las tablas y con su utilización en clase, que no se consideró necesaria en 1º de Bachillerato; y el dibujo que realizan los estudiantes cuando se les pide que escriban un ejemplo de tabla, con el propósito de comprobar si, efectivamente, saben identificar esta forma de representación (aunque éste solamente fuera un esbozo de la misma).

Mediante una tercera cuestión pretendíamos conocer sus apreciaciones sobre la utilidad que tienen las tablas, como paso previo a las siguientes tareas, en las que tenían que mostrar sus capacidades para utilizarlas en contextos escolares. En la tabla 4.2 se muestran las distintas capacidades que se han analizado en cada uno de los cursos.

Cursos	Recuerdo	Dibujo de un ejemplo	Valoración de su utilidad
1º ESO	X	X	X
3º ESO	X	X	X
1º BACH		X	X

Tabla 4.2. Capacidades de identificación de tablas

- Tabla de dificultad intermedia, presentada de forma similar para todos los cursos, que se refiere a las relaciones entre la distancia y el tiempo de vuelo de un ave a determinadas horas del día. Se trata de una situación que está acompañada de un texto más largo y, por lo tanto, con más dificultad de comprensión lectora para los estudiantes.

Tabla compleja, en la que se relacionan la temperatura y la altitud atmosférica. Puesto que esta tarea requiere considerar mayor número de situaciones, y las variables implicadas se refieren a un contexto menos habitual para los alumnos y alumnas (además, una de ellas tiene valores negativos), esta actividad sólo se formuló a los estudiantes que habían finalizado la ESO. b) *Elaboración de tablas.* Para conocer las habilidades de los estudiantes en relación con la elaboración de tablas se les presentaron tres textos a partir de los cuales tenían que confeccionar las tablas correspondientes que suponíamos con diferente grado de dificultad (tabla 4.3):

- Tabla sencilla, con dos planteamientos diferentes. Uno, para 1º de ESO en la que deben ordenar los datos de la estatura de ocho alumnos; otro, con un texto más extenso, para 3º de ESO, en la que tienen que representar la variación de los gramos de proteínas necesarias para la alimentación de las personas en función de su edad.

c) *Interpretación de tablas.* Para analizar las capacidades de los estudiantes para interpretar tablas les presentamos las dos situaciones siguientes:

- La primera de ellas, planteada en todos los cursos, relaciona la talla con la edad; no obstante, la tarea se hizo más compleja para los estudiantes de 1º de Bachillerato, ya que se añade una tercera variable: el peso.
- La segunda, que relaciona la altitud atmosférica con su temperatura, sólo se formuló en este último nivel educativo, ya que se consideró demasiado compleja para los anteriores.

Para la interpretación de tablas, el cuestionario contiene diversas situaciones, con las que se pretende conocer la calidad de la información extraída, que se desarrollarán con más amplitud cuando, posteriormente, se analicen los resultados.

Cursos	Elaboración			Interpretación	
	Sencilla	Intermedia	Compleja	Sencilla	Compleja
1º ESO	X	X		X	
3º ESO	X	X	X	X	
1º BACH		X	X	X	X

Tabla 4.3. Situaciones propuestas para elaborar e interpretar tablas

Conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con las gráficas. Características de las situaciones planteadas.

a) *Identificación de gráficas.* Para valorar los conocimientos de los estudiantes en relación con estos aspectos, se formularon en los tres cursos preguntas similares a las que se han descrito para las tablas y, por tanto, de acuerdo con los criterios presentados en la tabla 4.2.

b) *Elaboración de gráficas.* En relación con estas habilidades se plantearon distintas situaciones, que respondían a distintos niveles de dificultad según la distribución por cursos que se muestra en la tabla 4.4:

- Elaboración de una gráfica sencilla: Actividad que se presentó a los estudiantes que inician la enseñanza secundaria y a los que han finalizado el primer ciclo. La situación es la misma que la correspondiente a la tabla sencilla -que debían haber interpretado antes-, en la que tenían que relacionar dos variables, la edad y la estatura.
- Elaboración de una gráfica compleja: Esta tarea se les planteó sólo a aquellos estudiantes que habían finalizado la ESO. A partir de la tabla sencilla sobre edad y estatura, deben elaborar la gráfica correspondiente, para luego añadir los datos de otra tabla que relaciona edad y peso; de esta forma elaboran una gráfica con dos ejes de ordenadas.

c) *Interpretación de gráficas:* Para conocer las capacidades adquiridas en relación con estas destrezas se utilizaron dos situaciones de distinta complejidad, sobre un mismo contexto, de acuerdo con los criterios que se muestran en la tabla 4.4, en la que se indica las tareas que han respondido en cada curso:

- En 1º de ESO y 3º de ESO se propuso a los estudiantes interpretar una gráfica, que consideramos sencilla, que relaciona la variación en el consumo de cigarrillos durante determinados años.
- En 3º de ESO y 1º de Bachillerato, además de la situación anterior, se añadió otra gráfica más compleja, ya que consta de cuatro líneas y dos ejes de ordenadas, que representan la variación en el consumo de cigarrillos y las muertes producidas por cáncer, tanto en hombres como en mujeres, durante un número determinado de años.

Como en el caso de la interpretación de tablas, las tareas del cuestionario pretenden conocer la calidad de la información que los estudiantes pueden obtener, atendiendo a sus capacidades para relacionar los datos.

Cursos	Elaboración		Interpretación	
	Sencilla	Compleja	Sencilla	Compleja
1º ESO	X		X	-
3º ESO	X		X	X
1º BACH		X	-	X

Tabla 4.4. Situaciones propuestas para elaborar e interpretar gráficas

Características generales del cuestionario II (procesos de investigación)

Mediante la segunda parte, pretendíamos conocer las capacidades que habían desarrollado los estudiantes en relación con los restantes procedimientos relacionados con el trabajo científico que han sido objeto de nuestra investigación. Como se puede comprobar en el Anexo II, el cuestionario incluye distintas situaciones sobre investigaciones científicas adaptadas al contexto escolar, en la que se incluyen textos, datos, tablas y esquemas, que presuponíamos de distinto nivel de dificultad, en la que los estudiantes deben responder a preguntas relacionadas con los procedimientos estudiados.

Conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con las habilidades de investigación. Características de las situaciones planteadas

Como en casos anteriores, la primera parte de este cuestionario estaba orientada a valorar sus conocimientos sobre aquellos aspectos que consideramos más sencillos, que venimos denominando de identificación; la segunda tiene que ver con las capacidades para interpretar y poner en práctica estas habilidades en el contexto de situaciones de investigación, formuladas, como ya explicamos, mediante tareas de lápiz y papel.

a) En lo que tiene que ver con el primero de los aspectos señalados, pretendíamos conocer:

- Si creen haber realizado actividades en clase relacionadas con hipótesis y si conocen el significado de conceptos como variables o diseños experimentales.
- Sus capacidades para poner ejemplos de actividades relacionadas con cada una de estas habilidades. Siendo conscientes del grado de dificultad que pueden tener para los estudiantes responder a esta situación y expresarla adecuadamente por escrito – aún cuando, realmente, hubieran desarrollado actividades de esta naturaleza-,

incluimos esta cuestión porque pensamos que nos podría ser útil para valorar mejor si el recuerdo que dicen haber tenido se puede corresponder con la realidad.

- Las destrezas para identificar y comprender el significado de estos procesos de investigación. Para ello se utilizaron dos planteamientos distintos, pero complementarios: como una aproximación al grado de conocimiento formal de su significado, uno de ellos consistía en una serie de expresiones, entre las que tenían que señalar aquella que expresara mejor cada uno de los procedimientos analizados; mediante el segundo, queríamos comprobar sus capacidades para asociar frases cortas relacionadas con el trabajo científico con las distintas etapas que se desarrollan durante una investigación.

Como en el primero de los cuestionarios, hemos procedido a seleccionar las situaciones que se presentarán a cada uno de los grupos de estudiantes, atendiendo al grado de dificultad de las mismas. En este sentido, como se muestra en la tabla 4.5, aquellas de mayor complejidad –como solicitar ejemplos de hipótesis o todas aquellas que tienen que ver con las variables-, por razones comentadas anteriormente no se formularon a los estudiantes de los dos primeros cursos.

Habilidades de investigación	Identificación	Curso		
		1º ESO	3º ESO	1º BACH
HIPÓTESIS	Experiencia educativa	X	X	X
	Escriben ejemplos			X
	Identifican definición	X	X	X
	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
VARIABLE	Conocen significado		X	X
	Escriben ejemplos			X
	Identifican variables		X	X
DISEÑO EXPERIMENTAL	Conocen significado		X	X
	Escriben ejemplos		X	X
	Identifican definición		X	X
	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
PROBLEMA	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
CONCLUSIONES	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X

Tabla 4.5. Tareas utilizadas para averiguar las capacidades de identificación

b) Con las situaciones presentadas en la segunda parte de este cuestionario pretendíamos comprobar en qué medida son capaces de aplicar los aprendizajes que puedan haber desarrollado en relación con estas habilidades en actividades de lápiz y papel que ejemplifican problemas que se resuelven mediante las estrategias que caracterizan cualquier investigación.

Para ello se les presentaron diversos textos de carácter científico, acompañados generalmente de dibujos o esquemas para simplificar y facilitar la comprensión de la información. A partir de ellos, los estudiantes deberían, según los casos, reconocer el problema que orienta la investigación, formular las correspondientes hipótesis, describir los experimentos que realizarían para llevarla a cabo, identificar las variables que

intervienen en su desarrollo y expresar las conclusiones que se pueden derivar a partir de la misma.

En el contenido de los textos hemos procurado que la dificultad de los conceptos implicados en cada una de las situaciones fuera mínima, así como que el lenguaje utilizado y la longitud del texto no fueran obstáculos para comprender las situaciones objeto de estudio.

Como se puede observar en la tabla 4.6, las tareas tienen distinto nivel de dificultad. En este sentido, mientras algunas se formulan para que los estudiantes muestren la capacidad de identificación de cada una de las habilidades en el contexto del desarrollo de una investigación, otras actividades que, en principio, consideramos más complejas, requieren que lleven a cabo la planificación de la misma.

Objetivos de las tareas	Experiencias planteadas	Procedimientos analizados
Deducir y expresar procedimientos en un contexto investigador	Germinación de las semillas (I) Experiencias de Redi Comportamiento de las cochinillas Experiencias de Van Helmont Germinación de las semillas (II)	Identificación de problemas Formulación de hipótesis Identificación y control de variables Elaboración de conclusiones
Planificación de la investigación	Comportamiento de las cochinillas Experiencias de Van Helmont Comportamiento del caracol	Realización de diseños experimentales

Tabla 4.6. Objetivos de las tareas que se plantean en cada actividad y procedimientos analizados

Aunque en el capítulo siguiente, cuando analizamos los resultados, se dan los detalles de cada una de las situaciones propuestas en el cuadro 4.2, adelantamos una breve información de cada una de ellas, con los objetivos, el contexto y el nivel de dificultad que suponemos que poseen.

Germinación semillas (I)
Objetivos de la actividad: Deducir y expresar el problema, la hipótesis, las variables y las conclusiones Contexto de la actividad: Situación descrita acompañada de un esquema explicativo de la experiencia y una tabla de datos Nivel de dificultad previsible: Intermedia
Experiencias de Redi
Objetivos de la actividad: Deducir y expresar el problema, la hipótesis y la conclusión Contexto de la actividad: Situación descrita acompañada de un esquema explicativo de la experiencia Nivel de dificultad previsible: Sencilla
Comportamiento de las cochinillas
Objetivos de la actividad: Deducir y expresar el problema, la hipótesis, las conclusiones y el diseño experimental Contexto de la actividad: Texto corto que describe una situación experimental acompañado de un dibujo Nivel de dificultad previsible: Compleja

Experiencias de Van Helmont
Objetivos de la actividad: Deducir y expresar el problema, la hipótesis, las variables, las conclusiones y el diseño experimental Contexto de la actividad: Texto histórico adaptado a los estudiantes y acompañado de un esquema explicativo de la experiencia Nivel de dificultad previsible: Compleja
Germinación semillas (II)
Objetivos de la actividad: Deducir la necesidad de un experimento control como condición para extraer conclusiones correctas Contexto de la actividad: Texto en primera persona de una supuesta situación experimental realizada por estudiantes Nivel de dificultad previsible: Intermedia
Comportamiento caracoles
Objetivos de la actividad: Deducir y expresar un diseño experimental adecuado Contexto de la actividad: Texto muy corto sobre una observación muy sencilla y cercana a los estudiantes Nivel de dificultad previsible: Sencilla

Cuadro 4.2. Características de las situaciones planteadas para deducir y expresar procedimientos

De igual manera que en casos anteriores, atendiendo a este grado de dificultad, y como se muestra en la tabla 4.7, no todas las tareas han sido planteadas en los diferentes cursos.

Cursos	Germinación semillas (I)	Experiencia de Redi	Comportamiento cochinillas	Experiencia Van Helmont	Germinación semillas (II)	Comportamiento caracoles
1º ESO	X	X				X
3º ESO	X	X	X		X	X
1ºBAC	X		X	X	X	

Tabla 4.7. Distribución por cursos de las actividades

4.1.6. Estrategias para el análisis de los datos

Para llevar a cabo el análisis de los resultados que presentaremos en el capítulo siguiente, realizamos una primera revisión de las respuestas de muestras aleatorias, a partir de las cuales se establecieron las categorías para agrupar a los estudiantes; no obstante durante todo el proceso ha sido necesario ajustarlas para hacer más patente las relaciones de los datos con las hipótesis previas.

En líneas generales, se han establecido tres categorías: la que agrupa a las respuestas que creemos más adecuadas que hemos llamado categoría A, las que son incorrectas – categoría B-, y una tercera categoría –categoría C- para los que no contestan o lo hacen sin ninguna relación con la pregunta. Sólo en algunos casos, nos ha parecido interesante ampliar el número de categorías cuando la naturaleza de la pregunta y las posibilidades de las respuestas así lo aconsejaban.

Durante el análisis de los resultados se describirán las condiciones por las que las respuestas de los estudiantes se han agrupado en una u otra categoría, mostrando ejemplos textuales de sus respuestas.

Los datos obtenidos se han presentado en tablas de frecuencias de valores absolutos o, en otros casos, con el porcentaje de cada categoría.

Realizado el diseño experimental del problema 1, también nos proponíamos conocer en qué medida la enseñanza –a dos niveles: libros de texto y profesores- favorece el desarrollo de aprendizajes en el ámbito de los contenidos procedimentales.

4.2. PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN RELACIÓN CON EL PROBLEMA 2

Mediante el segundo problema nos proponíamos averiguar el modo en que los libros de texto contemplan la enseñanza de los procedimientos científicos, y, en particular, si es posible establecer algún tipo de relación causa-efecto entre ambos aspectos, los libros de texto y el aprendizaje adquirido por los estudiantes.

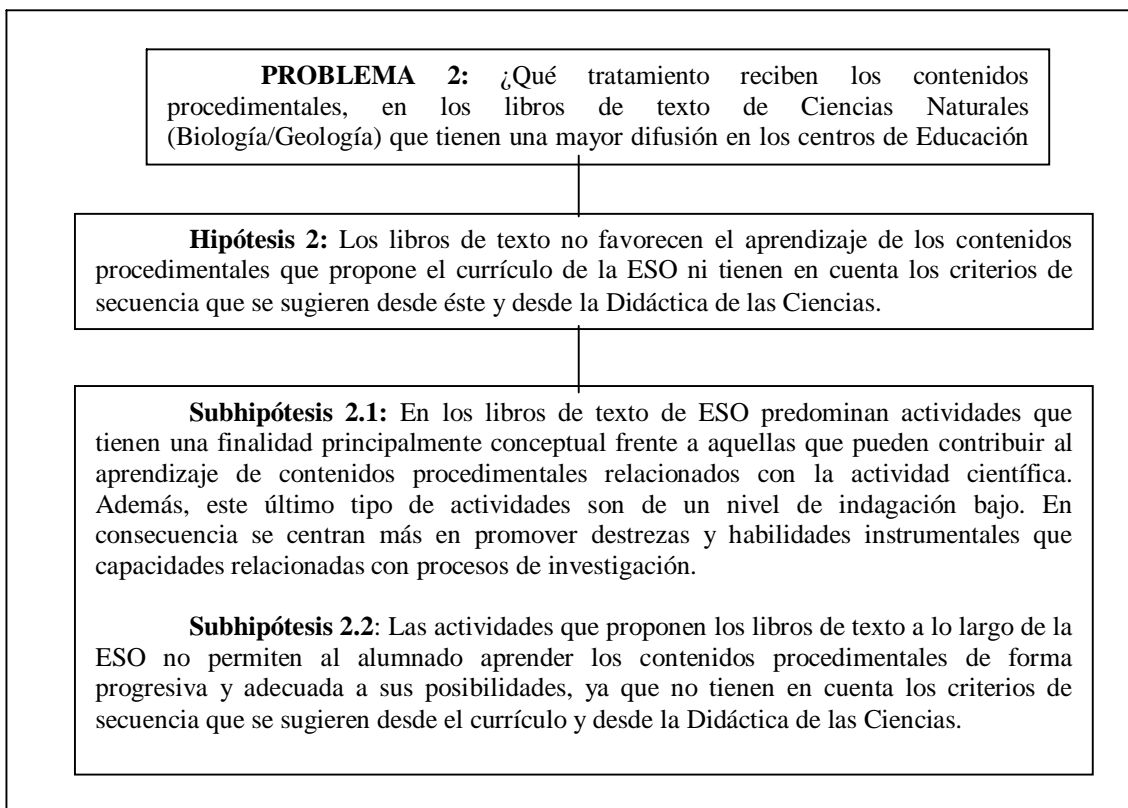
Aunque somos conscientes de que la enseñanza no siempre se puede identificar con los enfoques de los libros de texto, y tampoco se reduce a ellos, en esta investigación optamos conscientemente por limitar el análisis a este instrumento, dada la complejidad añadida que, en el contexto de nuestra investigación supondría introducir otros enfoques -como por ejemplo, el estudio de casos-, y porque entendemos que el planteamiento didáctico que predomina en la Educación Secundaria se corresponde, en gran medida, con el modelo de enseñanza por transmisión.

4.2.1. Problema, hipótesis y subhipótesis

En la cuadro 4.3 exponemos nuestras hipótesis y subhipótesis en relación con este problema.

Los contenidos procedimentales que van a ser objeto de estudio se refieren a los incluidos en la clasificación de Pro (1998) que, como indicamos en el capítulo 2, sirve de referencia a esta investigación.

Así mismo, resulta obvio que cuando hablamos de los libros de texto de mayor difusión en los centros de Educación Secundaria, nos ceñimos al ámbito de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y, evidentemente, a la selección de aquellas editoriales que tienen mayor implantación en los cursos y ámbitos de conocimiento indicados anteriormente.



Cuadro 4.3. Hipótesis y subhipótesis en relación con el Problema 2

En relación con el “tratamiento” que dan los libros de texto a los contenidos procedimentales, nos centramos en analizar las posibilidades de aprendizaje que ofrecen al alumnado; cuestión que solamente podemos deducir a partir de un estudio en profundidad de las actividades que se incluyen en cada tema. Siendo conscientes de las dificultades de establecer una correspondencia directa entre actividades y procedimientos en ellas implicados, así como de los riesgos que conlleva obtener conclusiones basadas en suponer el aprendizaje que desarrollarían los estudiantes al ponerlas en práctica, basaremos el análisis de los libros de texto en tres aspectos:

- El tipo de actividades que predomina en cada uno de ellos, a partir de una clasificación basada en las propuestas que se hacen desde la investigación en Didáctica de las Ciencias: actividades de lápiz y papel de diferente naturaleza, y trabajos prácticos, enfocados con diversos grados de apertura respecto a la implicación y autonomía del alumnado.
- Los contenidos procedimentales o procesos relacionados con la actividad científica que se fomentan a partir de dichas actividades, utilizando como referencia las propuestas curriculares y las clasificaciones que se sugieren desde la Didáctica de las Ciencias.
- El modo en que tienen en cuenta, si lo hacen, unos criterios razonables que, considerando las dos perspectivas anteriores, secuencien su enseñanza para que exista una progresión lógica en el aprendizaje de los contenidos procedimentales a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria.

De acuerdo con estos planteamientos, hemos enunciado las correspondientes subhipótesis, que contrastaremos a través de la muestra e instrumentos que describimos en los apartados siguientes.

4.2.2. Características de la muestra objeto de estudio

Para dar respuesta al segundo problema de investigación se eligieron libros de texto de ciencias de la Naturaleza (en el primer ciclo de ESO) y de Biología/Geología (en segundo ciclo de ESO), de diversas editoriales. Al seleccionar la muestra (tabla 4.8) se ha procurado que:

Editorial	Nivel	Año de edición
A: EDELVIVES	1º	1996
	2º	1997
	3º	1995
	4º	1995
B: ANAYA	1º	1996
	2º	1997
	3º	1998
	4º	1998
C: MCGRAW HILL	1º	2000
	2º	2000
	3º	1994
	4º	1998
D: OXFORD	1º	2000
	2º	2000
	3º	1998
	4º	1998

Tabla 4.8. Libros de texto utilizados para el análisis de la enseñanza de contenidos procedimentales

- Dos de las editoriales analizadas fueran representativas del ámbito educativo en el que nos encontramos, para lo cual se optó por aquellas que, basándonos en nuestra propia experiencia y en las entrevistas que hicimos a profesores y maestros, tenían mayor implantación (por ejemplo, Anaya o Edelvives); si bien las otras dos tienen menor incidencia, las incluimos en nuestro estudio porque, desde nuestro punto de vista, ofrecen enfoques diferentes en el modo de plantear la enseñanza (McGraw Hill y Oxford).
- Los libros de texto estuvieran totalmente actualizados desde el punto de vista curricular. Para ello se eligieron las ediciones más recientes, en los momentos en los que iniciamos nuestro estudio, entre 1995 y 2000.
- El análisis de cada editorial se ha realizado en los textos de los dos ciclos de la Educación Secundaria Obligatoria. En el primero, al estar agrupados en torno a las Ciencias de la Naturaleza, nos hemos centrado exclusivamente en los contenidos de Biología y Geología y no en los de Física y Química; en el 2º ciclo hemos revisado los libros de texto correspondientes a Biología y Geología.

4.2.3. Criterios para el análisis de las actividades de los libros de texto

Como decíamos anteriormente, para averiguar si los libros de texto contribuyen en mayor o menor medida al aprendizaje de contenidos procedimentales, debemos analizar las actividades de enseñanza que proponen al alumnado. Estas han sido definidas (Cañal, 2000) como procesos de flujo y tratamiento de información (orientados, interactivos y organizados) característicos del sistema-aula, en las que los alumnos, el profesor y los diferentes medios o fuentes de información (libro de texto, láminas, objetos, hechos, fenómenos, datos, experimentos, investigaciones) mantienen interacciones muy diversas, cada una de las cuales constituye una determinada tarea (dibujar, manipular, organizar datos, explicar, hacer un experimento, etc.). Es decir, podemos definir una actividad como un conjunto de tareas de los alumnos y del profesor, más o menos organizado en relación con la finalidad que se le atribuye.

Aunque una misma actividad puede ser utilizada con diferente finalidad didáctica (explicitación de ideas, evolución de los modelos iniciales, construcción de nuevos conocimientos, aplicación de lo aprendido...), y es realizada, principalmente, por una de las partes (alumnos, profesor) o de forma interactiva entre ambas (Sanmartí, 2000), nuestro análisis ha atendido a las tareas que realizan los alumnos, a su grado de participación en ellas, y a los tipos de contenidos que pueden aprenderse, desde el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, se suelen agrupar en dos categorías:

- Trabajos prácticos, o actividades en las que los alumnos tienen que emplear algunos de los procedimientos propios de la actividad científica (observar, manipular, experimentar, analizar, etc.), utilizando algún tipo de material (instrumentos, aparatos, objetos naturales, objetos artificiales, seres vivos...). Son actividades que pueden permitir “hacer ciencia”, pero también “hablar y pensar sobre ciencia”, sin perder de vista que el objetivo final es “aprender ciencias”.
- Actividades de lápiz y papel, en las que, en contraposición a los trabajos prácticos, los estudiantes no tienen necesidad de utilizar materiales ni instrumentos pues la información que se demanda se obtiene de materiales escritos, medios audiovisuales, informáticos... Suelen ser actividades más frecuentes en los libros de texto que se presentan generalmente con el nombre de cuestiones o actividades.

Las actividades de lápiz y papel y los trabajos prácticos se pueden orientar de diversos modos, en función de que su realización requiera la utilización de determinados procesos relacionados con la actividad científica, y, en consecuencia, pueden resultar más o menos adecuadas para que los estudiantes aprendan procedimientos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el análisis de las actividades de los libros de texto ha requerido un trabajo preliminar, a un doble nivel: en primer lugar, categorizar los distintos tipos de actividades como de lápiz y de papel o trabajos prácticos; y, en segundo, establecer una correspondencia teórica entre cada tipo de actividad y los contenidos procedimentales que éstas puede contribuir a desarrollar.

También ha sido necesario establecer los criterios que vamos a utilizar para poder valorar si los libros de texto secuencian las distintas actividades que proponen, de manera que faciliten un aprendizaje equilibrado y progresivo de los contenidos procedimentales.

Tipos de actividades que incluyen los libros de texto

En general, las actividades de lápiz y papel (LP) se presentan en un contexto teórico, tienen un carácter cerrado y suelen exigir al alumnado la realización de tareas rutinarias, memorísticas o de escaso nivel intelectual. No obstante, si tomamos como referencia los procesos cognitivos implicados en los diferentes tipos de actividades (Beltrán, 1993), hemos diferenciado tres clases; denominamos LP1 a aquellas que se orientan a la mera selección y a la adquisición de la información que se presenta en el libro; LP2 cuando la participación del estudiante es más activa, pues tienen que organizar y elaborar la información; en un tercer grupo (LP₃) hemos considerado aquellas que exigen de los estudiantes el uso de determinados procesos de la actividad científica (interpretar una tabla o una gráfica, analizar los datos de un experimento, resolver un problema teórico, proponer un diseño experimental para comprobar una hipótesis, etc.).

En la tabla 4.9 definimos cada uno de estos tipos de actividades y ponemos ejemplos extraídos de los libros de texto utilizados en este estudio.

En contraposición a las actividades de lápiz y papel, los trabajos prácticos se desarrollan en un contexto que exige del alumnado la utilización de un mayor número de procesos relacionados con la actividad científica. Otra de las características importantes de los trabajos prácticos es que, en general, suelen propiciar una mayor participación y autonomía de los estudiantes en su planificación, desarrollo y evaluación, objetivo que pretenden conseguir los planteamientos constructivistas de la enseñanza.

Actividades de lápiz y papel	Características	Ejemplos
LP₁	La información se extrae directamente del texto o de las ilustraciones: copian, dibujan...	- <i>Define: tejido, órgano y aparato. Pon un ejemplo de cada uno</i> (Anaya, 3º, p. 81). - <i>Dibuja el esquema de una falla de desgarre derecha</i> (Oxford, 4º, p. 19)
	Requieren una mínima interpretación de la información aunque ésta no esté en el texto se supone que la poseen de los conocimientos adquiridos	- <i>¿Porqué se produce la evaporación del agua de mares y océanos?</i> (Oxford 1º, p. 114) - <i>Define qué es una población e indica distintos ejemplos que tú conozcas</i> (McGraw Hill 4º, p. 14)
LP₂	La información no se extrae directamente del texto o de las ilustraciones: elaboran, reorganizan, transforman, interpretan, debaten...	- <i>La fotografía de la derecha nos muestra un terreno fuertemente erosionado: Observa la cantidad de vegetación. ¿Qué nos indica acerca del clima?</i> (Anaya 3º, p. 29). - <i>Realiza un debate sobre los distintos métodos que existen para combatir la obesidad.</i> (Editex, 3º, p. 100).
LP₃	Actividades que amplían o aplican la información y permiten el aprendizaje de alguno de los procedimientos del trabajo práctico	- <i>En el gráfico adjunto se representa el número de especies de líquenes que crecen a distintas distancias de la ciudad.</i> a) <i>¿Qué indican las ordenadas y las abscisas?</i> b) <i>Cuántos números de especies distintas crecen a 8 km de la ciudad?</i> (Oxford, 4º, p. 172). - <i>Enuncia las hipótesis que se citan en el texto y explica cómo demostró Harvey la veracidad de sus planteamientos sobre la circulación</i> (Anaya 3º, p. 111)

Tabla 4.9. Tipos de actividades de lápiz y papel

Aunque esta característica no es la única que hace más o menos compleja una investigación, puede servir para comprobar el nivel de indagación de la actividad. Para ello se han propuesto diversas clasificaciones (Herron, 1971; Tamir, 1989; Lock, 1990), que nos han servido de referencia para analizar los tipos de trabajos prácticos que proponen los libros de texto. En ellos se clasifican los trabajos prácticos en función del mayor o menor control que ejerce el profesor o el alumno sobre cada elemento de la investigación que se propone.

Hemos sustituido el papel atribuido a los profesores por los libros de texto y se ha añadido un nivel, que hemos denominado 0, para aquellas actividades que siendo de tipo práctico solamente pretenden adquirir destrezas con instrumentos, materiales, objetos naturales...

Como resumimos en la tabla 4.10, los trabajos prácticos se pueden agrupar en seis niveles ordenados de menor a mayor grado de complejidad, que van desde aquellos en los que el alumnado (A) solamente tiene que seguir determinadas directrices de ejecución proporcionadas por el libro de texto (L), hasta los más complejos en los que son ellos mismos quienes deben aportar los datos y hechos que avalan la solución a un problema planteado.

Ámbitos de decisión	Niveles por orden de complejidad					
	TP ₀	TP ₁	TP ₂	TP ₃	TP ₄	TP ₅
Área de interés	L	L	L	L	L	A
Establecimiento del problema	-	L	L	L	A	A
Planificación/Determinación de la estrategia	-	L	L	A	A	A
Realización	A	A	A	A	A	A
Interpretación de los resultados	-	L	A	A	A	A

Tabla 4.10. Clasificación de los trabajos prácticos según su complejidad

En la tabla 4.11 mostramos las características que presentan cada uno de los tipos de trabajos prácticos y algunos ejemplos de los libros de texto utilizados en nuestra investigación.

Trabajos Prácticos	Características	Ejemplos
TP ₀	Actividades de observación, de utilización de un instrumento, de confección de una maqueta, ... No pretenden reproducir un hecho científico ni solucionar un problema, por lo que no es necesario la realización de un experimento o la obtención de pruebas.	<i>Practica con tu compañero o compañera la maniobra de Heimlich (Anaya, 3º, página 153). Determinación y registro de la temperatura corporal (Edelvives 3º, página 184)</i>
TP ₁	Se reproduce un fenómeno que se va a observar, o se comprueba prácticamente una experiencia siguiendo los pasos que se proporcionan, pero no se pide interpretar el procedimiento seguido ni los resultados obtenidos.	<i>Determinación de la densidad media de la corteza y de las capas profundas (Edelvives 1º, página 81] Cuando tengas la oportunidad de salir al campo realiza la siguiente experiencia: haz un pequeño corte en el terreno, de algunos centímetros de profundidad y observa lo que contiene. ¿Qué elementos encuentras? Distingue los vivos de los inertes ¿Qué morfología les caracteriza? (Mc Graw Hill, 3º, página 42)</i>
TP ₂	Se comprueba una experiencia, siguiendo los pasos que se proponen en la actividad y se hacen preguntas para interpretar el procedimiento seguido y/o los resultados obtenidos.	<i>Destilación del agua (Se indica el material a utilizar, el montaje y el procedimiento; se hacen preguntas para la "Interpretación de los resultados" (Edelvives 1º, página 100). Experimenta: 1. Ponte en la boca un trozo de pan ¿Notas algún sabor especial? 2. Mastícalo a fondo sin tragarlo durante un buen rato. ¿Qué notas? ¿Qué crees que ha ocurrido? (Oxford, 3º, página 17).</i>
TP ₃	Experimentos y pequeñas investigaciones en las que sólo se proporciona el área de interés y el planteamiento del problema a resolver	<i>Comprueba el efecto que el SO₂ tiene sobre el crecimiento de las plantas. Para ello toma algunas semillas de germinación, como los brotes de soja o los berros, sitúalos sobre pequeños recipientes y estudia los efectos del SO₂ sobre su crecimiento. Puedes usar unas tabletas de SO₂ que se pueden disolver en agua y que los bodegueros utilizan para limpiar las cubas. Asegúrate de que sigues un método científico al realizar el experimento y de que llevas a cabo todos los controles necesarios (Oxford, 4º, página, 171)</i>
TP ₄	Experimentos y pequeñas investigaciones en las que sólo se proporciona el área de interés.	<i>Con jabones de diferentes tipos y marcas y todos los materiales utilizados en la investigación anterior: - Plantea un problema que puedas investigar - Emite una hipótesis sobre el problema que puedas contrastar con los materiales dados - Diseña el experimento para contrastar tus hipótesis... - Realiza el experimento... ¿Qué conclusiones puedes extraer? (Oxford, 3º, página 101)</i>
TP ₅	Experimentos y pequeñas investigaciones elegidas por los estudiantes y realizadas e interpretadas exclusivamente por ellos.	No se ha encontrado ningún ejemplo en los libros de texto analizados.

Tabla 4.11. Tipos de trabajos prácticos

Definidos los diferentes tipos de actividades que podemos encontrar en los libros de texto, el primer análisis que hemos llevado a cabo ha consistido en cuantificar el

número de cada una de ellas en los temas de Ciencias Naturales o de Biología/Geología de las editoriales seleccionadas. El siguiente propósito era deducir las posibilidades que ofrecen al alumnado para el aprendizaje de los contenidos procedimentales objeto de este trabajo; análisis que hemos llevado a cabo como se describe a continuación.

Tipos de contenidos procedimentales que promueven las actividades de los libros de texto

Como hemos indicado, la clasificación de contenidos procedimentales que nos ha servido como referencia a esta investigación es la propuesta por Pro (1998) –en la que no hemos incluido la A.11 que hace referencia a la utilización de modelos puesto que no hemos encontrado ninguna actividad de este grupo-, ya que, desde nuestro punto de vista, incluye las orientaciones que hace el currículo para el Área de Ciencias de la Naturaleza en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, así como las sugerencias que, sobre esta cuestión, se hacen desde el campo de la Didáctica de las Ciencias. En consecuencia, a través del análisis de los libros de texto pretendemos averiguar si las actividades que proponen favorecen el aprendizaje de dichos contenidos y si se prioriza la enseñanza de unos en detrimento de la de otros.

Para llevar a cabo este análisis, es necesario explicitar qué contenidos procedimentales se pueden aprender a través de cada uno de los tipos de actividades, cuestión que sintetizamos en la tabla 4.12, cuya elaboración se ha basado en un estudio teórico propio, en el que se han cotejado las características de ambos elementos (actividades y contenidos procedimentales). Aún siendo conscientes de las limitaciones que puede presentar, consideramos que esta decisión nos proporciona un instrumento necesario y útil para nuestros propósitos.

En la tabla se muestran las relaciones que encontramos entre los tipos de actividades y los contenidos procedimentales que, según los casos, se concreta en que: cada actividad posibilita (al menos a priori) el aprendizaje de unos procedimientos u otros; una determinada actividad puede favorecer el aprendizaje de menor o mayor número de procedimientos; un mismo contenido procedimental puede ser aprendido a través de diversas actividades. Podemos concretar estas circunstancias mediante una descripción más detallada de estas relaciones. En este sentido:

- Las actividades de lápiz y papel tipos 1 y 2, como hemos señalado, tienen una finalidad subsidiaria al conocimiento conceptual, ya que se desarrollan en un contexto teórico y a los estudiantes solamente se les pide utilizar las explicaciones del texto para resolver determinados ejercicios. La realización de estas tareas contribuiría al aprendizaje de contenidos procedimentales relacionados con la comunicación de información, de mayor interés en el segundo caso (LP2), puesto que contemplan la posibilidad de consultar fuentes de documentación y de elaborar conclusiones propias a través de la misma.
- Las actividades de lápiz y papel tipo 3 incluyen, además, tareas en las que se solicita a los estudiantes que pongan en práctica determinadas habilidades de investigación (identificar el problema, proponer hipótesis, diseñar experiencias...), aunque en un contexto que, a diferencia de los trabajos prácticos, es más teórico que experimental. Por otro lado, en este tipo de actividades es frecuente que los alumnos tengan que elaborar e interpretar tablas, y resolver determinados cálculos numéricos o

problemas, por lo cual pueden contribuir al aprendizaje de contenidos procedimentales de esta naturaleza, muy importantes en el ámbito de la actividad científica, a pesar de que no respondan a investigaciones diseñadas o realizadas por ellos mismos.

	LP ₁	LP ₂	LP ₃	TP ₀	TP ₁	TP ₂	TP ₃	TP ₄
A. Habilidades de investigación								
A.1. Identificación de problemas								
A.2. Predicciones e hipótesis								
A.3. Relaciones entre variables								
A.4. Diseños experimentales								
A.5. Observación explícita								
A.6 Medición								
A.7. Clasificación y seriación								
A.8. Técnicas de investigación								
A.9. Transformación e interpretación de datos								
A.10. Análisis de datos								
A.12. Elaboración de conclusiones								
B. Destrezas manuales								
B.1. Manejo de material y realización de montajes								
B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...								
C. Comunicación								
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual								
C.2. Utilización de diversas fuentes								
C.3. Elaboración de materiales escritos								

Tabla 4.12. Relación entre los tipos de actividades y los contenidos procedimentales

- Por sus características, los trabajos prácticos serían las actividades que ofrecerían al alumnado las mayores oportunidades de familiarizarse con los procesos de la ciencia, en los distintos ámbitos que suelen estar implicados en cualquier trabajo de esta naturaleza: habilidades de investigación, destrezas manuales y capacidades relacionadas con la comunicación de información. Sin embargo, como se observa en la tabla 4.12, el diferente grado de implicación y autonomía que tienen los estudiantes en los diversos tipos de trabajos prácticos redundará en que se potencien o no determinados contenidos procedimentales: en la medida en que sean ellos quienes decidan el problema a investigar, lleven a cabo sus hipótesis, diseñen un plan de trabajo para contrastarlas, lo pongan en práctica recogiendo datos, representándolos o buscando información, y elaboren sus propias conclusiones y las comuniquen a los demás, se favorecerá un aprendizaje más formativo y, en definitiva, la posibilidad de que avancen de una forma equilibrada en los tres ámbitos indicados.

La relación entre actividades y contenidos procedimentales que acabamos de describir permite concluir que existen actividades de mayor “calidad procedimental” que otras y,

por tanto, que un libro de texto será más adecuado para esta finalidad que otros si incorpora de forma equilibrada actividades de distintos tipos y en particular trabajos prácticos.

A partir de estas premisas, nuestra tarea ha consistido en ir registrando los datos de cada libro de texto indicando, en relación con cada una de las actividades, los tipos y los contenidos procedimentales que, en función de las tareas de que consta su puesta en práctica, podrían aprender, ampliar o consolidar los estudiantes.

Criterios utilizados para el análisis de la secuencia de actividades y contenidos procedimentales que proponen los libros de texto a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria

Es evidente que unos procedimientos son más complejos que otros; también que la diversidad de situaciones en las que puede estar presente cada uno de ellos hace que las actividades sean más o menos complejas. Por tanto, llegar a tener cierto dominio sobre ellos requiere haber adquirido previamente experiencia en tareas más sencillas en las que se aplica un determinado procedimiento.

Desde esta perspectiva, la planificación de actividades que, a lo largo de un curso o ciclo, propongan los libros de texto debería responder a una secuencia suficientemente intencionada, que presentara, en primer lugar, aquellas actividades más sencillas, en las que los procedimientos implicados tuvieran menor grado de dificultad para los estudiantes, para dar paso, de manera progresiva a otras en las que la complejidad aumente de manera gradual.

Los criterios que propone el currículo para que los profesores secuenciamos los contenidos procedimentales a lo largo de la etapa, se basan en la consideración de que éstos deben tener en cuenta factores como la familiaridad de la tarea, el grado de autonomía que se exige al alumnado y la complejidad de las habilidades y destrezas que hay que emplear para la realización de las actividades. Criterios que en líneas generales coinciden con los propuestos por Pro (1998), el cual añade algún otro aspecto, como el dominio por parte de los estudiantes de los prerrequisitos que exige cada procedimiento, o la propia complejidad que algunos de ellos presentan (emisión de hipótesis y diseño experimental más o menos autónomamente, elaboración de conclusiones a partir de la teoría...).

Aunque en relación con la forma de secuenciar las actividades no disponemos de criterios curriculares ni del campo de la Didáctica de las Ciencias, entendemos que su diversificación a lo largo de la etapa debería basarse al menos en dos premisas: la dificultad que puedan presentar las tareas que se demandan al alumnado y el grado de autonomía con el que se planifican, desarrollan y analizan las actividades.

En consecuencia, cabría esperar que, en los libros de texto, las actividades de lápiz y papel y los trabajos prácticos fueran aumentando progresivamente su dificultad, de manera que conforme se avanza en los distintos cursos de la ESO, dentro de las primeras hubiera un aumento de aquellas que suponen la aplicación o ampliación de conocimientos (LP2) y el desarrollo de algunos procedimientos relacionados con la actividad científica (LP3) en detrimento de las más rutinarias y enfocadas exclusivamente al ámbito conceptual (LP1); y que en los trabajos prácticos se fuera

avanzando desde actividades dirigidas, y tareas sencillas de resolver (TP0, TP1) a otras de mayor autonomía y grado de indagación por parte de los estudiantes (TP2, TP3, TP4, TP5).

Por lo tanto, en 1º ciclo de la ESO, en los libros de texto deberían predominar procedimientos instrumentales como la observación cualitativa y cuantitativa, la clasificación o el desarrollo de destrezas manuales; procedimientos relacionados con la recogida, interpretación y comunicación de la información a través de técnicas sencillas, como la utilización de dibujos y esquemas, tablas o gráficas, e informes sencillos, principalmente descriptivos; que las habilidades de investigación que se fomentaran se basaran en situaciones problemáticas que fueran familiares para el alumno, que no exigieran manejar muchos datos numéricos ni más de dos variables, y que el diseño experimental estuviera más o menos dirigido por el profesor prestándole la ayuda básica que se considere necesaria para su resolución.

Por el contrario, en el 2º ciclo sería lógico que hubiera cierta progresión en cuanto a la complejidad de los procedimientos que se proponen (observaciones más detalladas, clasificaciones con más diversidad de características o propiedades, elaboración y análisis de tablas y gráficas con más de dos variables y que requieran extrapolación de datos, elaboración de conclusiones e informes menos descriptivos y más autónomas...). Y, especialmente, que las situaciones de investigación y de resolución de problemas que se proponen fomentaran un avance importante en el desarrollo de los procedimientos más relacionados con la actividad científica, desarrollando la autonomía de los estudiantes y el nivel de indagación que deben de poner en práctica en su resolución (problemas abiertos que permitieran la formulación de preguntas y emisión de hipótesis de forma autónoma; diseño experimental autónomo por parte del alumnado y con control de variables; utilización de instrumentos y datos cada vez más complejos; informes finales en los que se propongan explicaciones teóricas a la luz de los datos de la investigación...).

A partir de los resultados que se obtengan del análisis de las actividades y contenidos procedimentales que proponen los libros de texto de cada uno de los cursos de ESO, trataremos de identificar hasta qué punto tienen en cuenta los criterios de secuencia anteriormente descritos, con el fin de comprobar si existe el tratamiento equilibrado y la progresión que se prescribe desde el currículo de la etapa y desde la propia Didáctica de las Ciencias.

4.2.4. Estrategias para el análisis de datos

Teniendo en cuenta que la estructura que presentan las actividades en los libros de texto no es homogénea, ha sido necesario tomar una serie de decisiones preliminares que permitieran realizar su análisis con criterios equivalentes:

- La unidad de análisis es la actividad, considerando como tal a cualquier tarea dirigida expresamente a los alumnos, ya sean las más sencillas (que suelen denominarse cuestiones), otras más complejas (a veces llamadas simplemente actividades), o las que se incluyen en propuestas de trabajo más amplias (investigaciones, lecturas complementarias...).

- Las actividades objeto de análisis han sido aquellas que en los libros de texto se encuentran dentro del desarrollo del contenido de cada tema, excluyendo las llamadas de iniciación, ya que sólo están presentes en algunos de los libros, así como las de autoevaluación que se sitúan al final del tema y que, de la misma forma, sólo están presentes en algunas de las editoriales.
- En aquellos casos en que una actividad incluye diversas preguntas o cuestiones, si éstas se refieren al mismo campo conceptual adoptamos la decisión de contabilizarla como una única pregunta a efecto de nuestro análisis; en caso contrario, se han considerado cada una independientemente de las otras.

A partir de estos criterios elaboramos una plantilla para la recogida de datos de las distintas actividades, en la que se especifica el tipo de actividad de que se trata y los contenidos procedimentales que puede contribuir a desarrollar en el alumnado. Como ejemplo, en el cuadro 4.4 se muestra una de ellas, de cuya lectura deducimos que se trata de un trabajo práctico de nivel 1 (TP₁), que incluye dos actividades de lápiz y papel del tipo 2 (LP₂), y que su puesta en práctica requiere utilizar un procedimiento, la “Observación explícita” (A5).

<p>Experimenta:</p> <p><i>Llena un frasco de cristal o una botella de plástico transparente hasta la mitad con arena, tierra y piedrecitas. Completa el resto con agua. Agita el recipiente para que se mezclen bien todos los materiales y déjalo reposar.</i></p> <p>a) <i>¿Cómo han quedado dispuestos los distintos materiales?</i> b) <i>¿Existe en la naturaleza algún proceso parecido a este?</i> c) <i>¿A qué tipo de roca daría lugar dicho proceso?</i></p> <p>(Editorial Oxford, 1º ESO, página 136)</p>									
Página	LP ₁	LP ₂	LP ₃	TP (Nivel)	Contenido procedimental implicado				
136		2		1	A5				Reproducir una roca sedimentaria

Cuadro 4.4. Ejemplo de actividad incluida en un libro de texto

A partir de los datos que suministra el análisis específico de cada actividad, se ha llevado a cabo un recuento de la frecuencia de cada tipo de actividad en cada curso, así como de los contenidos procedimentales que promueven. Además, se ha analizado cada una de las editoriales por separado para comprobar si existen diferencias específicas entre ellas.

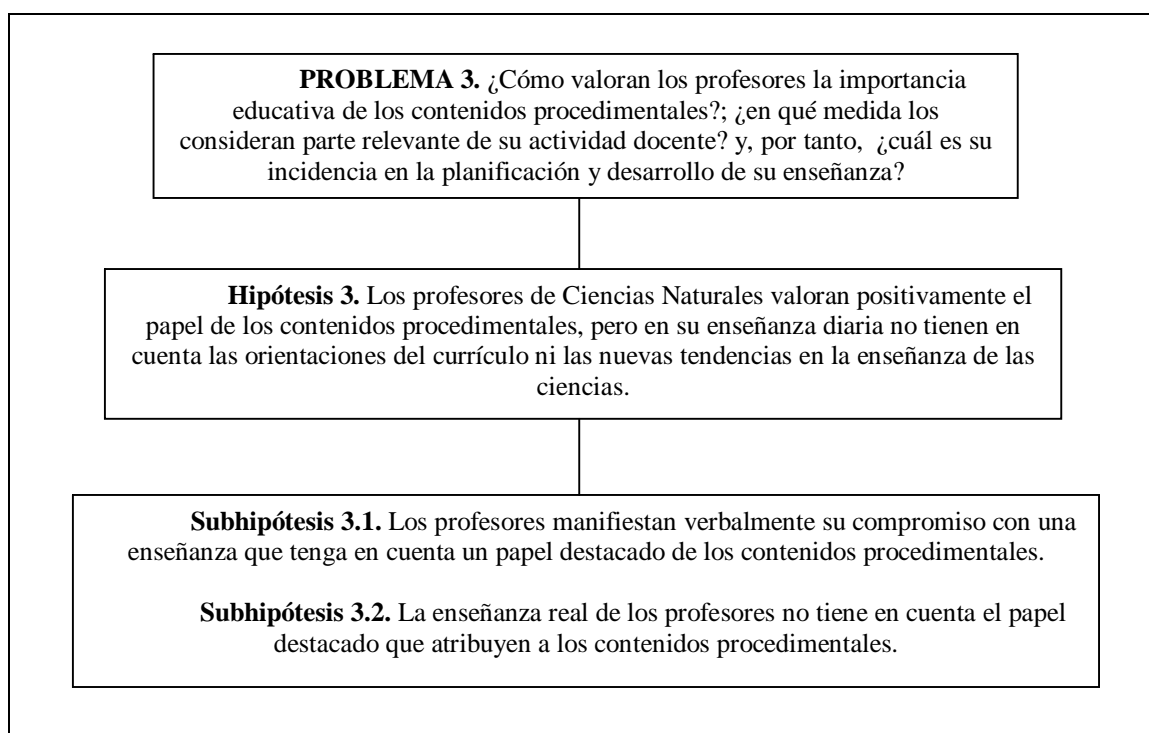
Las conclusiones que se obtengan acerca de la idoneidad de este recurso didáctico, nos ayudarán a interpretar los resultados obtenidos al investigar las destrezas y habilidades relacionadas con los contenidos procedimentales que muestra el alumnado de ESO (problema 1), que además habrá que contrastar con la opinión y la práctica de los profesores (problema 3).

4.3 PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN RELACIÓN CON EL PROBLEMA 3

De acuerdo con lo que señalamos en el capítulo 1, nuestro tercer problema quedaba formulado de la manera que se presenta en el cuadro 4.5, en la que también incluimos la explicación que, a modo de hipótesis formulamos en relación con el mismo

4.3.1. Problema, hipótesis y subhipótesis

Según nuestro planteamiento general, la situación de la enseñanza de los contenidos procedimentales en la ESO depende en gran medida de la actuación de los profesores en las clases, ya que, aunque en los libros se concretan los contenidos que deberían aprender los alumnos, y las editoriales proponen la metodología para su enseñanza y aprendizaje, los profesores pueden intervenir activamente reforzando o modificando sus propuestas.



Cuadro 4.5. Hipótesis y subhipótesis en relación con el Problema 3

En la revisión de las investigaciones sobre los profesores, realizada en el capítulo anterior, se señalaba la necesidad de que los cambios curriculares promovidos desde las administraciones educativas deberían ir acompañados también por cambios en los profesionales de los centros educativos para que acepten y lleven a la práctica las ideas innovadoras de la LOGSE; este cambio es clave para que dichas propuestas sean efectivas.

Por ello, pretendemos acercarnos a sus opiniones sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales, las dificultades que encuentran en este cometido, su importancia en relación con los contenidos conceptuales y el papel que tienen los distintos tipos de procedimientos en cada nivel educativo. También es necesario conocer

cómo es la enseñanza que realizan en las aulas; de esta forma se puede obtener información que completada con la anterior puede ayudar a dar explicaciones de cómo enseñan los contenidos procedimentales.

Dada la dificultad de llevar a cabo, en el contexto de nuestra investigación, un seguimiento y análisis de la actuación de los profesores en sus clases, como se realiza en los estudios de caso (Mellado, 2000), optamos por obtener una información más limitada sobre algunos elementos de su docencia, como su participación en la planificación didáctica y la valoración que hacen de ella, la utilización de los materiales didácticos y los contenidos procedimentales que proponen y la forma de evaluarlos, sirviéndonos para ello las unidades didácticas que han elaborado y los exámenes que proponen a sus alumnos.

4.3.2. Características de la muestra objeto de estudio

Para obtener la información requerida se ha tenido en cuenta que hubiese representación del profesorado de la Región de Murcia de los distintos niveles educativos: maestros y maestras que imparten enseñanza en primaria y en el primer ciclo de ESO y profesores y profesoras de secundaria y bachillerato.

En la tabla 4.13 se resumen las características de los profesores entrevistados.

Profesor	Centro de trabajo	Localidad	Antigüedad
1	IES La Flota	Murcia	14
2	IES Pedro Guillén	Archena	4
3	IES Pedro Guillén	Archena	6
4	IES La Flota	Murcia	40
5	CP Micaela Sanz	Archena	6
6	IES Francisco de Goya	Molina	23
7	IES La Flota	Murcia	32
8	CP Narciso Yepes	Murcia	7
9	IES José Planes	Murcia	28
10	IES Rector Francisco García Sabater	Murcia	12
11	IES Mariano Baquero	Murcia	25
12	IES El Carmen	Murcia	36
13	IES Luis Manzanares	Torre Pacheco	15
14	IES Juan de la Cierva	Totana	13
15	IES La Alberca	Murcia	25

Tabla 4.13. Características de la muestra del Problema 3

La elección de la muestra se hizo teniendo en cuenta que fuese representativa de la población objeto de estudio en cuanto a sexo, edad y nivel educativo. Así de los 15 entrevistados 10 son mujeres y 5 hombres lo que coincide aproximadamente con la distribución del profesorado por sexos. En cuanto a la antigüedad en la profesión, que puede influir en la práctica docente, la media es de 19,6 años, siendo algo mayor en la de los maestros, y hay profesionales tanto con poca experiencia (menor de 6 años) como de aquellos que llevan más de 20 años. Sin embargo, su experiencia en las enseñanzas con el currículo LOGSE es variable en todos los casos ya que su implantación total se realizó en la ESO en el curso 1999-2000 y las enseñanzas correspondientes al primer

ciclo de ESO siguieron desarrollándose en los centros de Enseñanza Primaria en muchos casos.

4.3.3. Diseño de los instrumentos de recogida de información

En la revisión de las investigaciones realizadas que hemos desarrollado anteriormente, se ha podido comprobar que la información que se obtiene de los profesores procede del análisis de cuestionarios que contestan aspirantes a profesores cuando realizan cursos de aptitud pedagógica (CAP), o profesores en activo que participan en actividades de formación. En nuestro caso, para obtener la mayor información posible, nos pareció que no serían suficientes las respuestas escritas a un cuestionario, por lo que optamos por realizar una entrevista posterior, en la que, o bien se comentase el cuestionario, si ya lo habían contestado, o se completase mediante un diálogo con el profesor.

La información que pretendíamos recoger (Anexo III) se divide en dos aspectos: por un lado su opinión sobre la importancia educativa de los contenidos procedimentales, en general, y de algunos de ellos en particular; por otro, pretendíamos obtener información sobre algunos aspectos de su práctica docente en referencia a la enseñanza del ámbito procedimental. Para ello, se optó por pedirles una Unidad Didáctica de algún curso de ESO, las actividades didácticas realizadas en el desarrollo de esa unidad y algún examen; de esta forma se contrastan sus declaraciones con diferentes documentos, que reflejan parte de su práctica educativa y ayudan a conocer mejor sus ideas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Con objeto de realizar la entrevista se habló primeramente con cada uno de ellos para exponerles los motivos que pretendíamos, entregarles el cuestionario, para que lo pudiesen conocer de antemano y confirmar el momento de la entrevista; también se les proponía grabar la conversación y así recoger todas las respuestas con más fidelidad. Si bien en la primera visita se mostraban dispuestos a colaborar, en la segunda visita, cuando ya habían leído el cuestionario y al avisarles de la grabación, algunos profesores se negaron a ello por lo que se grabaron 7 entrevistas.

4.3.4. Descripción del cuestionario y de los materiales didácticos

En la tabla 4.14 se recoge el contenido de las preguntas del cuestionario y la descripción de los materiales didácticos que entregan.

Cuestionario	Preguntas 1 y 2	Años totales en la enseñanza y en cada nivel educativo
	Pregunta 3	Programación de la asignatura: participación; bases para su elaboración; adecuación
	Pregunta 4	Opiniones sobre los contenidos procedimentales: dificultades; formas de comprobar su aprendizaje; importancia respecto a los conceptuales; importancia relativa de cada uno de ellos en /Primaria /ESO/ Bachillerato
Materiales entregados		Unidad Didáctica: contenidos procedimentales incluidos
		Preguntas y actividades del libro y complementarias
		Exámenes

Tabla 4.14. Elementos de la entrevista a profesores

En una primera parte (preguntas 1 y 2) se pregunta sobre los años totales de docencia y en los distintos niveles educativos.

Con la pregunta 3 pretendíamos conocer si la programación didáctica que los profesores deben elaborar y en la que se incluye, entre otros elementos, los objetivos, la metodología de enseñanza y los contenidos de cada unidad didáctica refleja sus intenciones educativas, preguntando sobre su grado de participación en la misma y su compromiso con ella, ya que en algunos casos los profesores no han podido participar en su elaboración.

También se pregunta si su elaboración se basa, además de las prescripciones de las administraciones educativas, en las ideas de los componentes del Departamento al que pertenece, o bien, se limita a recoger la normativa administrativa, o son una copia de las elaboradas por la editorial de los libros de texto que utilizan los profesores; en esta situación, probablemente, la forma de plasmar su enseñanza no se verá reflejada en las unidades didácticas que elaboren.

En cuanto a los tipos de contenidos que son objeto de enseñanza (pregunta 4), nos centramos en los procedimentales para conocer si encuentran dificultades para ello y de qué tipo son; también en los instrumentos que proponen para comprobar si sus alumnos los aprenden ya que pensamos que, en general, los profesores se centran en los contenidos conceptuales.

Por otra parte, y para conocer la valoración que hacen de los contenidos conceptuales y procedimentales y si su enseñanza se corresponde con su valoración se pide que puntúen cada uno de los contenidos en

Por otra parte, se pide que puntúen la importancia relativa que dan a la enseñanza de los contenidos conceptuales y a la de los procedimentales en Educación Primaria, Educación Secundaria y Bachillerato (pregunta 4.c) en dos aspectos: cómo debería ser su enseñanza y como creen que es la que aplican con sus alumnos.

En la segunda parte del cuestionario queremos comprobar si sus ideas, se ven reflejadas en las unidades didácticas que elaboran, de las que analizaremos la relación de contenidos procedimentales y las actividades que proponen a los estudiantes, pidiendo, además, alguna prueba escrita de las que utilizan para la evaluación de sus alumnos.

Creemos que analizar las pruebas escritas nos pueden proporcionar información adecuada para comprobar el papel en el que sitúan los contenidos procedimentales ya que una parte importante del proceso de enseñanza y aprendizaje es la evaluación que, tanto profesores como los propios alumnos, deben realizar continuamente para comprobar la eficacia del proceso (Sanmartí, 2002) y, aunque estamos de acuerdo con esta autora en que los exámenes no son los instrumentos únicos de evaluación, creemos que reflejan el pensamiento docente y la realidad educativa como compromiso de lo que se debe hacer y lo que se puede hacer.

También podremos conocer algunos aspectos del desarrollo del proceso de enseñanza por medio de los contenidos y actividades que proponen a sus alumnos, ya que comprobaremos si se ciñen al libro de texto o desarrollan además actividades que puedan mejorar las posibilidades de enseñanza de los contenidos procedimentales.

PARTE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

**CAPÍTULO 5. APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS
PROCEDIMENTALES DURANTE LA EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA**

**CAPÍTULO 6. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES
EN LOS LIBROS DE TEXTO**

**CAPÍTULO 7. CONCEPCIONES Y PRÁCTICA DE LOS
PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE LA ENSEÑANZA Y
EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS
PROCEDIMENTALES**

**CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE
INVESTIGACIÓN**

Corresponde a esta parte de la Memoria presentar los resultados obtenidos como consecuencia de la investigación que hemos desarrollado. Como hemos señalado en otros momentos, éstos hacen referencia a los dos aspectos que han orientado este estudio:

a) En primer lugar (Capítulo 5), al análisis de los *aprendizajes* logrados por los estudiantes al finalizar la enseñanza secundaria obligatoria, y a los avances que, en relación con el desarrollo de estas habilidades de investigación, se producen como consecuencia de la enseñanza. En este sentido mostraremos los resultados más relevantes, diferenciando -en el apartado 5.1- los que tienen como referencia las representaciones numéricas (tablas y gráficas) y -en el apartado 5.2- los que corresponden al resto de las habilidades objeto de esta investigación.

b) En su segunda parte (Capítulo 6), presentaremos los resultados del análisis que hemos desarrollado sobre la *enseñanza* de estos contenidos en las aulas, tomando como referencias el análisis de los libros de texto (Capítulo 6.1), así como la atención que estos contenidos reciben como consecuencia de la práctica educativa que desarrollan los profesores (Capítulo 6.2).

Estos resultados nos van a permitir presentar, en la última parte de esta Memoria (Conclusiones), algunas consideraciones relacionadas con las dificultades que tienen los estudiantes para comprender y poner en práctica los distintos contenidos procedimentales, así como la evolución de estas capacidades a lo largo de esta etapa educativa. También aportaremos evidencias sobre las características de los libros de texto que facilitan o dificultan la superación de esas dificultades, que nos servirán para

proponer sugerencias sobre cómo mejorar las actividades que en ellos se proponen para el aprendizaje de estos contenidos. Finalmente, señalaremos algunas orientaciones para que la enseñanza por parte de los profesores de las habilidades de investigación, pudiera ser más eficaz, teniendo en cuenta las necesidades educativas de los estudiantes de estas edades.

CAPÍTULO 5: APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES DURANTE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Cuando formulábamos las hipótesis que han guiado nuestro trabajo sobre las capacidades de los estudiantes, expresábamos que al inicio de la Educación Secundaria éstas no responden a las expectativas derivadas del currículo de Educación Primaria, y que, a pesar de que creemos que estas capacidades mejoran, lógicamente, tras los años de enseñanza recibida, al acabar la enseñanza obligatoria tampoco han alcanzado los objetivos que propone el currículo.

Como se muestra en el esquema de la figura 5.1, en este capítulo pretendemos conocer la situación de los aprendizajes de algunos procedimientos del trabajo científico en dos niveles de conocimiento: uno más sencillo, en el que queremos saber hasta qué grado los estudiantes reconocen cada uno de los procedimientos y los diferencian de otros; y un nivel más complejo en el que deben de poner en práctica sus conocimientos y capacidades para resolver las tareas que se les presentan. Como consecuencia del análisis que efectuemos, podremos deducir las dificultades más comunes que tienen los estudiantes en relación con cada uno de ellos y, a modo de hipótesis, obtener implicaciones educativas que permitan aportar ideas para reconocer niveles de dificultad en el dominio de los distintos procedimientos y poder orientar secuencias de enseñanza relacionadas con estos contenidos.

Para cada una de las tareas, el orden seguido en el análisis es el siguiente: en primer lugar, y para que se puedan comprender con mayor facilidad los resultados, se transcribe el texto de la pregunta; posteriormente se describen las categorías en las que se han agrupado las respuestas y, a continuación, los resultados obtenidos para cada cuestión por medio de tablas de frecuencia; finalmente, se presentan las valoraciones

que hacemos de los resultados obtenidos, comparando las respuestas en cada uno de los cursos. Ya que no todos los cursos contestan a las mismas cuestiones y situaciones, en aquellos casos que nos ha parecido necesario se han vuelto a mostrar las tablas que señalan las cuestiones que contestan cada uno de los cursos.

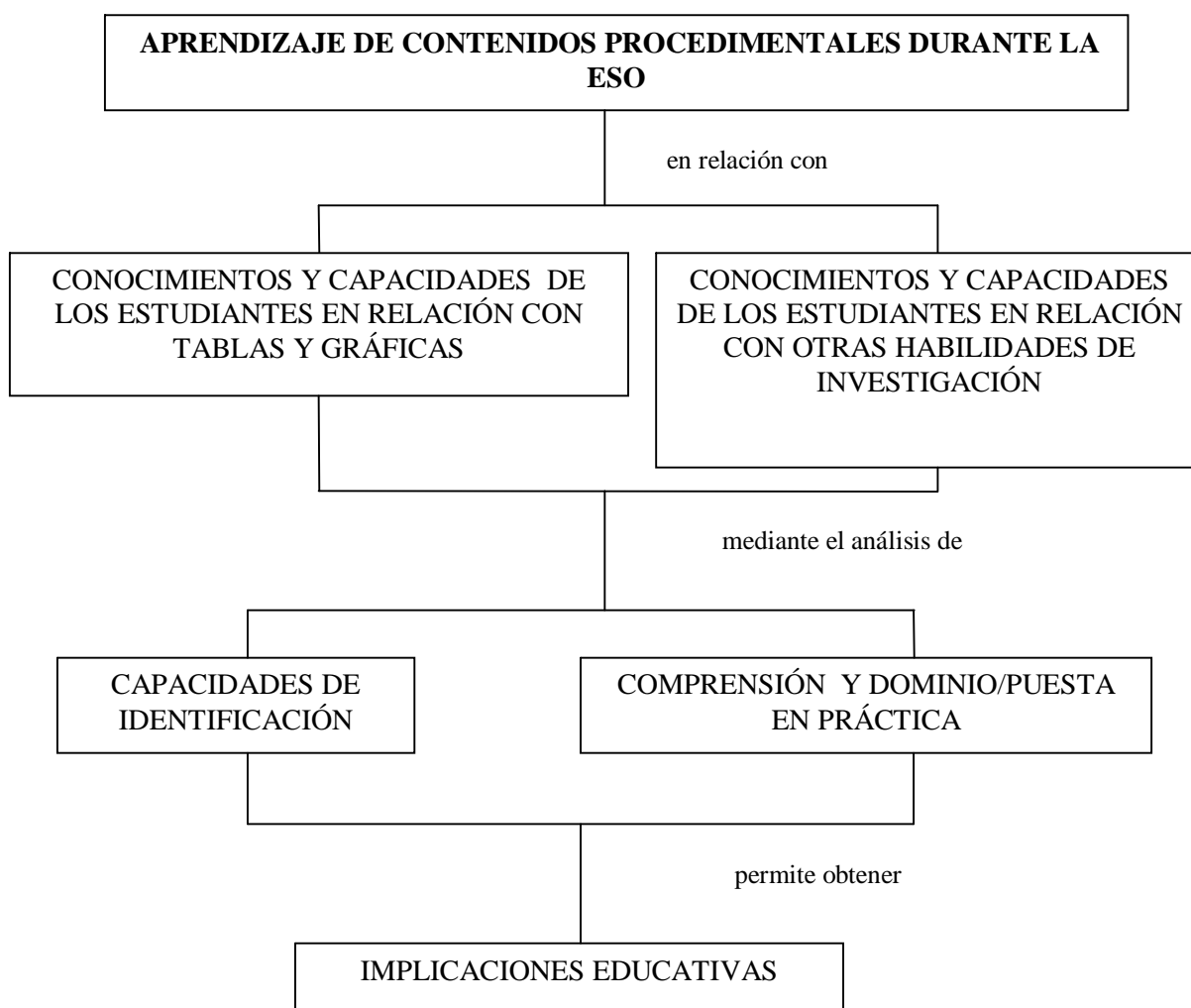


Figura 5.1. Esquema general del Capítulo 5

5.1. CONOCIMIENTOS Y CAPACIDADES DE LOS ESTUDIANTES EN RELACIÓN CON TABLAS Y GRÁFICAS

Como indicábamos anteriormente, uno de los objetivos fundamentales de este trabajo de investigación es indagar en torno al grado de conocimiento, habilidades y destrezas que alcanzan los estudiantes durante la Educación Secundaria Obligatoria con respecto a algunos de los contenidos procedimentales que propone el currículo oficial para esta etapa educativa, ocupándonos en esta primera parte de uno de los tipos más extendidos en estos niveles: la representación de datos a través de tablas y gráficas y la interpretación de la información que éstas proporcionan.

Ampliando el esquema de la figura anterior, nuestra investigación se ha centrado, en primer lugar, en los conocimientos y capacidades que muestran los estudiantes a la hora de identificar, describir y ejemplificar tablas y gráficas, así como en conocer si saben la utilidad de este tipo de representaciones; es decir, capacidades fundamentalmente declarativas. En segundo término, en las habilidades y destrezas de que disponen para la elaboración e interpretación de tablas y gráficas de diferente nivel de dificultad; es decir, sus capacidades para utilizar y aplicar habilidades que constituyen referencias importantes en la investigación científica (figura 5.2). En particular nos proponemos comprobar si se verifican las distintas subhipótesis que formulamos en relación con el primer problema de investigación y, como consecuencia de ello, en qué medida quedaría contrastada la correspondiente hipótesis.

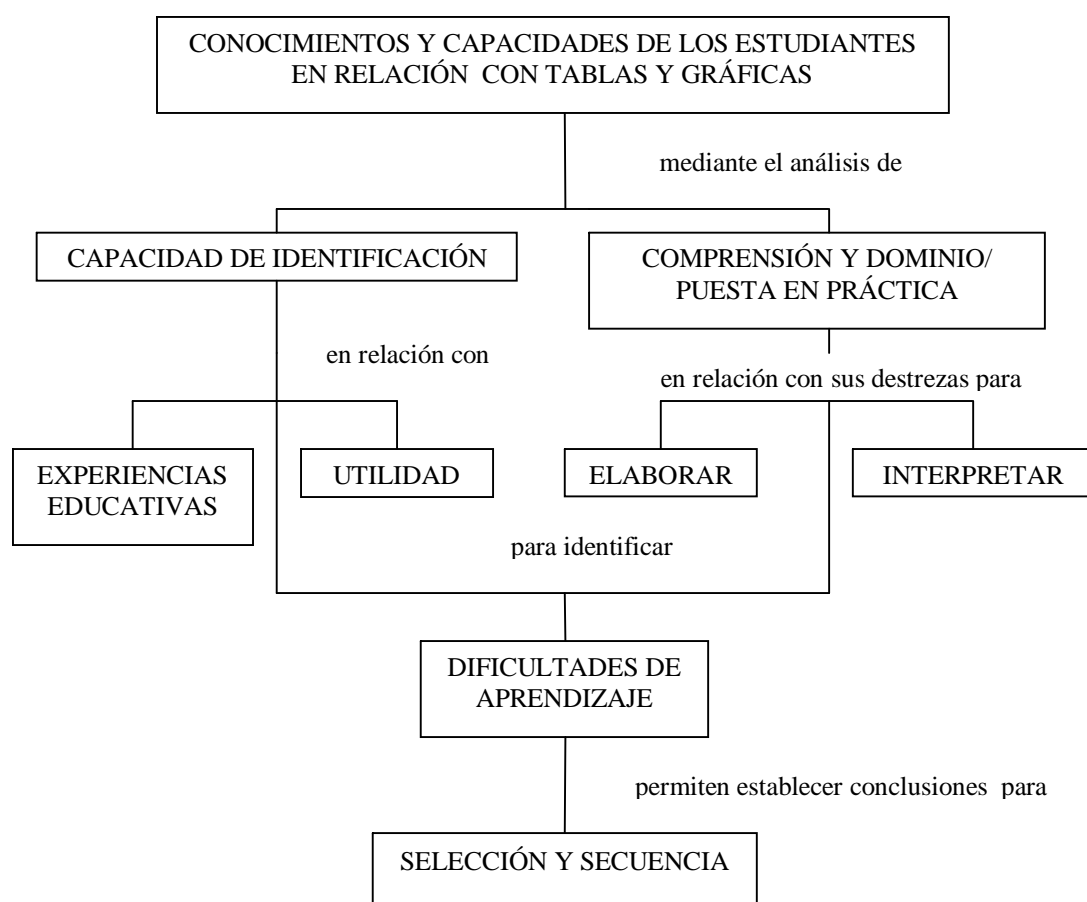


Figura 5.2. Esquema general de la investigación sobre tablas y gráficas

5.1.1. Capacidades de identificación de las características de tablas y gráficas

Como acabamos de señalar, comenzaremos nuestro análisis presentando aquellos resultados relacionados con las capacidades de identificación que muestran los estudiantes de los distintos cursos en relación con tablas y gráficas, y de la utilidad que tienen estas formas de representación numérica.

Para investigar estos conocimientos, administramos un cuestionario en el que se combinan preguntas abiertas y de elección múltiple referidas a dos aspectos: su experiencia en el ámbito educativo, es decir, si creen saber qué es una tabla o una gráfica y, para comprobarlo, si son capaces de poner ejemplos de las mismas; también,

sus conocimientos con respecto a la utilidad de ambos tipos de representaciones. En el cuadro 5.1, se recogen las preguntas referidas exclusivamente a tablas; de la misma forma se propusieron preguntas con el mismo texto en relación con gráficas.

1. Con frecuencia los científicos recurren a las tablas y gráficas en sus investigaciones. También, con frecuencia, podemos observar tablas en los libros de texto de las clases de ciencias y en los medios de comunicación (periódicos, televisión...).

a) ¿Te imaginas qué clase de representaciones son las TABLAS a las que se refiere el párrafo anterior? Pon una X al principio de la frase con la que estés más de acuerdo. (En 1º y 3º de ESO)

- Sí, me lo imagino. las hemos utilizado en clase y creo saber lo que son las tablas.
- Creo que sí; alguna vez hemos utilizado las tablas en clase, pero tengo algunas dudas.
- Aunque las hemos utilizado en clase, no me acuerdo de lo que son las tablas.
- No sé lo que es una tabla; creo que nunca hemos utilizado tablas en clase.
- No entiendo lo que se me pregunta.

b. ¿Podrías poner una tabla que represente el cambio de la altura de una persona según su edad? No hace falta que sea muy extensa (En 1º de ESO)

Si recuerdas haber utilizado TABLAS en clase o haberlas visto en los medios de comunicación (televisión, periódico ...), ¿puedes poner un ejemplo de alguna? No hace falta que sea exactamente igual a la que recuerdes. (En 3º de ESO y 1º bachillerato)

c. Como decíamos, los científicos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia TABLAS, ¿sabes qué utilidad tiene en estos casos las TABLAS?

Cuadro 5.1. Cuestiones referidas a conocimientos declarativos sobre tablas

A continuación mostramos los resultados correspondientes a cada uno de los aspectos analizados, agrupados en las categorías que presentamos a continuación, y que hemos establecido a partir del análisis cualitativo de las respuestas.

a) Experiencia en el ámbito educativo

En relación con el grado de recuerdo que, desde su experiencia académica, manifiestan tener los estudiantes sobre la identificación de tablas y gráficas, se formuló una pregunta sobre el grado de recuerdo que afirman tener y sobre su utilización en cursos anteriores. Además, ya que con esta pregunta no nos permite concluir hasta qué punto los estudiantes realmente identifican estas formas de representación, ya que únicamente tienen un valor declarativo, consideramos necesario contrastarla con las respuestas que dan cuando se les solicita que pongan ejemplos de ambos tipos de representaciones, dibujando alguna tabla o gráfica que recuerden.

Para la primera cuestión hemos establecido tres categorías:

- Categoría A: agrupa aquellas respuestas en las que se afirma que creen saber lo que son tablas y gráficas, y que las han utilizado con cierta frecuencia (señalan las dos primeras respuestas de la pregunta 1a).
- Categoría B: incluye las respuestas de los que dudan o reconocen que no se acuerdan de lo que son tablas o gráficas (marcan las dos opciones siguientes).

- Categoría C: incluye a los que dicen que no comprenden lo que se les pregunta (señalan la última opción) o no contestan.

Los resultados obtenidos (tabla 5.1), donde no se ha incluido a 1º de Bachillerato por que considerábamos obvio que saben identificar tablas y gráficas, ponen de manifiesto que una amplia mayoría de estudiantes de los distintos niveles investigados afirman conocer y diferenciar las tablas y gráficas, aunque habría que destacar el hecho de que algo más de la tercera parte de ellos declaran explícitamente que no recuerdan haber utilizado estas formas de representación.

Cursos	Categoría A		Categoría B		Categoría C	
	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas
1º ESO	64.2	69.1	34.5	29.6	1.2	1.2
3º ESO	50.8	81.5	39.9	15.4	9.2	3.1

Tabla 5.1. Capacidad de recuerdo sobre tablas y gráficas (en %)

Al comparar los resultados obtenidos para tablas y gráficas constatamos que es mayor el porcentaje de estudiantes que recuerdan y tienen experiencia sobre éstas últimas (especialmente al finalizar el primer ciclo de ESO), probablemente porque son más habituales en las clases de ciencias, en otras áreas del currículo y en los medios de comunicación. Por el contrario, al analizar la progresión existente entre los dos cursos, comprobamos que los estudiantes que han finalizado el primer ciclo, recuerdan en menor medida las tablas que los que inician este ciclo, no sólo porque son menos los que se pueden incluir en la categoría A; también, porque son casi el 10% los que no contestan a la pregunta.

Para la segunda cuestión hemos establecido las siguientes categorías:

- Categoría A: los estudiantes saben poner ejemplos de una tabla/gráfica, incluyendo los elementos esenciales de que constan cada una de ellas (en el caso de las tablas, columnas, filas y encabezamiento; para las gráficas, ejes, datos y líneas u otras formas de representación).
- Categoría B: los estudiantes dibujan una tabla en lugar de una gráfica o una gráfica en lugar de una tabla (cuadro 5.2).
- Categoría C: los estudiantes no saben poner ejemplos de tablas/gráficas o dejan la tarea sin realizar.

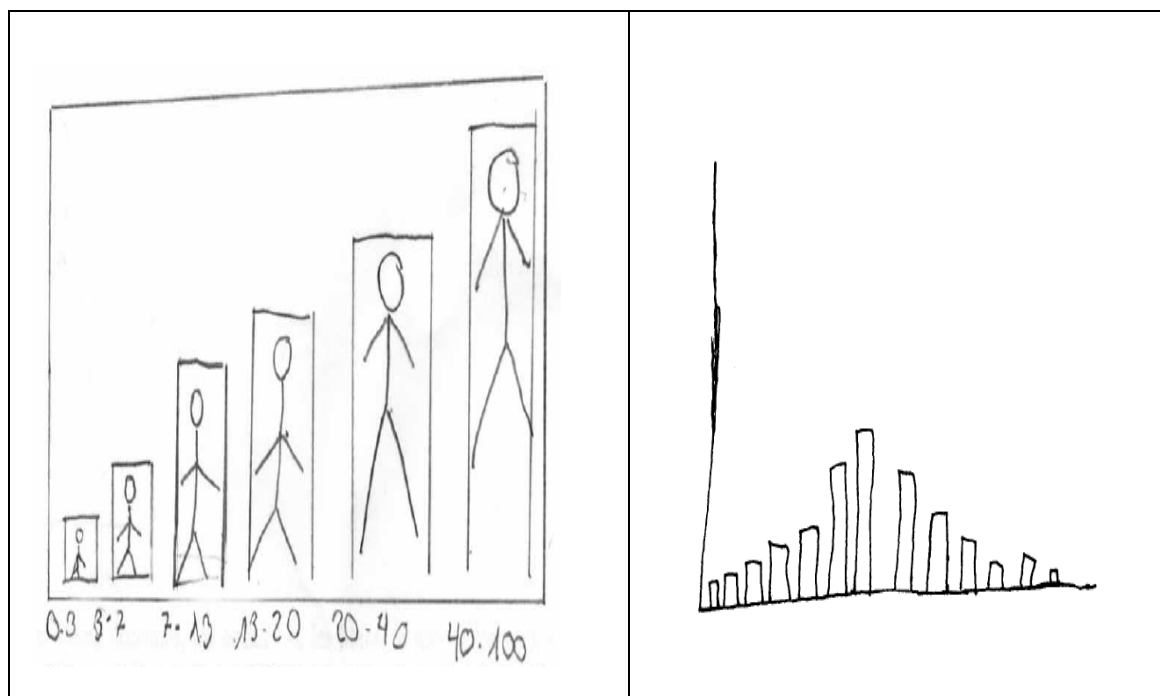
Los resultados obtenidos (tabla 5.2) indican que salvo los estudiantes de 1º de Bachillerato, el resto muestra un desconocimiento considerable de lo que es una tabla, ya que aproximadamente sólo uno de cada tres estudiantes de los niveles anteriores es capaz de dibujarla. Por otra parte, muchos confunden tablas y gráficas; así lo hacen casi la mitad de los estudiantes de 1º de ESO. Aunque en el siguiente curso este número disminuye considerablemente, todavía casi un 20% cometen esta equivocación. También parece sorprendente el número de los estudiantes que dejan la tarea sin realizar, especialmente en 3º de ESO. Estos datos reflejan las dificultades que tienen la mayoría de los alumnos de estos cursos para identificar esta forma de representación numérica, y para diferenciarlas de otras, como las gráficas.

La situación es bien distinta en el caso de las gráficas ya que son ampliamente conocidas en todos los cursos investigados, como se desprende de los datos referidos a la categoría A, siendo muy pocos (no llegan al 2%) los que las confunden con tablas. Sin embargo, con excepción de los estudiantes de 1° de Bachillerato, son demasiados (hasta casi una tercera parte de los estudiantes de 1° de ESO) los que dejan la tarea sin realizar.

Cursos	Categoría A		Categoría B		Categoría C	
	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas
1° ESO	35.8	67.9	48.1	1.2	16.0	30.9
3° ESO	29.2	73.8	18.5	1.5	52.3	24.6
1° BACH	94.2	94.2	1.9	1.9	3.8	3.8

Tabla 5.2. Capacidades para dibujar tablas y gráficas (en %)

En general, y con la excepción que se observa en relación con las tablas -los resultados son ligeramente superiores en 1° que en 3° de ESO-, comprobamos que a medida que se avanza en el sistema educativo es mayor el porcentaje de estudiantes que saben poner ejemplos de tablas y gráficas.



Cuadro 5.2. Ejemplos de respuestas correspondientes a la categoría B: dibujar una gráfica en vez de una tabla

Además, según podemos observar al comparar los resultados comentados hasta ahora, mientras que existe cierta coherencia en las respuestas de los estudiantes a la hora de afirmar que en sus años de escolaridad han utilizado gráficas y poner algún ejemplo de ellas, esto no ocurre en relación con las tablas. En todo caso, parece evidente que la falta de conocimientos, experiencias educativas, y quizás de reflexión, a la hora de contestar las preguntas del cuestionario, justificarían el escaso éxito de los estudiantes de 1° y de 3° de ESO para poner ejemplos de estas clases de representaciones numéricas.

b) Conocimientos sobre la utilidad de tablas y gráficas

Como información complementaria a la anterior, nos parecía de interés conocer la utilidad que los estudiantes encuentran a este tipo de representación de datos. Sus respuestas a las preguntas formuladas en ese sentido (cuestión c), han sido agrupadas en las siguientes categorías:

- Categoría A: incluye a los estudiantes que se refieren, de manera adecuada, a las funciones que tienen tablas y gráficas, como son la capacidad de representar datos, de facilitar la obtención de relaciones entre los datos y entre las variables representadas, o la de facilitar la comprensión del fenómeno que se estudia.
- Categoría B: en ella se encuentran aquellos que atribuyen a las tablas y gráficas funciones imprecisas y genéricas, lo que muestra un conocimiento incompleto de su utilidad.
- Categoría C: agrupa a los alumnos que desconocen la utilidad de tablas y gráficas, no respondiendo o haciéndolo con frases incoherentes.

De las respuestas de los estudiantes (tabla 5.3) podemos deducir que solamente al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria la mayoría de los estudiantes reconocen la utilidad de tablas y gráficas, mientras que en el resto de los cursos casi nadie es capaz de manera acertada de expresar sus funciones (categoría B o C). Los resultados son bastante similares para ambos tipos de representación, aunque, de nuevo, en los dos primeros cursos estos son peores en el caso de tablas.

Cursos	Categoría A		Categoría B		Categoría C	
	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas	Tablas	Gráficas
1º ESO	0.0	3.7	32.1	3.1	67.9	64.2
3º ESO	6.1	15.4	44.6	50.8	49.2	33.8
1º BACH	88.0	86.7	12.0	12.0	0.0	1.3

Tabla 5.3. Conocimiento sobre la utilidad de las tablas y gráficas (en %)

Probablemente, estas diferencias en el grado de conocimiento sobre la utilidad de tablas y gráficas se justifican tanto por la mayor o menor experiencia educativa que han tenido con estos instrumentos, como por la capacidad cognitiva y de expresión verbal de que disponen.

Así, la mayor parte los alumnos que han finalizado la Educación Primaria o el Primer Ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, se refieren a sus funciones empleando un lenguaje poco preciso (“para saber algo de lo que quieras”, “para saber la cantidad de cosas”, “representar algo”, “enterarte mejor”, “ver claramente las cosas y poder compararlas”, “ayudar a estudiar, porque es más fácil de entender”, etc.), y/o confunden su utilidad con la información que suministran (por ejemplo, escriben: “para saber la altura de una persona cada año”, “saber la audiencia”).

Por el contrario, cuando finalizan la ESO responden, generalmente, haciendo referencia a datos o valores, siendo sus respuestas más extensas y completas (“estas tablas tienen la función que daría un resumen, pero más acertado, lógico y rápido para llegar pronto a respuestas sobre el campo que se estudia y guiarse así rápidamente al descubrimiento de nuevos conocimientos” o “es el medio por el que se representan los datos de una tabla”). Sin embargo, en ninguno de los casos se explica como relación entre variables,

concepto y vocablo que, como veremos en un apartado posterior, no es entendido ni utilizado por los estudiantes que comienzan el Bachillerato.

Como conclusión, podemos afirmar que el nivel de identificación de tablas y gráficas que muestran los estudiantes de 1º y de 3º de ESO es insuficiente, especialmente en relación con el primero de los tipos de representación, ya que un número apreciable de estudiantes, especialmente de 1º de ESO, dibuja una gráfica en lugar de una tabla, a pesar de que la mayoría reconoce haberlas utilizado en clase y creen saber lo que son. Nos parece justificado que tengan un conocimiento mayor de las gráficas, puesto que en los libros de texto son más frecuentes que las tablas.

Respecto al conocimiento sobre la utilidad de estas formas de representación, no parece razonable que, salvo los estudiantes de 1º de Bachillerato, el resto sean incapaces de explicar, de forma clara, su utilidad, lo que hará que no encuentren significado a las tareas que tengan que realizar con tablas y gráficas, dificultando así su realización.

5.1.2. Capacidades para la elaboración e interpretación de tablas y gráficas

Las tablas y gráficas que se han propuesto para su elaboración e interpretación se plantean en diversas preguntas que se muestran en los cuadros 5.3, 5.4 y 5.5 (para la elaboración de tablas sencillas, de nivel medio o complejas), y en páginas posteriores en el 5.11 (para la interpretación de tablas y la elaboración de de gráficas sencillas y complejas) y en los cuadros 5.14 y 5.15 (para la interpretación de gráficas sencillas y complejas). Los resultados obtenidos a partir de las respuestas a las distintas tareas se describen en dos apartados específicos: el primero se refiere a la elaboración e interpretación de tablas a partir de distintos textos; el segundo a la elaboración de gráficas a partir de tablas de diferente grado de dificultad y a la interpretación de dos gráficas, una sencilla y otra de mayor complejidad.

5.1.2.1. Elaboración e interpretación de tablas

En relación con este aspecto, en primer lugar se seleccionaron distintos textos; a partir de ellos los estudiantes tenían que elaborar las tablas correspondientes. Posteriormente se les propuso la interpretación de tablas, por medio de diversas tareas que requieren la aplicación de conocimientos, también de distinto grado de dificultad.

a) Elaboración de tablas a partir de un texto

Para investigar los aprendizajes que muestran los estudiantes en relación con esta habilidad se procuró que los textos fueran adecuados a sus capacidades, tanto por la dificultad del contenido conceptual implícito en los mismos, como por el número de variables y de datos que incluyen.

Para la correcta elaboración de las tablas, los estudiantes deben de:

- Dibujar la estructura de la tabla correctamente: celdillas en filas y columnas; encabezamientos con el nombre de las variables.
- Ordenar todos los datos y situarlos en la celdilla adecuada.

En base a estos criterios, y con el propósito de establecer comparaciones de cierta relevancia entre los distintos cursos, diferenciamos tres niveles en las situaciones que presentamos a los estudiantes.

- El que hemos denominado nivel I, correspondería a una tabla sencilla de dos variables y con datos relativos a contenidos fácilmente comprensibles (cuadro 5.3).

[1º ESO]

Al medir la estatura de 8 alumnos y alumnas, todos ellos de la misma edad, se encontraron los siguientes valores en cm: María José: 165; José Luis: 162, Mónica: 172; Andrés: 175; Juanjo: 170; Cristina: 168; Lucía: 160; Paloma: 159

ORDENA ESTOS DATOS EN UNA TABLA

[3º ESO]

En una publicación sobre nutrición encontramos los siguientes datos: “La cantidad de proteínas diarias que se precisan tomar, para tener una alimentación sana varía, entre otras circunstancias, en función de la edad. En los adolescentes esta cantidad es de unos 50 gramos y en los adultos es algo mayor, unos 53 gramos. En los niños, esa cantidad es lógicamente menor y se sitúa alrededor de 25 gramos, sin embargo, en los ancianos en contra de lo que pueda suponerse, es de unos 60 gramos”.

ORDENA ESTOS DATOS EN UNA TABLA

Cuadro 5.3. Textos para la elaboración de una tabla sencilla (Nivel I)

- El segundo texto, lo hemos considerado de un grado intermedio de dificultad (nivel II), tanto por su extensión y la temática a la que se refiere la información, como por el número de variables y de datos que aparecen en él (cuadro 5.4).

ESTE ES UN FRAGMENTO DE UN CUADERNO DE CAMPO DE UN ZOÓLOGO:

“Para el estudio de esta ave nos situamos a cierta distancia para observarla sin que las molestásemos. Anotamos, durante una semana, la distancia a la que llega a desplazarse en búsqueda de alimento. A las 7h se desplazaba en un radio de acción de hasta unos 100 m. Hacia las 12 de la mañana volvía a salir, pero en un radio de sólo 50 m. A las 18 h, sin embargo, se desplazaba hasta unos 200 m.

El tiempo aproximado que dura la actividad de cazar presas para traerlas a sus crías es el siguiente: a las 7 de la mañana durante 1 hora. A las 12 del mediodía, durante menos tiempo (20 minutos aproximadamente). A las 18 horas, el doble de tiempo que a primera hora de la mañana.”

CONFECCIONA UNA TABLA PARA ORDENAR LOS DATOS DE ESTE TEXTO

Cuadro 5.4. Texto para la elaboración de una tabla de dificultad media (Nivel II)

- Finalmente, hemos utilizado otro de mayor complejidad (nivel III), ya que los datos tienen valores numéricos enteros positivos y negativos, y éstos aparecen más desordenados que en el caso anterior (cuadro 5.5).

TABLA DE TEMPERATURAS EN LA ATMÓSFERA:

Utilizando instrumentos de medida adecuados, los científicos han sido capaces de determinar la temperatura en distintos lugares de la atmósfera. Los resultados obtenidos en una zona determinada han sido los siguientes:

- En la superficie de la Tierra hacía una temperatura de 12 grados centígrados.
- Los valores más bajos se encontraron a las siguientes alturas:
 - a 12 km de altura: -60 grados
 - a 80 km de altura: -80 grados
 - a 90 km de altura: -75 grados
- Los valores más elevados fueron los siguientes:
 - a 48 km de altura: -15 grados
 - a 115 km de altura: cero grados

Teniendo en cuenta estos datos:

a) Elabora una tabla que represente estos datos

Cuadro 5.5. Texto para la elaboración de una tabla compleja (Nivel III).

Estos textos se administraron a cada nivel educativo teniendo en cuenta el grado de dificultad de los mismos (tabla 5.4). En este sentido, en cada curso se seleccionaron dos de estas situaciones, que nos parecían adecuadas a las posibilidades del alumnado, considerando que el primero de ellos sería sencillo de transformar en una tabla y que el segundo presentaría mayores problemas. Por esa razón, a los estudiantes de 1º de ESO y de 3º de ESO no se les propuso el texto de nivel III, y a los de Bachillerato el correspondiente al nivel I.

Cursos	Texto de Nivel I	Texto de Nivel II	Texto de Nivel III
1º ESO	X	X	
3º ESO	X	X	
1º BACH		X	X

Tabla 5.4. Naturaleza de los textos para la elaboración de tablas

En los siguientes apartados se muestran los resultados obtenidos para cada una de las tareas formuladas.

Elaboración de una tabla sencilla (nivel I)

Para llevar a cabo el análisis de los resultados, hemos agrupado las respuestas de los estudiantes en 4 categorías.

- Categoría A: incluye a los estudiantes que elaboran correctamente la tabla, distribuyendo los datos según las variables y colocándolos en el orden adecuado, aunque la tabla no presente todos sus elementos (encabezamientos, dibujo de las celdillas...).
- Categoría B: en ella se encuentran aquellos cuyas respuestas son relativamente correctas, pues los datos se distribuyen según las variables, pero éstos aparecen desordenados.

- Categoría C: agrupa a los estudiantes que dibujan una gráfica en vez de una tabla
- Categoría D: incluye a aquellos que no responden.

A partir de los resultados obtenidos para cada una de las categorías (tabla 5.5), podemos concluir que una amplia mayoría de los estudiantes que han finalizado la Educación Primaria y el 1º ciclo de la ESO no dominan la capacidad de elaborar una tabla sencilla, aunque casi todos realizan la tarea; es decir, son pocas las respuestas en blanco.

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D
1º ESO	38.0	39.2	21.5	1.3
3º ESO	9.6	66.1	14.5	9.7

Tabla 5.5. Capacidades para la elaboración de una tabla sencilla (en %)

En particular, puede resultar sorprendente que aproximadamente una quinta parte de los estudiantes de 1º de ESO, y algo menos entre aquellos que inician el segundo ciclo, dibujen una gráfica en lugar de una tabla, lo que corrobora la confusión entre estas dos formas de representación, que ya habíamos constatado en el apartado anterior. Sin embargo, en esta ocasión el error es de mayor relevancia dado el contexto en el que se produce (en el cuestionario se dice explícitamente que confeccionen una tabla). Además de esta confusión, alguno de los errores más frecuentes, que suelen coincidir en las mismas tablas, caben destacar los siguientes (cuadro 5.6):

- Presentar los datos de manera desordenada, ya que los transcriben tal y como se presentan en el texto, lo que revela un desconocimiento de la característica más elemental de las tablas.
- La ausencia de encabezamientos con el nombre de las variables.
- Otros errores de menor importancia son: repetir las unidades en cada celdilla o no dibujar las cuadrículas para situar los datos en las celdillas.

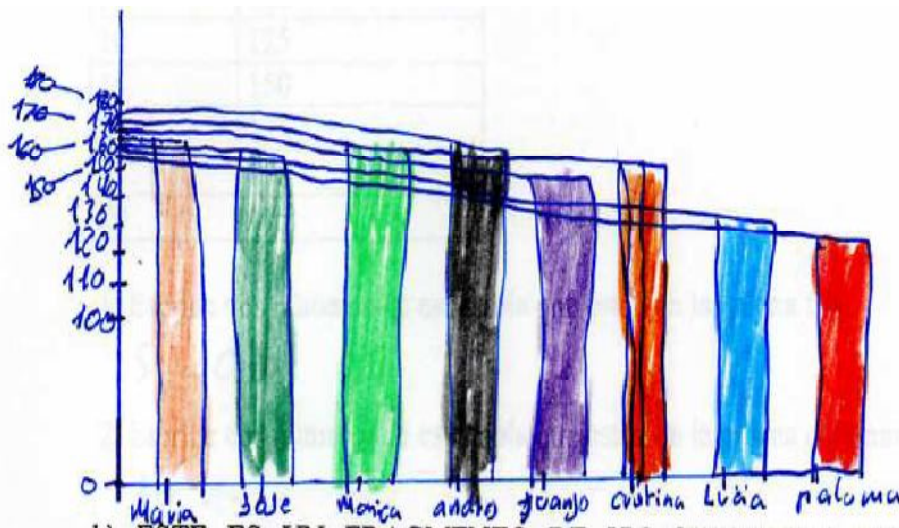
Al comparar los dos cursos a los que se presentaron textos de naturaleza sencilla, llama la atención que el porcentaje de respuestas correctas sea inferior en 3º de ESO, como ocurría en relación con sus capacidades para recordar tablas y dibujarlas; circunstancia que tiene difícil explicación, a no ser porque en este curso se utilizó un texto diferente, que pudo influir en la dificultad de interpretación, al ser más largo y referirse, en vez de a la estatura, a los gramos de proteínas diarias que deben ser consumidas, a pesar de que, en su momento, consideramos que sería un texto de similar dificultad para estos estudiantes que el que se presentó a 1º de ESO.

Maria Jose	165
Jose Luis	162
Monica	172
Andres	175
Juanjo	170
Carolina	168
Lucia	160
Paloma	159

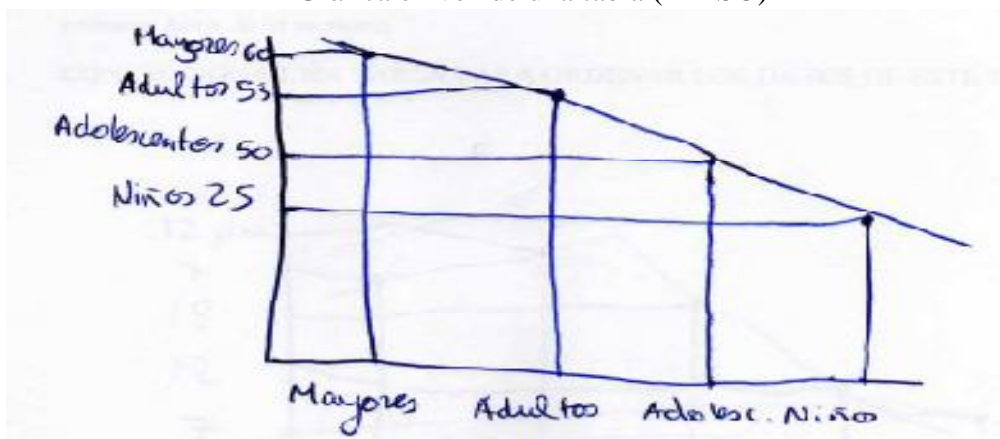
Tabla sin encabezamiento y con los datos desordenados (1° ESO)

Niños 25 granos.
 Adolescentes 50 "
 Adultos 53 "
 Mayores 60 "

Tabla sin celdillas (3° ESO)



Gráfica en vez de una tabla (1° ESO)



Gráfica en vez de tabla (3° ESO)

Cuadro 5.6. Ejemplos de errores frecuentes en la elaboración de tabla sencilla

Elaboración de una tabla de un nivel medio de dificultad (nivel II)

En esta tabla se presenta un texto de mayor complejidad que el anterior, ya que los datos corresponden a tres variables diferentes y, aunque se presentan ordenadamente, la descripción de la información puede conducir a algunos errores si no se hace una lectura detenida de los mismos.

De forma similar al apartado anterior, las categorías de respuestas a partir de las cuales hemos agrupado las respuestas de los estudiantes han sido las siguientes:

- Categoría A: en ella se agrupa a los estudiantes que elaboran correctamente la tabla, distribuyendo los datos según las variables y colocándolos en el orden adecuado.
- Categoría B: agrupa a aquellos que elaboran tablas que no son del todo correctas o que se encuentran incompletas, bien porque no responden a la estructura formal que deberían tener o porque alguno de los datos que aparecen son erróneos.
- Categoría C: los estudiantes dibujan una gráfica en vez de una tabla
- Categoría D: en la que hemos incluido los estudiantes que no responden.

El análisis de los resultados (tabla 5.6) nos permite afirmar que, sólo los estudiantes que han finalizado la Educación Secundaria Obligatoria son capaces de desarrollar con éxito la tarea ya que casi tres cuartas partes hacen correctamente la tabla (como en el ejemplo del cuadro 5.7). Sin embargo, casi la totalidad de los alumnos de 1º de ESO y un 70% de los de 3º de ESO no son capaces de elaborar correctamente una tabla a partir de los datos de un texto que hemos considerado de un grado de dificultad intermedio.

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D
1º ESO	12.6	48.1	8.9	30.4
3º ESO	30.6	25.8	11.3	32.3
1º BACH	72.0	20.0	8.0	0.0

Tabla 5.6. Capacidades para la confección de una tabla de dificultad intermedia (en %)

Entre los errores que cometen los estudiantes que se encuadran en la categoría B (cuadro 5.8) cabe destacar:

- Sustituir una tabla de tres variables por dos tablas de dos variables cada una de ellas (juntas o separadas).
- Limitarse a reflejar los primeros datos del texto en una tabla dejando el resto en blanco.
- No poner encabezamientos con los nombres de las variables.

HORA	DISTANCIA	TIEMPO
7h a.m	100 m	1 hora
12h a.m	50 m	20 minutos
18h p.m	200 m	2 horas

Cuadro 5.7. Ejemplo de tabla de Nivel II correcta (1º ESO)

h	m
7	50
12	200
18	
7	
12	
20m	
18	

Tabla incompleta

7h	100
12 mañ	50
18h	200
7 mañ	1h
12 medi	20
18h	200

Dos tablas, en vez de una, juntas y sin encabezamiento

(h)

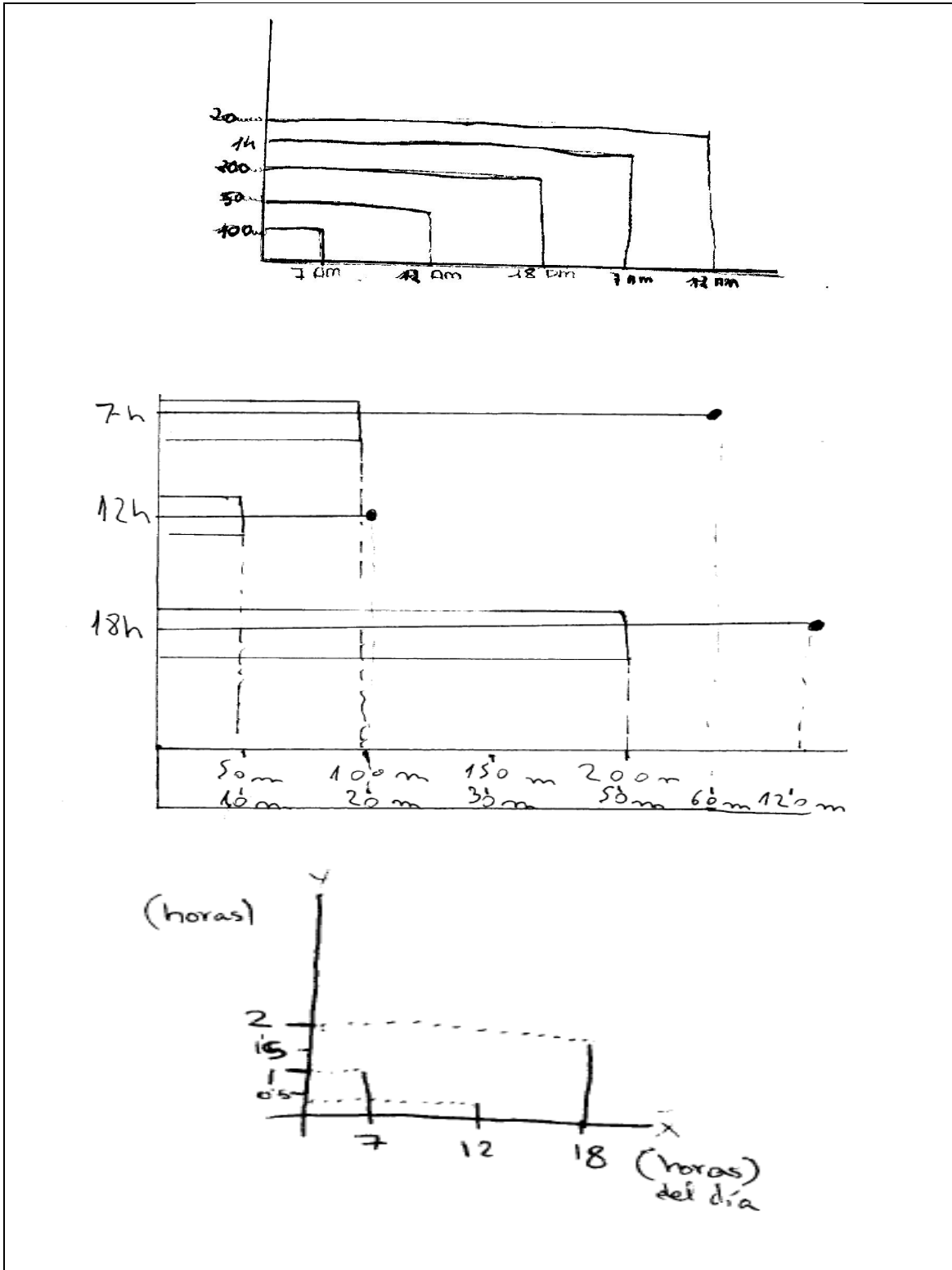
HORAS	DESPLAZAMIENTOS (m)
7	100
12	50
18	200

HORA	TIEMPO DE LA ACTIVIDAD
7	1h
12	20 minutos
18	2h

Dos tablas separadas en vez de una

Cuadro 5.8. Errores en la elaboración de tabla de dificultad intermedia

También, aunque en porcentaje algo inferior al que comentábamos al referirnos a la elaboración de una tabla sencilla, algunos alumnos siguen dibujando una gráfica en vez de una tabla (cuadro 5.9), sorprendiendo el hecho de que también algunos estudiantes de 1º de Bachillerato cometan este error.



Cuadro 5.9. Confección de una gráfica en lugar de una tabla de dificultad intermedia

Por otro lado, hay que constatar que casi una tercera parte de estudiantes que han finalizado la Educación Primaria y el 1º ciclo de ESO dejan la tarea en blanco, lo cual demuestra que tienen dificultades para elaborar una tabla cuando el texto se complica un poco.

Si comparamos los resultados correspondientes a los diferentes cursos, podemos observar que se aprecia una progresión evidente y lógica entre ellos. En la elaboración de este tipo de tablas, los estudiantes de 1º de ESO tienen más dificultades que los de 3º de ESO, lo que no ocurriría con la elaboración de una tabla sencilla.

En todo caso, podemos concluir que una amplia mayoría de los que han finalizado la Educación Primaria y el 1º ciclo de la ESO tiene importantes dificultades para construir, de manera correcta, una tabla de un nivel de dificultad intermedia.

Elaboración de una tabla compleja (nivel III).

Como hemos señalado antes, esta tarea sólo se ha planteado a los estudiantes que han finalizado la Educación Secundaria Obligatoria. Las respuestas obtenidas, se han agrupado en las mismas categorías que en el caso anterior.

A pesar de que el texto que sirve de referencia para elaborar la tabla nos parecía adecuado al nivel conceptual de estos estudiantes y, supuestamente también, al dominio de este tipo de procedimientos, observamos que el porcentaje de aquellos que hacen la tarea correctamente es muy escaso (tabla 5.7). En este caso, las representaciones que contienen algún tipo de error, constituyen, aproximadamente, las tres cuartas partes de la muestra de alumnos.

Curso	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría D
1º BACH	18.7	77.3	4.0	0

Tabla 5.7. Resultados respecto a la capacidad para elaborar una tabla compleja (en %)

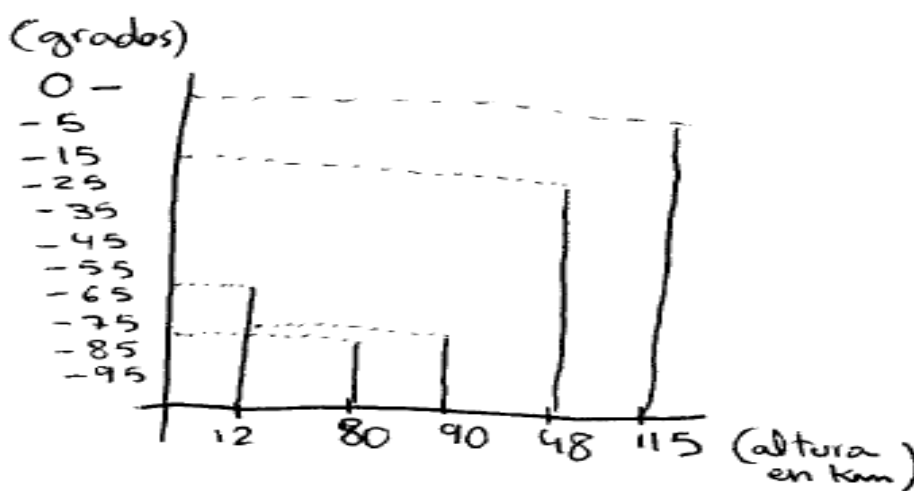
Entre los errores más frecuentes (cuadro 5.10) podemos destacar:

- No incluir el valor numérico que indica la altitud de la superficie de la Tierra o ponerlo a continuación del mayor valor.
- Ordenar los datos tal y como aparecen en el texto.
- Dibujar una gráfica en lugar de una tabla, aunque ahora sólo representan el 4%.
- Otros errores menos importantes son: nombrar incorrectamente a las variables, incluir dentro de las columnas las unidades de cada valor y omitir datos.

Aunque en las situaciones anteriores hemos comentado que las tablas que elaboran los estudiantes que han finalizado la ESO presentan una mayor corrección que las que realizan en cursos anteriores, a la vista de estos datos habría que relativizar esta conclusión, ya que a priori esperábamos que fuesen capaces de hacerlo también con un texto cuyo grado de dificultad no debería ser importante en estas edades.

(km) altura	Grados(°)
12	-60
80	-80
90	-75
48	-15
115	0
115 0	12

Datos no ordenados



Gráfica en lugar de una tabla

Cuadro 5.10. Errores al elaborar una tabla compleja.

b) Interpretación de tablas

La finalidad de este apartado es analizar las capacidades que tienen los alumnos para interpretar tablas de diferente nivel de dificultad. Como indicábamos en el capítulo 3, diversos autores (Leinhardt et al., 1990; Carswell et al., 1993; Swan y Phillips, 1998) diferencian dos niveles en el procesamiento de la información necesario para interpretar una representación numérica. En un primer nivel, más elemental, se señala la *información local*, es decir, aquella más específica que se refiere a datos puntuales; necesaria para, en un segundo nivel, analizar la *información global*, es decir, la que se deduce teniendo en cuenta la relación entre todos los elementos de la representación. Para estos autores, estas capacidades requieren un proceso de abstracción que no consiguen la mayoría de los estudiantes.

Aunque otros estudios (Postigo y Pozo, 2000) proponen tres niveles distintos en el procesamiento de la información, diferenciando entre información explícita, implícita y conceptual, cuyas características se indicaron en el capítulo 3, nuestro trabajo no

pretende conocer en qué medida establecen nuevas relaciones conceptuales a partir de la tabla o gráfica que se les presenta, por lo que nos centramos en el análisis de la información local y global.

Las dificultades que presenta la interpretación de tablas pueden depender tanto de la complejidad conceptual de los datos que éstas proporcionan, como de la capacidad de los estudiantes para llevar a cabo las diferentes tareas implicadas en deducir los dos tipos de información (local y global) que pueden obtenerse a partir de ella. Para valorar los posibles obstáculos, se propusieron varias tablas de un nivel conceptual sencillo (excepto en 1º de Bachillerato), y diferentes tareas distribuidas en los distintos cursos como se indica en la tabla 5.8.

HABILIDADES	TAREAS	1º ESO	3º ESO	1º BACH
Obtener información local	Reconocer filas	X	X	X
	Reconocer columnas	X	X	X
	Reconocer variables	-	X	X
Obtener información global	Poner título	X	X	X
	Describir una tabla	-	-	X
	Deducir información de los datos	X	X	X

Tabla 5.8. Tareas relacionadas con la interpretación de tablas en cada curso

Las actividades utilizadas para las tareas de interpretación de tablas se basan en los ejemplos que se muestran a continuación (cuadro 5.11).

En 1º ESO y 3º ESO			
OBSERVA ATENTAMENTE ESTA TABLA Y CONTESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:			
En 1º ESO		En 3º ESO	
EDAD (años)	TALLA (cm)	EDAD (años)	TALLA (cm)
5	100	1	75
10	125	5	109
15	150	15	165
20	175	20	175
25	178	70	172
70	175	80	168
<p>a. Escribe dos números de la misma fila: b. Escribe dos números de la misma columna: c. Nombra las variables que se estudian en esta tabla (sólo para 3º ESO) d. ¿Qué título le pondrías a esta tabla? e. ¿Qué se puede deducir de estos datos? f. Construye una gráfica para representar los datos de esta tabla</p>			

En 1° de Bachillerato

OBSERVA ATENTAMENTE ESTA TABLA Y CONTESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

EDAD (años)	TALLA (cm)
1	75
5	109
15	165
20	175
70	172
80	168

EDAD(años)	PESO (kg)
1	11
5	20
15	52
20	68
70	65
80	62

- a) Escribe dos números que estén en la misma fila:
- b) Escribe dos números que estén en la misma columna:
- c) Escribe las variables de esta tabla
- d) Construye una gráfica para representar los datos de la tabla de arriba
- e) Añade a la gráfica que acabas de hacer los datos de esta otra tabla
- f) ¿Qué título le pondrías a esta gráfica que contiene los datos de estas dos tablas?
- g) ¿Qué se puede deducir de estos datos?

TABLA DE TEMPERATURAS EN LA ATMÓSFERA:

Utilizando instrumentos de medida adecuados, los científicos han sido capaces de determinar la temperatura en distintos lugares de la atmósfera. Los resultados obtenidos en una zona determinada han sido los siguientes:

- En la superficie de la Tierra hacía una temperatura de 12 grados centígrados.
- Los valores más bajos se encontraron a las siguientes alturas:
 - a 12 km de altura: -60 grados
 - a 80 km de altura: -80 grados
 - a 90 km de altura: -75 grados
- Los valores más elevados fueron los siguientes:
 - a 48 km de altura: -15 grados
 - a 115 km de altura: cero grados

“Explica como varía la temperatura de la atmósfera en función de la altura”

Cuadro 5.11. Tareas propuestas para la interpretación de tablas

Capacidades para obtener información local

Para conocer estas capacidades en los tres cursos se ha utilizado la misma gráfica, que relaciona edad y talla, estableciéndose las siguientes categorías como consecuencia de las respuestas de los estudiantes:

- Categoría A: agrupa las respuestas que identifican y diferencian claramente filas, columnas y, en su caso, variables.
- Categoría B: recoge los casos en los que no identifican filas, columnas, y en su caso, variables.
- Categoría C: agrupa a los estudiantes que no responden a la cuestión o no tiene relación con la pregunta.

De los resultados obtenidos (tabla 5.9) podemos deducir que, en general, los conceptos de filas y columnas no tienen dificultades para los estudiantes, salvo para aquellos que acaban de finalizar la Educación Primaria; aproximadamente una cuarta parte de la

muestra comete errores al identificar las filas, aunque son menos los que lo hacen en relación con las columnas.

Dentro de la categoría B, los errores más frecuentes consisten en confundir los valores de filas con los de columnas. En otros casos, también cuando ponen dos ejemplos de números de una misma fila, consideran uno de fila y otro de columna. No obstante, en todos los cursos reconocen con más facilidad los números que están en las columnas que los que están en las filas.

Cursos	Filas: categorías			Columnas: categorías			Variables: categorías		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1º ESO	67.1	24.0	8.9	81.0	13.9	5.1	-	-	-
3º ESO	82.2	8.1	9.7	88.7	0.0	11.3	41.9	22.6	35.5
1º BACH	92.3	3.8	3.8	94.2	1.9	3.8	41.3	32.0	26.7

Tabla 5.9. Capacidad para obtener información local de una tabla (en %)

A pesar de que la tablas presentadas (edad/talla) no tenían un nivel de dificultad elevado, no llega a la mitad el porcentaje de estudiantes de 3º de ESO y de 1º de Bachillerato que saben identificar correctamente las variables; además, es destacable el número elevado de alumnos que no contestan a esta cuestión o dan respuestas inadecuadas.

Identificar las variables a las que se refieren los datos de una tabla supone distinguir entre estos dos términos variables y datos. Sin embargo, algunos de los estudiantes que escriben respuestas incorrectas, en vez de nombrar las variables, describen parte de la tabla (por ejemplo, un alumno de 3º de ESO afirma: “*en un año crece 75 cm, en 5 años no ha crecido el doble, ha crecido menos: 109 cm*”); otros utilizan la expresión matemática x e y para referirse a ellas, o bien, extraen una conclusión (por ejemplo, un alumno de 1º de Bachillerato responde: “*La alimentación; si estás bien alimentado crecerás más que si estás mal nutrido*”). Suponemos, que en la base de estos errores se encuentra un problema lingüístico (vocabulario escaso) y, fundamentalmente, una falta de experiencia educativa en el trabajo con problemas e investigaciones en las que se deba utilizar variables.

Si comparamos los resultados por cursos observamos que existe cierta progresión en cuanto a reconocer filas y columnas, sin embargo, no la hay cuando tienen que reconocer las variables de la tabla.

Capacidades para obtener información global

Estas capacidades se ha analizado mediante tres tareas (cuadro 5.11): una, para todos los cursos, en la que se pide escribir un título a una tabla; otra, también para los tres cursos, para comprobar sus capacidades para inferir información a partir de los datos de las tablas; finalmente, una tercera, solamente para 1º de Bachillerato, en la que deben obtener esta información a partir de una tabla compleja.

En la primera tarea, los estudiantes de 1º y 3º de ESO debían de poner un título para la tabla edad/talla (pregunta d de la primera tabla); en 1º de Bachillerato se formulaba de manera más compleja ya que tenían que poner título a la gráfica que habían elaborado a partir de las dos tablas edad/ talla y edad/ peso, pero dado que sólo el 28% elaboraron la

gráfica, se ha considerado que los estudiantes han utilizado para responder a esta tarea, preferentemente, las mencionadas tablas, en vez de las gráficas.

Las categorías establecidas, para esta primera tarea, han sido las siguientes:

- Categoría A: incluye a los estudiantes que proponen un título que responde a la información que suministra la tabla.
- Categoría B: incluye a los que proponen un título que no se corresponde con la información de la tabla.
- Categoría C: agrupa los estudiantes que no contestan.

Como se desprende de los resultados (tabla 5.10), el porcentaje de estudiantes de los dos primeros cursos que son capaces de obtener información global proponiendo un título adecuado a la tabla es muy reducido (“*La talla que tienen las personas según su edad*”; “*Comparación de edades y talla*”; “*Edades y talla de 5 años a 70*”). Mientras que, entre los que han finalizado la Educación Secundaria Obligatoria, casi la mitad son capaces de poner un título adecuado, en el que se relacionan correctamente las tres variables que intervienen en la tabla (“*variación del peso y la estatura según la edad*”).

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	24.0	54.4	21.5
3º ESO	27.4	45.2	27.4
1º BACH	41.3	42.7	16.0

Tabla 5.10. Capacidad de los estudiantes para escribir un título a una tabla (en %)

No obstante, las respuestas mayoritarias se encuentran en la categoría B, pues los títulos que proponen son imprecisos o no responden fielmente a la información que globalmente suministra la tabla. Así, por ejemplo, para la tabla edad/talla los estudiantes de los dos primeros cursos escriben: “*Tabla corporal*”; “*El crecimiento*”; “*La talla de la edad de un hombre*”; “*Los años*”; “*La reproducción del hombre*”; mientras que para las dos tablas, los de 1º de Bachillerato escriben: “*comportamiento del cuerpo a distintas edades*”, “*peso y talla en el crecimiento*”.

Por medio de la segunda tarea, queríamos conocer su capacidad para inferir más allá de los datos que se muestran en la tabla edad/talla. En los dos primeros cursos se preguntaba “*¿Qué se puede deducir de esta tabla?*”, para averiguar si relacionan los datos de las dos variables de manera comparativa en sus distintos tramos y lo hacen con conceptos que, aunque no se nombran en la actividad, darán significado a los datos (crecimiento, infancia, juventud, ancianidad...). En 1º de Bachillerato la pregunta que se hacía era “*¿Qué se puede deducir de estos datos?*”, tras mostrarles las dos tablas que relacionan edad/talla y edad/peso.

Las categorías a través de las cuales se han analizado las respuestas de los estudiantes han sido las siguientes:

- Categoría A: incluye a los estudiantes que deducen, claramente, la conclusión general que suministran los datos de la tabla.

- Categoría B: incluye a los que obtienen conclusiones parciales de la información que proporcionan los datos de la tabla; es decir, no nombran las variables, se refieren sólo a una de ellas, o establecen una relación no significativa entre las variables.
- Categoría C: corresponde a aquellas respuestas que no tienen ninguna relación con la información de la tabla o no responden a la pregunta formulada.

Como se deduce de los resultados (tabla 5.11), una amplia mayoría de los estudiantes que han finalizado la Educación Primaria y el 1º ciclo de la ESO no son capaces de obtener información relevante a partir de los datos de una tabla, ya que cometen errores al no hacer referencia a las variables (por ejemplo escriben “*el control de las personas*”), nombrar sólo una de ellas (“*es una tabla de estatura*”), indican sólo las variables sin expresar los cambios (“*la edad y la talla que tienen los seres humanos*”), o expresan alguna relación no significativa entre las variables (“*que según los años que tengas tendrás diferente altura*”).

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	7.6	59.5	32.9
3º ESO	22.6	48.4	29.0
1º BACH	50.7	38.7	10.7

Tabla 5.11. Capacidad de los estudiantes para inferir nueva información (en %)

Los estudiantes que han finalizado el 2º ciclo de la ESO muestran mejores resultados, pues la mitad de la muestra responde acertadamente con explicaciones más ajustadas a los datos de la tabla y más elaboradas desde el punto de vista lingüístico: “*que tanto la talla como el peso aumentan desde la infancia hasta la madurez y a partir de un punto, en la vejez, comienzan a disminuir lentamente*”; “*que hasta los 20 años aproximadamente el hombre va creciendo y va evolucionando (peso y altura); a partir de ahí se va estabilizando en esa altura y en ese peso determinado con una pequeña disminución de ambos*”. No obstante, la otra mitad del alumnado mantiene deficiencias similares a los de los cursos precedentes, lo cual indica, que la progresión es, globalmente, relativa.

En la tercera tarea -cuyos resultados se muestran en la tabla 5.12-, debían de explicar “*como varía la temperatura de la atmósfera en función de la altura*”. Las categorías en las que hemos agrupado sus respuestas son las siguientes:

- Categoría A: agrupa a los estudiantes que describen adecuadamente la información contenida en la tabla.
- Categoría B: agrupa a aquellos estudiantes que hacen una descripción que no se corresponde con la información de la tabla.
- Categoría C: incluye a los que no contestan a la pregunta.

Sólo un número reducido de estudiantes es capaz de hacer descripciones, coherentes con la información de la tabla (“*La temperatura de la atmósfera en función de la altura actúa de forma bastante irregular (son temperaturas bastantes bajas, Estas temperaturas se estabilizan entre los 12 km. 80 y 90 (más o menos) aunque a los 48 km.*”).

se produce una subida de la temperatura hasta los (-15°); “ Después de los 90 km. se puede observar como esos -75° C empiezan a aumentar hasta los 115 km. (0° C)”,

El resto, siete de cada diez, se encuentran en la categoría B, ya que se limitan a expresar generalizaciones (“*a más altura menos temperatura...*”), o a describir la información de forma incompleta (hacen referencia a ejemplos concretos de relaciones altitud-temperatura: “*En la altura más alta en este caso 115 km, la temperatura se manifiesta de manera más elevada que en cualquier otra altura menos alta. A los 80 km de altura la temperatura alcanza el nivel más bajo*”).

Curso	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º BACH	10.7	69.3	20.0

Tabla 5.12. Capacidad de los estudiantes para describir una tabla (en %)

En consecuencia, el análisis comparativo de los resultados pone de manifiesto que, aunque se aprecian avances en las capacidades para obtener información global a partir de tablas, aquellos que han finalizado la ESO siguen teniendo dificultades, sobre todo cuando la tabla que deben interpretar es más compleja, lo que se podría explicar además de por la propia dificultad de la tabla, en la que las variables corresponden a magnitudes físicas (altitud y temperatura), por la mayor complejidad de la tarea (hacer una descripción global de los datos, frente a poner un título); aunque a priori cabría esperar un mayor dominio de esta capacidad por parte de estos estudiantes.

c) Conclusiones sobre las capacidades de los estudiantes para elaborar e interpretar tablas

En cuanto a la elaboración de tablas habría que destacar la escasa capacidad que muestran los estudiantes de todos los cursos para elaborar una tabla adecuada a sus posibilidades intelectuales, superando incluso las expectativas negativas que esperábamos.

Al comparar la progresión entre los distintos cursos comprobamos que ésta es desigual, ya que si bien, en general, estas capacidades aumentan con el curso -a excepción del retroceso que hemos comentado en 3º de ESO-, los estudiantes que finalizan la Educación Secundaria Obligatoria no muestran las habilidades necesarias para elaborar una tabla de mayor dificultad. Sin embargo, los errores que cometen estos estudiantes (categoría B) son menos relevantes que los de los otros dos cursos. En cuanto al porcentaje de estudiantes que confunden una tabla con una gráfica (categoría C) va siendo menor, en todos los cursos, a medida que van contestando a las preguntas, posiblemente porque observan los ejemplos de tablas y gráficas del propio cuestionario.

Algunas de las causas que pueden justificar estos resultados creemos que son debidas a las dificultades conceptuales y lingüísticas que pueden tener algunos estudiantes para comprender el texto, pero, sobre todo, por la falta de conocimientos y destrezas que son necesarias para elaborar la tabla correctamente, especialmente al no tener en cuenta la necesidad de ordenar los datos; aunque también, sobre todo en 1º y en 3º de ESO, al desconocer la forma de organizar correctamente datos en una tabla, como se pone de manifiesto en la tabla de dificultad intermedia.

Interpretar una tabla supone identificar sus elementos y establecer relaciones entre ellos para obtener la máxima información posible. Es condición necesaria, por lo tanto, saber que en una tabla se muestran valores de diversas variables que se asocian en parejas y que van cambiando en una relación de dependencia. Si el lector de la tabla no es consciente de las variables que se estudian ni del significado de los pares de valores, como ocurre en la mayoría de los encuestados, tendrá dificultades para realizar cualquier interpretación que vaya más allá de una simple repetición de los datos. De ahí que, según muestran los resultados, los estudiantes estén más capacitados para obtener información local, que para deducir información global, no apreciándose las diferencias que cabría esperar entre los cursos investigados.

Las principales dificultades que encuentran los estudiantes para interpretar las tablas, están relacionadas con: el significado del término “variable” y el establecimiento de relaciones entre ellas; deducir un título que refleje la información de la tabla; describir la información que representa con cierto grado de detalle. Resulta también sorprendente comprobar la falta de expresión escrita que muestran los alumnos (al poner un título, al describir la tabla...) y, de conocimientos y destrezas para establecer relaciones entre los datos numéricos, imprescindibles para este tipo de tareas.

En definitiva, podemos concluir que los aprendizajes que desarrollan los estudiantes sobre tablas durante la ESO resultan manifiestamente mejorables. En este sentido, los resultados presentados hasta el momento parecen apuntar a las siguientes circunstancias que son responsables de esta situación:

- La insuficiente frecuencia que proporciona la enseñanza para que los estudiantes elaboren o interpreten tablas.
- Y/o, en su caso, el carácter poco significativo de los aprendizajes adquiridos, ya que, como ocurre con los conocimientos conceptuales, los procedimientos deben ser aprendidos de forma significativa, funcional y permanente (Coll y Valls, 1982).

En los próximos capítulos aportaremos información que contribuirá a identificar, con mayor precisión, la incidencia de estas circunstancias.

5.1.2.2. Elaboración e interpretación de gráficas

En relación con la elaboración de gráficas, nuestro propósito era averiguar si los alumnos dominan las destrezas y habilidades manuales e intelectuales que requiere esta tarea: dibujar los ejes de coordenadas, rotularlos de acuerdo a los datos de referencia, situar los puntos que corresponden a cada par de datos, realizar la gráfica propiamente dicha (lineal, barra u otras formas de representación). En función de los cursos objeto de investigación, hemos diferenciado entre gráficas sencillas y complejas, siguiendo criterios similares a los utilizados en el caso de las tablas, aunque en este caso, no se ha propuesto la elaboración de una gráfica de nivel intermedio.

a) Elaboración de gráficas a partir de tablas

Para conocer las destrezas que tienen los estudiantes en relación con estas habilidades se administraron a los estudiantes que estaban cursando 1º y 3º de ESO la tabla edad/talla, a la que nos hemos referido en el apartado anterior (cuadro 5.11). A los alumnos de 1º

de Bachillerato se les incluía la tabla adicional, edad/peso, y se les pedía que añadiesen los datos de esta tercera variable a la gráfica que acababan de dibujar. En consecuencia, en el primer caso, la gráfica que deben elaborar se puede considerar sencilla, porque así lo es la tabla de origen; en el segundo, la gráfica se considera de mayor nivel de complejidad, al tener que realizarla a partir de dos tablas y, por lo tanto, con tres variables (tabla 5.13).

En este caso, las habilidades que deben poner en práctica son las siguientes:

- Dibujar correctamente los ejes de la gráfica: eje de abscisas para la variable independiente y eje de ordenadas para la variable dependiente, rotular los ejes y situar los datos en cada uno de los ejes.
- Dibujar la gráfica correspondiente.

Cursos	Elaboración de gráficas	
	Sencilla	Compleja
1º ESO	X	-
3º ESO	X	-
1º BACH	X	X

Tabla 5.13. Naturaleza de las gráficas que deben elaborar los estudiantes

Elaboración de una gráfica sencilla.

Para considerar que los estudiantes elaboran la gráfica de forma adecuada, se ha tenido en cuenta que dibujen los ejes cartesianos y representen en ellos los datos de las tablas teniendo en cuenta la proporcionalidad de las magnitudes; es decir, los datos deben situarlos en el eje correspondiente, según la proporcionalidad del segmento que representan, ya que, en caso contrario, el dibujo de la gráfica cambiará la relación entre esos valores. También se ha considerado que dibujen la línea –o las líneas- que une los puntos representados.

Otras convenciones que completan las gráfica, como rotular los dos ejes o situar la variable independiente en el eje de abscisas, no se han tenido en cuenta, ya que se ha considerado que en el primer caso suele ser debido a un olvido, pues muchos de los estudiantes rotulan sólo uno de los ejes, y en el segundo, no suele ser objeto de enseñanza en los cursos inferiores.

Las categorías establecidas han sido las siguientes:

- Categoría A: incluye a los estudiantes que dominan las habilidades y destrezas necesarias para elaborar correctamente una gráfica.
- Categoría B: incluye a los que elaboran incorrectamente la gráfica.
- Categoría C: agrupa a los que dibujan figuras sin sentido o dejan la pregunta en blanco.

Los resultados obtenidos (tabla 5.14) ponen de manifiesto que son pocos los estudiantes de 1º y de 3º de ESO que muestran haber adquirido unas capacidades

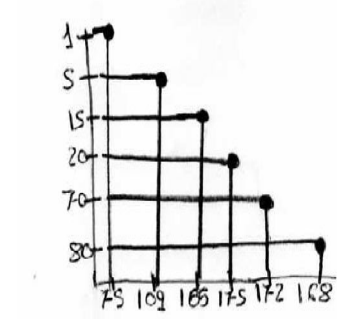
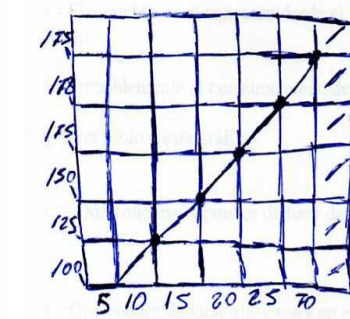
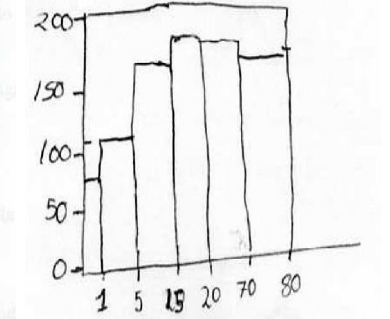
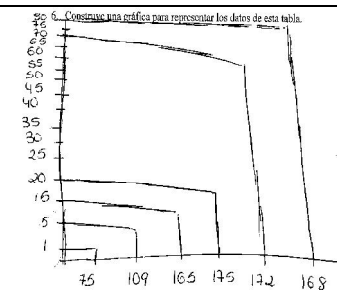
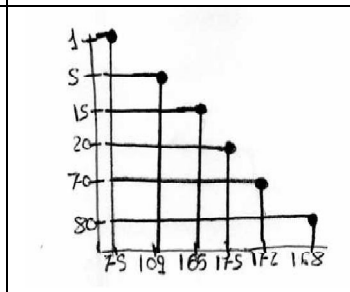
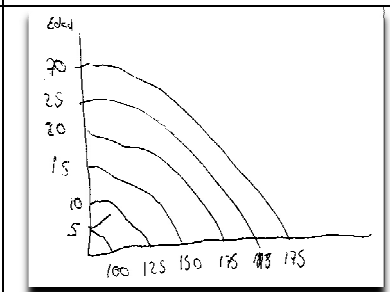
adecuadas para llevar a cabo esta tarea, como se deduce del bajo porcentaje de alumnos encuadrados en la categoría A. Sin embargo, la progresión en los que han acabado la ESO es manifiesta, tanto porque todos intentan hacer la tarea, lo que demuestra que reconocen sus posibilidades de realizarla con éxito, como porque casi la mitad la concluye satisfactoriamente.

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1° ESO	1.3	70.9	27.8
3° ESO	9.7	66.1	27.4
1° BACH	42,7	57,3	0.0

Tabla 5.14. Capacidades para la elaboración de una gráfica sencilla (en %)

Lo más llamativo de estos datos es la elevada proporción de estudiantes, que comete errores (cuadro 5.12) a la hora de realizar esta tarea:

- Al dibujar la escala de los ejes no respetan la proporcionalidad cuando representan los valores en los dos ejes, o en uno de ellos, ya que repiten uno de ellos en dos marcas distintas, y en algunos casos, sobre todo en 1° de ESO, sitúan en orden creciente los valores del eje de abcisas y en orden decreciente los del eje de ordenadas.
- Al dibujar la gráfica, utilizan un tipo de representación que no es el adecuado para los datos (por ejemplo, representan los datos por medio de un diagrama de barras en vez de realizar un dibujo lineal); dejan incompleta la gráfica (a falta de unir los puntos para formar un diagrama lineal); trazan solamente líneas paralelas al eje de abcisas, sin incluir los valores pertenecientes al mismo; dibujan varias líneas, a pesar de que solamente intervienen dos variables; o no llegan a trazar la línea de la gráfica.

		
Los dos ejes mal dibujados y el de ordenadas orientado en sentido inverso	Los dos ejes mal dibujados; un mismo valor (175) se repite	Uno de los ejes bien dibujado. Dibujo de una gráfica de barras
		
Sólo se llega a dibujar líneas paralelas a los ejes	No se llega a dibujar la línea de gráfica	Se unen cada par de puntos por una línea

Cuadro 5.12. Errores más frecuentes en la elaboración de gráficas sencillas

Elaboración de una gráfica compleja

La elaboración de la gráfica que se propuso a los estudiantes de 1º de Bachillerato requiere previamente el dibujo –edad/talla- que han realizado los otros dos cursos; circunstancia que nos permite comparar las capacidades de los estudiantes de estos tres niveles educativos. Además, si la completan con el dibujo de la línea que representa los datos de la segunda tabla (edad/peso), habrán demostrado su capacidad para elaborar esta gráfica compleja con tres variables.

Para analizar los resultados, hemos agrupado las respuestas de los alumnos de acuerdo con las siguientes categorías:

- Categoría A: incluye a los que demuestran tener las destrezas necesarias para elaborar una gráfica compleja como la que les propusimos.
- Categoría B: en ella se encuentran los estudiantes que elaboran incorrectamente una gráfica compleja.
- Categoría C: esta categoría recoge a aquellos que dejan la tarea en blanco.

Los resultados obtenidos (tabla 5.15) indican que, en términos generales, los alumnos finalizan el 2º ciclo de la ESO con un escaso dominio de las destrezas y habilidades necesarias para elaborar una gráfica cuando es de cierta complejidad, tarea que solamente resuelven de forma adecuada algo más de la cuarta parte de la muestra. Por el contrario, lo más habitual es que cometan errores relativamente importantes al tratar de dibujar las dos gráficas: situarlas una a continuación de la otra en el eje de abscisas; no escalar los ejes correctamente; o bien, dibujar sólo la primera gráfica, y no continuar la tarea incluyendo los datos de la tabla edad/peso.

Curso	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º BACH	28,0	72,0	0

Tabla 5.15. Capacidad para la elaboración de una gráfica compleja (en %)

En el cuadro 5.13 se muestran tanto una gráfica correctamente elaborada como otras con errores.

Sin embargo, encontramos diferencias cualitativas importantes en los dibujos que realizan respecto a las de los cursos anteriores: la mayoría rotulan los ejes; muy pocos utilizan una representación de barras; todas las líneas de la gráfica y los ejes están bien marcados; casi ningún alumno dibuja la “rejilla” para representar los puntos de la gráfica, que sí aparecía en los cursos anteriores, pues ahora sólo se ayudan de alguna línea de puntos con un trazado fino para que no enmascare la gráfica, como en el ejemplo de la categoría A del cuadro 5.13. Tampoco se suelen acumular errores en la misma gráfica, como es frecuente en los cursos anteriores. Además, mientras en 1º de ESO y 3º de ESO más de una cuarta parte de los estudiantes desisten de hacer esta tarea, en 1º de Bachillerato todos lo intentan. Pero aún así, sólo uno de cada cuatro dibuja de manera adecuada esta gráfica más compleja, lo que demuestra las dificultades que siguen teniendo en la elaboración de gráficas.

<p>Categoría A: Gráfica correcta</p>	<p>Categoría B: Se dibujan dos gráficas en un mismo eje de abscisas</p>
<p>Categoría B: Se elabora correctamente una gráfica para una de las dos tablas</p>	<p>Categoría B: Se tiene en cuenta sólo una de las tablas y se dibuja la gráfica con errores</p>

Cuadro 5.13. Ejemplos de elaboración de una gráfica compleja

b) Interpretación de gráficas

Para analizar si los estudiantes han adquirido las destrezas y habilidades que requiere la interpretación de gráficas, hemos diferenciado, como en tablas, dos aspectos: la obtención de información local y la obtención de información global. En este caso, planteamos dos situaciones, una sencilla y otra más compleja diferentes según el curso al que pertenecen los estudiantes (tabla 5.16).

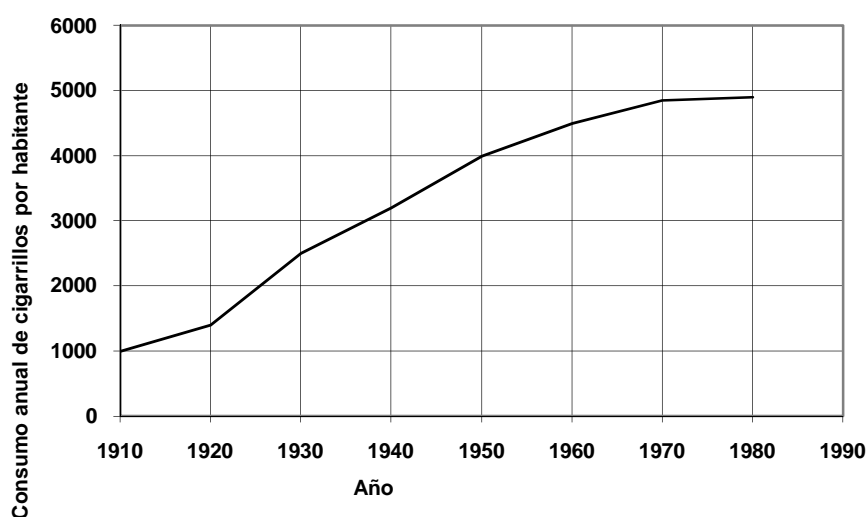
Cursos	Interpretación de gráficas	
	Sencilla	Compleja
1º ESO	X	-
3º ESO	X	X
1º BACH	-	X

Tabla 5.16. Naturaleza de los textos para la interpretación de gráficas

Interpretación de una gráfica sencilla

Para verificar si podían interpretar una gráfica sencilla, se propuso una situación en la que solamente estaban implicadas dos variables cuantitativas representadas en una línea de gráfica (cuadro 5.14), mientras que la que considerábamos compleja presentaba tres ejes de coordenadas y cuatro líneas de gráfica (cuadro 5.15).

En este caso, los estudiantes debían mostrar sus capacidades para obtener información local (aquella que se extrae directamente de la observación de la gráfica), respondiendo a las dos primeras preguntas, o global (la que se deduce de los datos realizando cálculos, comparaciones o extrapolaciones y obteniendo conclusiones o infiriendo tendencias futuras), por medio de las seis preguntas restantes.



- 1.- En el año 1950 el consumo era decigarrillos al año.
- 2.- En el año 1945 se consumían alrededor de cigarrillos al año
- 3.- El mayor aumento en el consumo de tabaco se dió en los diez años comprendidos entre los años al
- 4.- El aumento en el consumo desde el año 1920 al 1940 fue de: cigarrillos al año.
- 5.- Probablemente el consumo anual de cigarrillos en el año 1900 fue de
- 6.- Pon título a esta gráfica
- 7.- ¿Qué conclusión puedes deducir de esta gráfica?.
- 8.- ¿Qué puedes deducir que pasará en el futuro respecto al consumo de cigarrillos?

Cuadro 5.14. Situación planteada para interpretar una gráfica sencilla

Obtención de información local

Para el análisis de las respuestas de los estudiantes en relación con la obtención de esta información, establecimos las siguientes categorías:

- Categoría A: agrupa a los estudiantes que son capaces de obtener información local -valores puntuales- de una gráfica sencilla.
- Categoría B: incluye a aquellos que no obtienen información local de una gráfica sencilla.
- Categoría C: reúne a los que no dejan la tarea en blanco o dan respuestas incoherentes.

Los resultados obtenidos (tabla 5.17) muestran que los estudiantes no tienen excesiva dificultad para extraer información local; sin embargo, existen algunas diferencias importantes entre los resultados obtenidos en relación con las distintas tareas propuestas:

- Así, cuando deben deducir el valor de la abscisa que corresponde a un determinado valor de la ordenada (a la pregunta, “En el año 1950 el consumo era decigarrillos al año”, el valor correcto sería “4000”), casi la totalidad del alumnado es capaz de obtener información local de los datos de la gráfica y responden de manera adecuada.
- Sin embargo, cuando tienen que interpolar (“En el año 1945 se consumían alrededor de cigarrillos al año”), mientras los alumnos de 1º de la ESO lo hacen con relativa facilidad (contestando “3500”), una cuarta parte de ellos y, lo que es más llamativo, la mitad de los de 3º de ESO, contestan equivocadamente y ponen los valores más cercanos (“3000”, “4000”) o los escriben mal (ponen “3050”, “35000” o “350”).

Cursos	Correspondencia de valores entre ejes			Interpolar		
	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	89.9	7.6	2.5	67.1	26.6	6.3
3º ESO	96.8	1.6	1.6	45.2	53.2	1.6

Tabla 5.17. Información local obtenida a partir de una gráfica sencilla (en %)

Obtención de información global

Las categorías que utilizamos para agrupar las respuestas del alumnado han sido las siguientes:

- Categoría A: incluye a aquellos estudiantes que son capaces de extraer esta clase de información –que se deduce al interpretar la relación entre los elementos de la representación- a partir de una gráfica sencilla.
- Categoría B: en ella se agrupan a los que obtienen información no adecuada.
- Categoría C: en la que se encuentran los estudiantes que no responden.

En este caso se utilizaron seis cuestiones, las tres primeras requieren la comparación entre distintos datos de la gráfica; para las tres últimas es necesario tener una visión global de la gráfica que permita extraer las ideas principales implicadas en la gráfica.

Los resultados obtenidos (tablas 5.18 y 5.19) varían significativamente dependiendo de la tarea:

- Cuando tienen que calcular el incremento entre dos puntos de la línea (“El aumento en el consumo desde el año 1920 al 1940 fue de: cigarrillos al año.”), uno de cada tres estudiantes responde adecuadamente en 1º de ESO. Aunque en 3º de ESO este porcentaje aumenta, la mayor parte comete errores importantes: poner el valor que corresponde al año intermedio (“*En 1930 fueron 2500*”); nombrar los valores aproximados en el eje de ordenadas que corresponden al año 1920 y 1940, pero sin llegar a calcular el incremento; o poner cifras aproximadas.
- Prácticamente la totalidad del alumnado de los dos cursos es incapaz de comparar tramos distintos de una misma línea de la gráfica. Así, en la pregunta “El mayor aumento en el consumo de tabaco se dio en los diez años comprendidos entre los años al”: en vez de seleccionar el tramo de mayor pendiente (de 1920 a 1930), eligen una amplitud de años mayor que una década (“10-80”, “10-90”, “20-90”...); confunden “mayor aumento” con “mayor intervalo” y lo aplican al número de cigarrillos (“5000 a 1000”); o confunden “mayor aumento” con “mayor valor” (“70-80”, “80-90”, “70-90”).
- Al extrapolar a partir de datos concretos (“Probablemente el consumo anual de cigarrillos en el año 1900 fue de”), no llega a la tercera parte las respuestas correctas, ya que algunos se confunden y lo hacen para el año 1990 (no para 1900, como se les pedía), y otros extrapolan equivocadamente (escriben “0”, “1000”, “950”, etc.). En esta tarea, como sucedía en algunas otras anteriormente comentadas, en 1º de ESO son más los que contestan correctamente, en contra de lo que cabría esperar, sin que tengamos suficientes datos para poder explicar sus causas.

Cursos	Incremento entre dos puntos de una línea: categorías			Comparar tramos de una línea: categorías			Extrapolar: categorías		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1º ESO	30.4	54.4	15.2	2.5	88.6	8.9	31.6	56.9	11.4
3º ESO	43.5	46.8	9.7	9.7	80.6	9.7	25.8	56.5	17.7

Tabla 5.18. Información global obtenida a partir de una gráfica sencilla (en %)

- Cuando se plantea “Pon título a esta gráfica” esperábamos que escribieran una expresión que reflejara de forma significativa la información que proporciona. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes de los dos cursos son incapaces de relacionar correctamente las variables que intervienen y el sentido de lo que se quiere transmitir a través de los datos, limitándose a dar respuestas imprecisas o poco elaboradas, en las que no nombran ninguna de las variables (“gráfica de cigarrillos”, “el tabaco”...), mencionan sólo una de ellas (“consumo de tabaco”), o hacen referencia a las dos variables, pero sin expresar ninguna relación entre ellas (“consumo anual de cigarrillos por habitante”).
- Aunque en menor medida, estas carencias y limitaciones también se ponen de manifiesto a la hora de responder a la cuestión (“¿Qué conclusión puedes deducir de esta gráfica?”). Por un lado, cabe destacar el dato positivo de que aproximadamente la mitad del alumnado de los dos cursos sea capaz de dar argumentos correctos, mediante los que relacionan adecuadamente las variables, manifestando tener una

visión global de los datos (concluyen "que cada vez se consume más"). Pero, por otro, un 20% de los estudiantes sólo es capaz de obtener conclusiones parciales ("que las personas no pueden dejar de fumar", "se fuma mucho", "lo que se consume cada año"), que además de poner de manifiesto ciertas dificultades de comprensión desde el ámbito estrictamente conceptual, resultan exponentes de la falta de vocabulario y capacidad de expresión que tienen estos estudiantes.

- Otra forma de demostrar la capacidad que tienen los alumnos para obtener información de una gráfica se comprueba solicitando proyecciones a partir de los datos que ésta suministra. Así, los resultados obtenidos en relación con la tendencia de la gráfica presentada ("¿Qué puedes deducir que pasará en el futuro respecto al consumo de cigarrillos?"), indican que dicha capacidad es prácticamente inexistente en ambos cursos; más que hacer inferencias lógicas, los estudiantes hacen predicciones erróneas ("se fumará más"), o se limitan a proyectar ideas personales sobre el problema ("que al final mucha gente morirá", "ojalá dejen de fabricar cigarrillos"); circunstancias que, en cualquier caso, implican falta de destreza y habilidad en la interpretación de una gráfica.

Cursos	Escribir título a la gráfica			Obtener conclusiones			Inferir la tendencia de la gráfica		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1º ESO	1.3	79.7	19.0	41.8	20.2	38.0	2.5	74.7	22.8
3º ESO	4.8	75.8	19.4	54.4	21.4	24.2	1.6	87.1	11.3

Tabla 5.19. Información global obtenida a partir de una gráfica sencilla (en %)

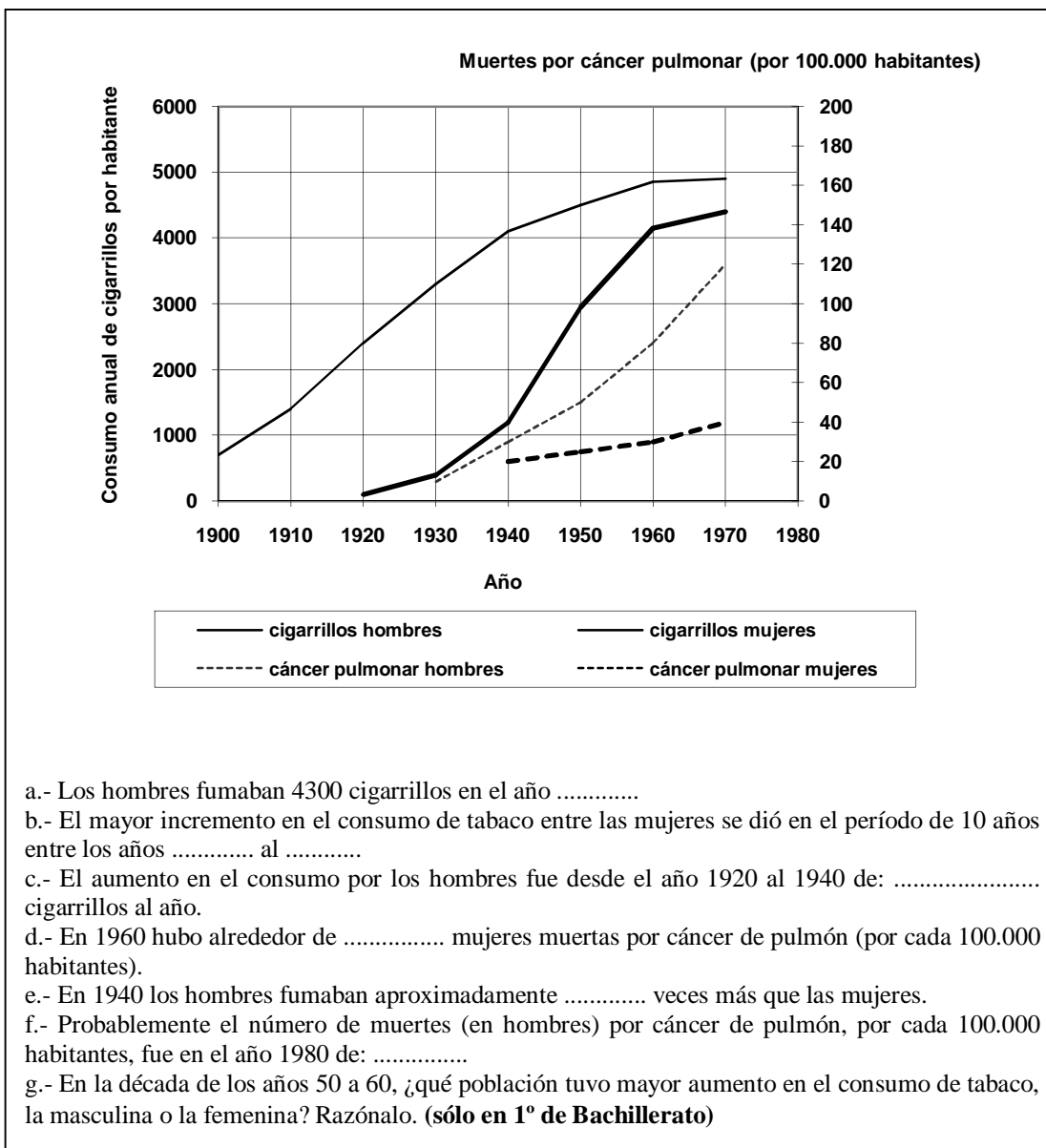
Los datos presentados muestran que los estudiantes no tienen dificultad con las tareas más sencillas de interpretación de una gráfica, en la que se relacionan variables que son familiares para los estudiantes; pero cuando tienen que obtener información más compleja -información global- sólo en algunas tareas un porcentaje, que no llega a la mitad, la realizan adecuadamente, mientras que en las demás son muy pocos los que contestan adecuadamente.

Las dificultades que muestran un número importante de estudiantes de estos cursos para obtener información global de una gráfica sencilla, creemos que son debidas a una falta generalizada de dominio del cálculo matemático que requieren algunas tareas, y a la falta de experiencia práctica en relación con estas representaciones.

Interpretación de una gráfica compleja

En este caso, la gráfica constaba de tres ejes de coordenadas y cuatro líneas de gráfica (cuadro 5.15), por lo que representaba una situación de mayor grado de dificultad para los estudiantes. Como consecuencia de ello, consideramos que aquellos que se encontraban en 1º de ESO no estarían capacitados para interpretar esta gráfica y por ello la recogida de información sólo se llevó a cabo en los dos cursos siguientes.

Las cuestiones referentes a la obtención de información local son equivalentes a las que se hicieron en la gráfica sencilla, pero para obtener información global se añadieron otras preguntas, con objeto de averiguar si realizaban interpretaciones adecuadas al comparar distintas líneas.



Cuadro 5.15. Situación planteada para interpretar una gráfica compleja

El análisis de los resultados se ha efectuado del mismo modo que para la interpretación de una gráfica sencilla, por lo cual consideramos innecesario repetir las categorías.

Obtención de información local

Los resultados de la tabla 5.20 indican que la mayoría de los estudiantes que habían finalizado el 1º ciclo de ESO tienen dificultades para obtener información derivada de los datos que aparecen expresamente en una gráfica compleja; proporción que disminuye de manera notable entre aquellos que habían finalizado la ESO.

Cursos	Correspondencia de valores entre los ejes			Interpolar		
	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría A	Categoría B	Categoría C
3º ESO	40.3	54.8	4.8	38.7	59.7	1.6
1º BACH	62.7	29.3	8.0	82.7	14.7	2.7

Tabla 5.20. Información local obtenida a partir de una gráfica compleja (en %)

En concreto, cuando se les solicita relacionar valores entre los dos ejes (“En 1960 hubo alrededor de mujeres muertas por cáncer de pulmón (por cada 100.000 habitantes”), algo más del 60% de estudiantes de 1º de Bachillerato lo hacen sin ninguna dificultad (contestan el valor correcto “30”); sin embargo, una proporción similar de 3º de ESO cometen errores, que se pueden achacar a la propia complejidad de la situación planteada.

Entre dichos errores, el más frecuente consiste en confundir la línea de la gráfica que hay que utilizar para buscar un dato determinado, ya que aluden al número de “hombres muertos” (“80”) o al “consumo de cigarrillos” (“1000”); aunque también se da el caso de estudiantes que ponen valores aproximados (“20”, “40”), o no responden a la pregunta.

Algo similar ocurre cuando se trata de interpolar datos (buscar valores que no están directamente indicados en la gráfica), tarea que solamente realizan correctamente cuatro de cada diez estudiantes de 3º ESO, mientras que la mayoría de los de 1º de Bachillerato responden acertadamente. Las equivocaciones de los primeros consisten, generalmente, en que tienen dificultad para localizar el valor exacto y se limitan a hacer una aproximación (a la cuestión “*Los hombres fumaban 4300 cigarrillos en el año*”, responden, por ejemplo, “1940”); o, como en la cuestión anterior, se equivocan en la línea de la gráfica en la que tienen que buscar el valor correspondiente (por ejemplo, se confunden con la línea de “mujeres” o con el eje de “muertes por cáncer”).

Obtención de información global

En general, podemos afirmar que la capacidad que tienen los estudiantes de 3º de la ESO y de 1º de Bachillerato para obtener información global a partir de los datos de una gráfica es muy limitada e inferior a la que demuestran en relación con la información local (tabla 5.21), pues las respuestas correctas se sitúan, respectivamente, en torno al 30% y al 40% como media para las distintas cuestiones formuladas. Las principales dificultades y errores son las siguientes:

- Al pedirles que comparen el incremento entre dos puntos de una misma línea (“El aumento en el consumo por los hombres fue desde el año 1920 al 1940 de: cigarrillos al año.”), las dos terceras partes de los estudiantes que finalizaron el 1º ciclo de la ESO y la mitad de los que acabaron esta etapa, cometen errores de diverso tipo, siendo el más frecuente confundir el incremento (localizar el valor superior y el inferior y restarlos) con uno de los valores, normalmente el superior, (por ejemplo, escriben: “*el incremento ha sido de 4000 cigarrillos anuales*”). En otros casos señalan valores incorrectos (“4500”, “2000”), confunden el aumento de consumo de cigarrillos con el de muertes por cáncer, seleccionan el mayor valor del eje de la derecha (“140”), o escriben los valores de los dos años (“2500-4000”), sin realizar el cálculo correspondiente.
- La dificultad que pueden tener los estudiantes para deducir información a partir de unos datos más o menos concretos se incrementa si, en vez de pedirles que localicen puntos de la gráfica, se les solicita que analicen tramos diferentes de una misma línea de la representación gráfica (“El mayor incremento en el consumo de tabaco entre las mujeres se dio en la década de los años: al”), en los cuales,

más que un cálculo numérico, lo que tienen que hacer es un análisis visual de la pendiente de la línea en cada década. En este caso, las respuestas correctas son algo inferiores a la pregunta anterior, y los errores más frecuentes consisten en poner dos décadas (“40-60”) en vez de una, escribir el mayor valor que han considerado (“60”, “70”...) o indicar otros valores que son incorrectos (“2000”). Es de señalar, también, que obtengan mejores resultados que en la misma tarea con la gráfica sencilla; sin duda, debido a que la línea de la gráfica que deben utilizar muestra más claramente los diferentes incrementos.

- Cuando la comparación entre tramos se hace más compleja, porque los valores pertenecen a dos líneas de gráfica diferentes (como ocurre en la pregunta que se formula a los estudiantes de 1º de Bachillerato: “En la década de los años 50 a 60, ¿qué población tuvo mayor aumento en el consumo de tabaco, la masculina o la femenina? Razónalo.”), observamos que un 40% del alumnado de este curso es capaz de realizar la tarea adecuadamente, bien calculando cuantitativamente el aumento en cada caso (“la femenina porque aumento de 3000 a 4100 aproximadamente y los hombres sólo de 4500 a 4900. Por lo tanto en las mujeres la diferencia es mayor”) o comparando las pendientes (“la femenina porque la línea se encuentra más inclinada”), aunque el resto no contestan o aportan argumentos inconsistentes (“la femenina, porque consumen más”, “... la gráfica lo muestra claramente”).

Cursos	Incremento entre dos puntos: categorías			Comparar tramos de una misma línea: categorías			Comparar tramos de líneas distintas: categorías		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3º ESO	32.2	58.1	9.7	25.8	69.3	4.8	-	-	-
1º BACH	48.0	4.8.0	4.0	57.3	41.3	1.3	40.0	42.7	17.3

Cursos	Extrapolar: categorías			Comparar puntos de dos líneas diferentes: categorías		
	A	B	C	A	B	C
3º ESO	29.0	54.8	16.1	4.8	24.0	71.2
1º BACH	44.0	38.7	17.3	36.0	21.0	43.0

Tabla 5.21. Información global obtenida a partir de una gráfica compleja (en %)

- Cuando lo que se pide a los estudiantes es que extrapolen datos (“Probablemente el número de muertes -en hombres- por cáncer de pulmón, por cada 100.000 habitantes, fue en el año 1980 de:”), el grado de acierto que muestran los alumnos de 1º de Bachillerato es semejante a los de tareas anteriores, existiendo una diferencia relativa menor entre ambos cursos. La dificultad que tienen para extrapolar datos se pone de manifiesto en respuestas que tratan de buscar con una línea horizontal el eje de la derecha (“120”), en vez de seguir la tendencia de la representación.

Cabe destacar el hecho de que los alumnos y alumnas de 3º de ESO tengan más éxito al extrapolar en esta gráfica compleja, que cuando lo hacen con la más sencilla. Creemos que, probablemente, ello sea debido a que en este último caso la prolongación de la línea debía hacerse en un espacio fuera del área de la gráfica hasta buscar la prolongación imaginaria del eje de abscisas, situación que es infrecuente de encontrar en las tareas de interpretación de gráficas. Sin embargo, en la gráfica compleja el año al que debían de extrapolar viene marcado en el eje de abscisas. Estas dos situaciones nos muestran que la dificultad de las tareas en la interpretación de gráficas está relacionada con el número de pasos que se requieren y, con la experiencia práctica; es decir, si la tarea ha sido realizada anteriormente con frecuencia (y de una manera significativa).

Finalmente, analizamos la capacidad de los estudiantes para obtener información implícita a través de una tarea de mayor dificultad, como es el tener que comparar cuantitativamente puntos de dos líneas diferentes (*“En 1940 los hombres fumaban aproximadamente veces más que las mujeres.”*). Las respuestas ponen de manifiesto que realmente los estudiantes de 3º de ESO no son capaces de sacar conclusiones en las que tienen que localizar dos valores y compararlos realizando el cálculo matemático pertinente. Por otra parte, sólo una tercio de los de 1º de Bachillerato lo hace correctamente. Aquellos que se equivocan suelen poner “unidades más” (“3000”) en vez de “veces más” (“4”) o escriben el mayor valor (número de cigarrillos en hombres, “4000”).

c) Conclusiones sobre las capacidades de los estudiantes para elaborar e interpretar gráficas.

Los resultados que hemos obtenido sobre la elaboración de gráficas indican que se produce una clara progresión conforme los estudiantes avanzan de nivel educativo, pues mientras en 1º de ESO casi ninguno elabora correctamente una gráfica sencilla y en 3º ESO lo hacen uno de cada diez, en el caso de los que han finalizado la ESO son 4 de cada 10. Aunque casi tres cuartas partes de los estudiantes de este último nivel educativo cometen errores a la hora de elaborar una gráfica compleja.

Sin embargo, creemos que estos resultados deberían ser más positivos, incluso desde el inicio de la Educación Secundaria, si consideramos el papel relevante que tienen las representaciones gráficas para interpretar fenómenos cotidianos o científicos y para extraer información de los datos obtenidos en una investigación escolar.

Por otra parte, el análisis de los resultados sobre la interpretación de gráficas nos permite afirmar que, tal y como esperábamos, una amplia mayoría de los estudiantes investigados muestran numerosas deficiencias para interpretar correctamente una gráfica, sea ésta de un bajo nivel de dificultad o de mayor complejidad. Aunque los estudiantes que han finalizado la etapa mejoran en todas las tareas respecto a los de 3º de ESO, creemos que deberían demostrar mayores capacidades, ya que es necesario interpretar adecuadamente gráficas para poder extraer conclusiones adecuadas sobre los fenómenos científicos y las investigaciones en las que intervienen datos numéricos.

Como es lógico, y al igual que en las tablas, a los estudiantes les resulta más fácil obtener información local, fácilmente deducible de los datos concretos de la gráfica, que

información que tienen que conseguir a través de tareas que requieren comparar datos, relacionar variables, extrapolar o sacar conclusiones.

Estas consideraciones parecen apuntar en la misma dirección que hemos señalado en el caso de las tablas: la escasa frecuencia con la que los estudiantes desarrollan estas tareas en las aulas y/o la escasa significatividad de los aprendizajes adquiridos explicarían esta situación, a pesar de que, como comprobaremos en el próximo capítulo, los libros de texto contienen un número considerable de ejemplos de estas formas de representación, por lo que podrían suponer que los estudiantes tienen suficientes ocasiones para su aprendizaje. También ponen de manifiesto otras circunstancias importantes a la hora de la planificación docente: la enseñanza de estos contenidos procedimentales requiere seguir determinados criterios de secuencia que sean consecuentes con las capacidades y conocimientos del alumnado, y unas estrategias de enseñanza que contemplen la diversidad de tareas que requieren la obtención de información local y global de una gráfica. Más adelante, y tras el análisis de la información aportada por las respuestas al cuestionario II, volveremos sobre estos aspectos.

Una vez realizado el análisis de los resultados del cuestionario sobre tablas y gráficas, en los siguientes apartados exponemos los obtenidos en relación con las demás habilidades de investigación que hemos estudiado (cuestionario II); circunstancia que nos permitirá, con una visión conjunta de todos los datos obtenidos, identificar los conocimientos y capacidades de los estudiantes sobre las habilidades y destrezas objeto de nuestra investigación.

5.2 CONOCIMIENTOS Y CAPACIDADES DE LOS ESTUDIANTES EN RELACIÓN CON HABILIDADES DE INVESTIGACIÓN

A diferencia de los conocimientos que muestran los estudiantes en relación con los procedimientos anteriores, cuyas tareas han sido planteadas con cierta independencia de los posibles problemas de investigación con los que pudieran estar relacionados ambos instrumentos de representación numérica, los procedimientos a los que nos vamos a referir a continuación tienen que ver con otros procesos, de distinto grado de complejidad, característicos de la investigación científica.

Como señalamos en el capítulo anterior, nuestro estudio se ha centrado en realizar un diagnóstico de los conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con los problemas que dan origen a una investigación, las hipótesis que la orientan, las variables que pueden incidir en su desarrollo, los diseños experimentales adecuados para dar respuesta a los problemas planteados y, por último, las conclusiones que se pueden deducir de los resultados obtenidos, como consecuencia del desarrollo de una determinada investigación.

La naturaleza de estas habilidades, ha determinado que las características de las distintas situaciones que hemos diseñado difieran de las utilizadas en el caso de tablas y gráficas. En concreto, las pruebas que formaban parte del cuestionario que hemos utilizado, que también se han seleccionado atendiendo a distintos grados de dificultad, se ha orientado a valorar los siguientes aspectos:

a) En primer lugar, y desde una aproximación que consideramos más sencilla para ellos -por tener un carácter más declarativo-, hemos dirigido la recogida de información hacia los siguientes objetivos:

- * Conocer su opinión sobre la frecuencia con la que creen haber tenido experiencias educativas en relación con distintas habilidades de investigación estudiadas.

- * Como consecuencia de ello, comprobar en qué medida son capaces de identificar una posible definición de cada uno de estos procedimientos, así como de reconocerlos y diferenciarlos de otros, entre distintas frases extraídas de textos de carácter científico.

b) Desde una segunda aproximación, y utilizando formulaciones más complejas, indagamos sobre las capacidades de los estudiantes para aplicar estas habilidades en el contexto de procesos de investigación, mediante situaciones sobre hechos y experiencias científicas relativamente sencillas en las que los estudiantes deben:

- * Deducir y expresar los procedimientos implícitos: el problema científico, las hipótesis, las variables y las conclusiones que se encuentran implicadas en determinadas investigaciones.

- * Planificar el desarrollo de la investigación.

De esta manera, pretendemos valorar en qué medida la enseñanza recibida ha aproximado a los estudiantes a aprendizajes en el ámbito de estos procedimientos y cómo esta formación evoluciona durante la Educación Secundaria Obligatoria. Desde nuestro punto de vista, el análisis de los resultados así obtenidos, nos van a permitir valorar, como en tablas y gráficas, en qué medida se comprueban las subhipótesis que formulamos. Además, podemos obtener información sobre las dificultades que tienen los estudiantes para ir progresando en el aprendizaje de estas habilidades de investigación y, sobre todo, en sus capacidades para comprender la importancia de estas estrategias en el contexto de una investigación.

En consecuencia, y desarrollando un poco más el esquema que habíamos presentado en la figura 5.1, en la figura 5.3 presentamos un resumen de los apartados que vamos a analizar a continuación.

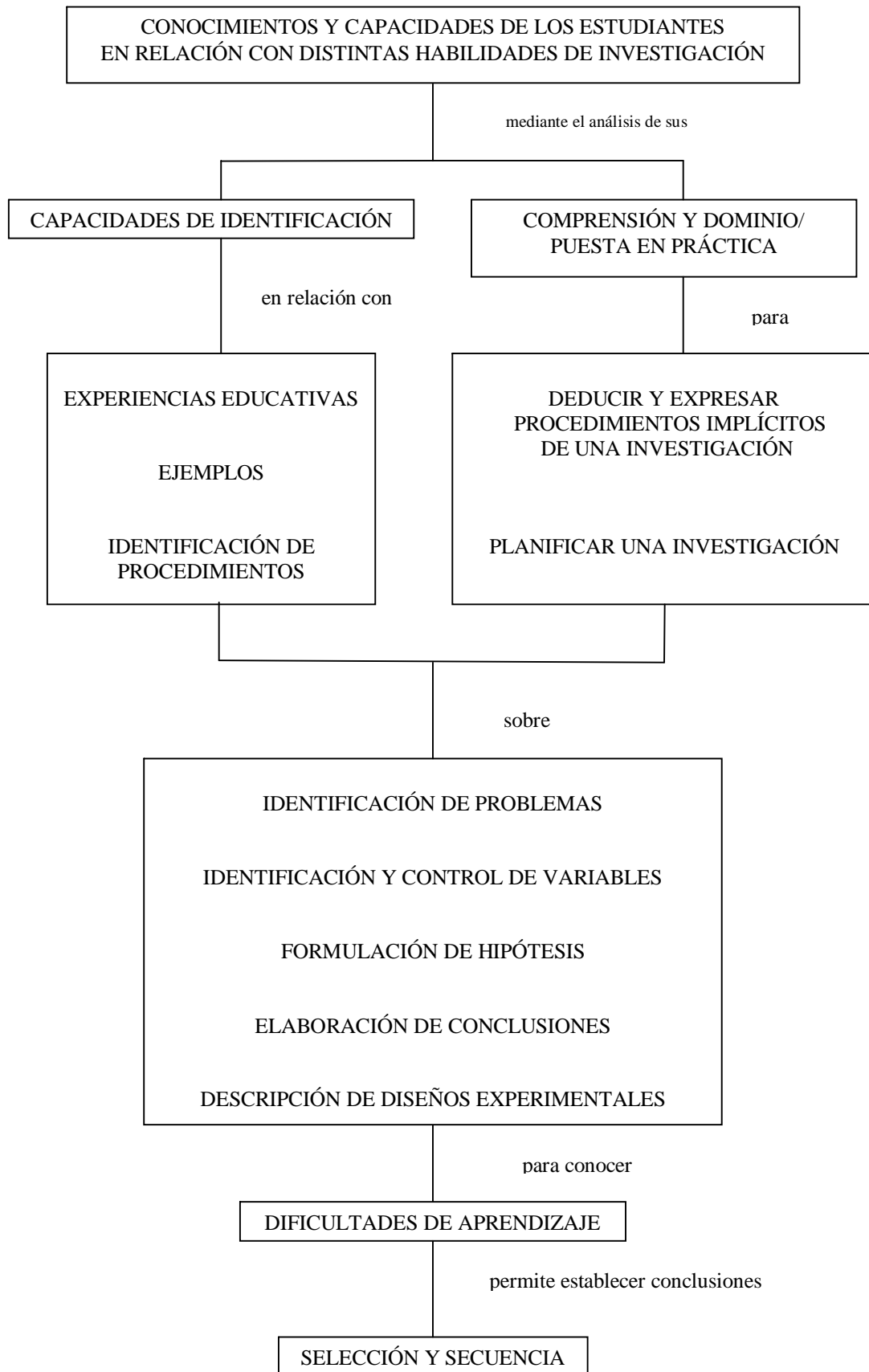


Figura 5.3. Esquema general de la investigación sobre habilidades de investigación

Comenzaremos nuestro análisis presentando los resultados obtenidos sobre sus conocimientos y capacidades de identificación en relación con cada uno de estos procedimientos:

- En primer lugar, y haciendo referencias explícitas a las características de las distintas preguntas formuladas, llevaremos a cabo este análisis de manera específica para cada uno de ellos, a dos niveles: capacidades de identificación y capacidades para su puesta en práctica en situaciones experimentales.
- A continuación, un examen conjunto de los datos obtenidos, nos permitirá realizar una primera aproximación a las dificultades que pueden tener los estudiantes en relación con estos aprendizajes, como una de las referencias que se pueden considerar a la hora de establecer algunas implicaciones educativas sobre la enseñanza de estas habilidades de investigación.

5.2.1. Capacidades de identificación de las características de las habilidades de investigación

En relación con esta dimensión, y como introducción al cuestionario utilizado, se recurrió a preguntas mediante las que se pretendía averiguar:

- a) En primer lugar, en qué medida dicen los estudiantes que han tenido experiencias educativas, en el ámbito académico, en relación con estos procedimientos, intentando corroborar, posteriormente, esta circunstancia mediante las capacidades que demuestran para poner ejemplos y, también, por su nivel de acierto para identificar lo que podría ser una definición o un ejemplo de cada uno de ellos.
- b) En segundo término, sus capacidades para asociar expresiones extraídas de determinadas investigaciones con cada uno de estos procedimientos. En esta tarea se incluyeron frases relacionadas con todos los procedimientos que estudiamos, con excepción del término *variable*, al considerar que los resultados obtenidos a partir de las cuestiones formuladas sobre tablas y gráficas hacía innecesario volver a insistir en torno a este término.

Las entrevistas previas, llevadas a cabo para adecuar el cuestionario al nivel de los estudiantes a los que iba dirigido, fueron particularmente útiles para orientar la elaboración de este cuestionario, aportándonos una valiosa información sobre las dificultades que cada uno de estos procedimientos representaba para los alumnos y alumnas de los distintos cursos.

En este sentido, pronto pudimos comprobar como algunos planteamientos resultaban particularmente complejos para los estudiantes que han finalizado la Educación Primaria y, en algún caso, también, para los de que han concluido el primer ciclo de ESO. En consecuencia, siguiendo criterios anteriores, se propusieron, en cada curso, distintas cuestiones y situaciones experimentales que suponíamos con diferentes grados de dificultad.

Como consecuencia de estas consideraciones –según se muestra en la tabla 5.22-, el número de cuestiones formuladas para los estudiantes que han finalizado la Educación

Primaria fue más reducido; además, sólo se pidió escribir ejemplos sobre *hipótesis*, *variable* y *diseño experimental* a los estudiantes que han finalizado la ESO. También se establecieron algunas diferencias entre las preguntas relacionadas con las distintas habilidades de investigación, pues mientras que para esos tres procedimientos se propusieron diferentes tipos de cuestiones, para *problema* y *conclusiones*, al constatar durante las entrevistas previas que los estudiantes se referían a su acepción en el lenguaje cotidiano, o a los problemas que deben resolver, principalmente en Matemáticas, y no los relacionaban con procedimientos de una investigación científica, se optó por incluir una sola pregunta relacionada con la identificación de su definición en el contexto de otras expresiones que se referían a distintos procesos y tareas relacionadas con la actividad científica.

Habilidades de investigación	Conocimientos declarativos	Curso		
		1º ESO	3º ESO	1º BACH
HIPÓTESIS	Experiencia escolar	X	X	X
	Escriben ejemplos			X
	Identifican definición	X	X	X
	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
VARIABLE	Conocen significado		X	X
	Escriben ejemplos			X
	Identifican variables		X	X
DISEÑO EXPERIMENTAL	Conocen significado		X	X
	Escriben ejemplos			X
	Identifican definición		X	X
	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
PROBLEMA	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X
CONCLUSIONES	Identifican con etapas de una investigación	X	X	X

Tabla 5.22. Conocimientos declarativos que se analizan en los distintos cursos

A continuación, a partir de la descripción de las características de las preguntas formuladas, presentamos los resultados obtenidos para cada uno de los procedimientos señalados.

a) *Hipótesis: experiencia en el ámbito académico e identificación de la definición*

Como decíamos, dos fueron los aspectos sobre los que se preguntó a los estudiantes para aproximarnos a sus capacidades más generales en relación con esta habilidad de investigación.

Experiencia en el ámbito académico

Para valorar esta circunstancia, planteamos una cuestión que constaba de dos partes: a) en la primera se preguntaba a los estudiantes en qué medida durante la enseñanza recibida hasta el momento, había sido más o menos habitual la utilización del término hipótesis; b) en la segunda –sólo a los estudiantes de 1º de Bachillerato por considerar que éstos poseían la capacidad de expresión escrita suficiente para aportar datos fiables– se pretendía valorar la incidencia formativa que podrían haber tenido estas situaciones, al plantearles que describieran alguna actividad de aula en la que hubieran tenido que formular hipótesis. Las preguntas formuladas (cuadro 5.16) fueron las que se presenta a continuación.

1. ¿Recuerdas haber desarrollado actividades en clase –en este curso o en cursos anteriores- en las que tuvieras que expresar hipótesis. Elige una de las frases marcando a la izquierda con una X.

- CON MUCHA FRECUENCIA
- CON ALGUNA FRECUENCIA
- CASI NUNCA
- NO RECUERDO HABERLO HECHO NINGUNA VEZ
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. “En caso de que hubieras desarrollado estas actividades, ¿puedes describir alguna que recuerdes?” (sólo en 1º de Bachillerato).

Cuadro 5.16. Cuestiones en referencia a la experiencia educativa con hipótesis

Como en cuestiones anteriores, después de una revisión inicial de los resultados obtenidos, decidimos agrupar las respuestas en tres categorías que, en nuestra opinión, reflejaban mejor lo que podría ser la experiencia de los estudiantes al respecto:

- Categoría A: incluye las dos primeras respuestas, en las que los estudiantes reconocen que este término les resulta relativamente familiar en el ámbito académico; es decir, reconocen que han formulado hipótesis con alguna o con mucha frecuencia.
- Categoría B: agrupa a aquellos que marcan las opciones tercera y cuarta; es decir, a los estudiantes que parecen comprender la pregunta, pero que reconocen que nunca o casi nunca han tenido ocasión de expresar hipótesis como consecuencia de las tareas desarrolladas en las aulas.
- Categoría C: reúne a los que señalan la última opción; también, a los que no contestan a esta cuestión.

Como se puede deducir de los resultados que presentamos en las tres primeras columnas de la tabla 5.23, las respuestas de los estudiantes parecen poner de manifiesto que la formulación de hipótesis ha estado prácticamente ausente de las actividades de enseñanza desarrolladas durante la Educación Primaria y el primer ciclo de ESO. Por otra parte, sólo la mitad de los que han finalizado la ESO reconocen que han trabajado con hipótesis con cierta frecuencia.

Cursos	Experiencia escolar			Escriben ejemplos		
	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	18.8	68.1	13.0	-		-
3º ESO	18.2	74.6	7.3	-		-
1º BACH	49.9	50.0	0.0	20.9	29.1	50.0

Tabla 5.23. Conocimientos en relación con hipótesis (en %)

Evidentemente, éramos conscientes de que, debido a la naturaleza de esta primera cuestión, a partir de las respuestas de los estudiantes es difícil conocer si efectivamente aquellos que hemos situado en la primera de las categorías, habían comprendido la cuestión y responden en contexto.

Por este motivo, a los estudiantes que han finalizado la ESO se les pidió que señalaran algún ejemplo de actividad en la que hubiesen tenido que formular alguna hipótesis, para tratar de comprender mejor si el significado de sus respuestas podría ir en línea con la intención con la que se formulaba la cuestión.

En este caso, los resultados obtenidos (segunda parte de la tabla 5.23), pusieron de manifiesto lo siguiente:

- En primer lugar, pudimos constatar que sólo uno de cada cinco estudiantes fueron capaces de describir ejemplos de actividades que, realmente, se encuentran relacionadas con la formulación de hipótesis, con objeto de solucionar un problema práctico en el laboratorio o en una actividad de lápiz y papel (categoría A). Esta circunstancia parece confirmar que, en relación con estos casos, efectivamente habían respondido fielmente a su recuerdo y que, por tanto, nos aporta cierta fiabilidad en relación con sus respuestas.
- Así, y recordando una actividad realizada recientemente en el aula, uno de los estudiantes escribía la siguiente expresión, a partir de la que podríamos deducir que parecen comprender el significado de lo que representan las hipótesis en el contexto de una investigación: “En un hospital de Austria se producían muertes en una zona y en otra casi ninguna. Se nos daban unas hipótesis y mediante unos datos fuimos deduciendo cuál era la correcta. Hipótesis correcta: porque eran manipuladas con bisturís en malas condiciones”.
- Sin embargo, eran algo más aquellos que pusieron como ejemplos situaciones que no se corresponderían con hipótesis (categoría B). Así, un estudiante refiriéndose a la misma actividad señalada anteriormente escribía: “Teníamos que descubrir cuál era la causa de la muerte de ciertas mujeres embarazadas”; otro escribe: “observación de semillas al microscopio”. Es decir, expresiones que nos hace suponer que tiene dificultades para reconocer el significado de este término y el papel que éstas desempeñan en el desarrollo de una investigación, confundiéndolas con otros procedimientos.
- Otro dato significativo para valorar el tratamiento educativo que han tenido durante la ESO se puede deducir del elevado número de estudiantes que no responden (50%), que se encuentran incluidos en la categoría C.

Evidentemente, estos datos resultan insuficientes para hacernos una idea de la formación recibida por los estudiantes en relación con este procedimiento; en consecuencia, consideramos necesario formular pruebas adicionales.

Identificación de la definición de hipótesis

Con objeto de disponer de mayor información en relación con sus conocimientos sobre el término hipótesis, aunque todavía de carácter elemental, planteamos otra cuestión en la que se presentaba a los estudiantes diferentes definiciones que se referían a distintos procesos y tareas relacionadas con la actividad científica, con objeto de conocer qué expresión o expresiones relacionaban con una hipótesis.

Como se presenta en el cuadro 5.17, mejor que utilizar textos largos que pudieran dificultar la comprensión por parte de los estudiantes, optamos por seleccionar una serie de frases cortas.

Elige la frase (o las frases) que para ti significa lo mismo que hipótesis:

a. Teoría que está aceptada por los científicos.
 b. Respuesta provisional ante un problema que se debe comprobar con experimentos:
 c. Conclusión a la que se ha llegado después de realizar una investigación.
 d. Problema que se plantea y que puede tener una solución científica.
 e. Escribe otra frase equivalente a hipótesis si no eliges ninguna de las anteriores.

Cuadro 5.17. Cuestión para identificar la definición de hipótesis

Ya que ningún estudiante se decidió por dar una explicación propia, haciendo uso de la posibilidad que planteaba la opción “e”, las categorías establecidas han sido las siguientes:

- Categoría A: hemos incluido a aquellos estudiantes que señalaron la opción b, que habíamos propuesto como correcta.
- Categoría B: agrupa a aquellos estudiantes que se han inclinado por cualquiera de las restantes afirmaciones.
- Categoría C: se encuentran incluidos los estudiantes que no respondieron a esta cuestión.

De los resultados que presentamos en la tabla 5.24 se deduce que –ya que la elección podría ser múltiple, la suma de los porcentajes es superior a 100-, los estudiantes responden mayoritariamente a esta cuestión.

Cursos	Categoría A	Categoría B		Categoría C	
	Opción b	Opción a	Opción c	Opción d	En blanco
1º ESO	27.5	30.4	40.6	37.7	2.3
3º ESO	41.8	16.4	34.5	34.5	0.0
1º BACH	89.5	0.0	13.9	11.6	0.0

Tabla 5.24. Identificación de la definición de hipótesis (en %)

En primer lugar habría que señalar que casi el 90% de los que han finalizado la ESO responden correctamente. Sin embargo, esta proporción es notablemente inferior en 3º de ESO, y son más los estudiantes de 1º de ESO que se decantan por cualquiera de las restantes opciones: la mayoría se decide por las expresiones que corresponden a la conclusión de una investigación (afirmación c) o al problema que se pretende abordar (afirmación d). En todo caso, la distribución de las respuestas en estos dos cursos evidencia la confusión que existe en relación con este procedimiento, al que atribuyen significados diversos.

Como conclusión general de esta primera aproximación al conocimiento del término “hipótesis” cabría señalar que los resultados obtenidos para primaria y primer ciclo de ESO, ponen de manifiesto las dificultades para comprender el significado de este

procedimiento, lo que podría ser razonable si se tiene en cuenta la escasa o nula atención que, como hemos comprobado se le presta en las aulas o, en el caso de que la hubiera tenido, la escasa o nula repercusión que esta clase de actividades tienen sobre los aprendizajes de los estudiantes.

No obstante, es al finalizar la enseñanza obligatoria cuando los estudiantes muestran ciertos conocimientos en relación con las hipótesis, ya que las identifican sin dificultad cuando se les presenta una definición de las mismas. Sin embargo, no parece que esta circunstancia sea consecuencia de experiencias significativas desarrolladas en el ámbito educativo, como reflejan los resultados presentados hasta el momento.

b) Variables: significado e identificación de ejemplos

En relación con este concepto, las entrevistas previas a la elaboración definitiva del cuestionario evidenciaron, como era previsible, que los estudiantes que iniciaban la ESO ignoraban el significado del término en el contexto de la actividad científica; hecho que aconsejó no formular esta clase de cuestiones a los alumnos y alumnas de este curso.

En todo caso, en los otros dos cursos comprobamos un cierto desconcierto en los estudiantes cuando les preguntábamos por sus experiencias académicas en relación con este procedimiento; también, nos dimos cuenta de la complejidad que suponía solicitarles una definición de variable. Como consecuencia de ello, nos pareció oportuno modificar el planteamiento de las cuestiones –manteniendo, en todo caso, los mismos objetivos que el caso anterior-, en el sentido que explicamos a continuación.

Significado del término variable

Como consecuencia de las consideraciones anteriores, en lugar de preguntarles por su experiencia académica, en la primera pregunta -que también constaba de dos partes- se les pidió que se manifestaran sobre si creen conocer el significado de variable, seleccionando algunas de las opciones que se presentan a continuación. Mediante la segunda parte, solicitamos -por su grado de dificultad, sólo a los estudiantes que habían finalizado el segundo ciclo de ESO-, que escribieran algún ejemplo de variable, con objeto de interpretar mejor sus conocimientos al respecto (cuadro 5.18).

1. En primer lugar, nos gustaría saber si crees conocer el significado de la expresión “variable”:
 - SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
 - CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
 - LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
 - NO SÉ LO QUE SIGNIFICA VARIABLE
 - NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA
2. “Si crees conocer lo que significa “variable”, ¿puedes poner algún ejemplo de variable” (sólo en 1º de Bachillerato).

Cuadro 5.18. Cuestiones referentes al significado e identificación de variable

También en este caso, las respuestas para la primera parte de esta pregunta se han agrupado, en tres categorías:

- Categoría A: se han incluido las dos primeras opciones, en las que los estudiantes reconocen que este término les resulta relativamente familiar; es decir, creen conocer su significado.
- Categoría B: en la que agrupamos los que marcan las dos siguientes respuestas, en las que expresan tener dudas sobre el significado de este término.
- Categoría C: reúne a los estudiantes que señalan la última opción, por no comprender lo que se les pregunta, y también a aquellos que lo hacen de forma implícita, dejando en blanco la cuestión.

Como muestran los resultados que presentamos en la tabla 5.25, los estudiantes que creen saber el significado del término *variable* son más que en el caso de hipótesis -casi dos terceras partes en 3º de ESO y tres de cada cuatro en 1º de Bachillerato-. Esta circunstancia puede ser debida al hecho de que, puesto que la palabra *variable* es de uso cotidiano son pocos los estudiantes que creen no saber su significado.

Cursos	Creen conocer significado			Escriben ejemplos		
	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría A	Categoría B	Categoría C
3º ESO	63.6	36.3	0.0	-	-	-
1º BACH	76.8	22.1	1.2	33.7	39.5	26.7

Tabla 5.25. Variable: Significados y ejemplos (en %)

Sin embargo, entre éstos, son muchos los estudiantes que al finalizar la ESO que tienen dificultades para conocer este significado en contextos educativos relacionados con la enseñanza de las ciencias, ya que, como se demanda en la segunda parte de esta pregunta, sólo una tercera parte de la muestra son capaces de describir un ejemplo de *variable*, asociándolo a situaciones concretas (categoría A): “*la temperatura a la que está el ambiente*”, “*el tiempo que tarda del instituto a mi casa*”...

Es decir, muchos de los estudiantes que, anteriormente, habían sido situados en la categoría A, no son capaces de responder, ahora, de manera adecuada, haciendo referencia a “*la intensidad*”, “*un término que en las diferentes situaciones cambia*”, “*opuesto a constante*”, “*la incógnita en una ecuación...*”, como ejemplos de variables (categoría B) lo que indica que el grado de conocimiento real parece ser muy inferior al que creían los estudiantes. Por otra parte, un buen número de ellos dejan la respuesta en blanco (categoría C).

Podemos deducir, por tanto, que este procedimiento no es bien conocido por los estudiantes de estos cursos, ya que dos tercios de los que han finalizado la ESO no son capaces de poner un ejemplo adecuado de variable. En la siguiente pregunta se aporta alguna información adicional en relación con este concepto.

Identificación de variables

Puesto que los estudiantes podrían tener muchas dificultades para escribir una expresión que respondiera a una definición de variable, nos pareció que podía ser más sencillo realizar esta aproximación proponiendo que, entre varias posibilidades, los estudiantes identificaran las que corresponden a variables; se utilizó para ello los

ejemplos que se presentan a continuación (cuadro 5.19), que incluye una variable cualitativa y otra cuantitativa.

Marca con una X las frases que creas que corresponden a una variable:

a- distancia de la Tierra a la Luna
b- colores del arco iris
c- edad de una persona hoy
d- peso de los alumnos de tu clase

Cuadro 5.19. Cuestión para identificar variables

Aunque para los expertos, alguna de estas frases puedan tener una interpretación distinta a la que le hemos dado en nuestro estudio –por ejemplo, si bien la distancia de la Tierra a la Luna no es estrictamente una constante, en esta etapa educativa se considera como tal-, estos ejemplos nos parecen útiles para conocer si diferencian entre constante y variable y, aunque no se les pide que distingan entre variable cualitativa (opción b) y cuantitativa (opción c), podremos deducir cuál de ellas reconocen con más facilidad.

Las categorías establecidas en este caso fueron las siguientes:

- En la categoría A se incluyen a aquellos estudiantes que no confunden variable con constante; es decir, identifican las dos variables que se presentaron como ejemplos (expresiones b y d).
- La categoría B reúne a los estudiantes que sólo seleccionan la opción “b” o la “d”; es decir, sólo reconocen una de las variables, pero no dan este carácter a ninguna de las constantes que se les presentó.
- Por último, en la categoría C se han agrupado a quienes han marcado cualquiera de las restantes combinaciones de frases, sin señalar ninguna de las dos variables que se les habían presentado. Por mantener los criterios a la hora de establecer el número de categorías, en este caso también hemos incluido en ésta a los estudiantes que han dejado las respuesta en blanco (12.7% y 8.1% para los estudiantes que han finalizado el primer y el segundo ciclo de ESO, respectivamente).

Los resultados obtenidos (tabla 5.26) muestran que son muy pocos los estudiantes capaces de seleccionar, de manera correcta, las dos variables; es decir, la mayoría de ellos no las diferencian de las constantes. Además, entre aquellos que sólo marcan una de ellas, lo hacen con mucho mayor grado de acierto en el caso de la variable cuantitativa (82.9%).

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C
3º ESO	5.4	32.7	61.8
1º BACH	8.1	34,9	57.0

Tabla 5.26. Identificación de variables (en %)

Los datos presentados permiten concluir que, si bien los estudiantes manifestaban, de forma mayoritaria, conocer el significado de variable, son muchos menos aquellos que son capaces de identificar ejemplos adecuados. Además, el escaso éxito para diferenciar variable de constante indica que, al finalizar la ESO, su grado de conocimiento real en

relación con este término es, prácticamente, inexistente; circunstancia que muestra las dificultades que se les presentarán cuando deban de utilizar estos términos en el contexto de actividades relacionadas con el trabajo científico.

c) Diseños experimentales: significado e identificación de la definición

En relación con este procedimiento nos parece necesario señalar, en primer lugar, que, si bien la utilización de la expresión más formal de “diseño experimental” puede hacer que los estudiantes tengan más dudas que si se hubiera escrito “planificar una investigación”, hemos optado por utilizar la primera de ellas, ya que es la que se suele utilizar en los materiales didácticos.

Para aproximarnos al significado que los estudiantes de los dos cursos más avanzados de nuestro estudio atribuían a esta expresión (por motivos ya señalados exceptuamos a aquellos que estaban comenzando el primer curso de ESO), se les formuló la cuestión que presentamos a continuación (cuadro 5.20), que, como en el caso anterior, constaba de dos apartados.

1. En primer lugar, nos gustaría saber si crees conocer el significado de la expresión “diseño experimental”:

- SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
- CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
- LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
- NO SÉ LO QUE SIGNIFICA DISEÑO EXPERIMENTAL
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. ¿”Recuerdas alguna actividad en la que hayas tenido que llevar a cabo un diseño experimental”?; “si la respuesta es afirmativa, escribe lo que recuerdes de algún diseño experimental” (sólo en 1º de Bachillerato).

Cuadro 5.20. Cuestión referente al significado e identificación de diseño experimental

Significado de la expresión diseño experimental

En relación con el primero de los aspectos preguntados y utilizando criterios similares a los ya descritos, los estudiantes se agruparon de la siguiente manera:

- Categoría A: incluye aquellas respuestas que señalan una de las dos primeras respuestas, mediante las cuales los estudiantes manifiestan que saben (o creen saber) el significado de “diseño experimental”.
- Categoría B: hemos situado a los estudiantes que marcan las dos siguientes opciones; es decir, aquellos que tienen dudas sobre el significado de este término.
- Categoría C: reúne a los que se deciden por la última opción, señalando no comprender lo que se les pregunta y a los que no responden.

De los resultados que presentamos en la tabla 5.27 se deduce que sólo los estudiantes que han finalizado la ESO creen, de forma mayoritaria, conocer el significado del término “diseño experimental”, siendo este número considerablemente menor entre

aquellos que se encuentran al comienzo del tercer curso. No obstante, esta expresión debe gozar de cierta familiaridad entre los estudiantes ya que son muy pocos los que no responden a esta cuestión.

Cursos	Creen conocer significado			Escriben ejemplos		
	Categoría A	Categoría B	Categoría C	Categoría A	Categoría B	Categoría C
3º ESO	27.3	67.3	5.4	-	-	-
1º BACH	61.6	38.3	0.0	8.1	13.9	77.9

Tabla 5.27. Diseño experimental: significado y ejemplos (en %)

Es decir, es de nuevo durante el segundo ciclo cuando los estudiantes parecen familiarizarse con situaciones educativas en las que se requiere la planificación de investigaciones escolares. Sin embargo, cuando se analizan los resultados obtenidos en este nivel cuando se les pide describir un diseño experimental que recuerden, podemos comprobar como es muy reducido el número de estudiantes que fueron capaces hacerlo (categoría A). En este sentido, algunos escriben, por ejemplo: *“Es acerca de las mariposas. Para comprobar si estas se comunicaban mediante sus sentidos, les hicimos varias pruebas como encerrarlas en un cajón a una y en otro cajón a otra; luego el cartón se le cubría para que se vea todo negro... etc.”*.

Otro número también bastante reducido de estudiantes se refiere a ejemplos que no se corresponden con este procedimiento: *“en el laboratorio de ciencias cuando a través del microscopio miramos donde había pequeñas células.”*, *“el funcionamiento del aparato respiratorio, circulatorio”*, *“... también hemos experimentado los glúcidos ”* asociando ese término a alguna actividad práctica pero sin relacionarlo con algunas fases de una investigación (categoría B).

Por último, y entrando en clara contradicción con los resultados de la primera parte de esta pregunta, más de las tres cuartas partes de los alumnos no respondieron (categoría C).

Parece claro, por tanto, que la experiencia escolar de los que han acabado la ESO no ha sido suficiente para poner ejemplos adecuados en relación con este procedimiento. Aunque, desde nuestro punto de vista, recordar y describir algún diseño experimental que los estudiantes pudieran haber desarrollado a lo largo de su escolarización, puede resultar más complejo que hacer referencia a una hipótesis o una variable, nos inclinamos a pensar que el escaso éxito que tienen los estudiantes a la hora de resolver esta cuestión se encuentra relacionado, básicamente, con el hecho de que no suelen ser frecuentes el desarrollo de actividades de esta naturaleza.

A partir de sus respuestas a la siguiente pregunta pretendíamos obtener una información complementaria sobre los conocimientos de los estudiantes en relación con este procedimiento.

Identificación de la definición de diseño experimental

Para comprobar si eran capaces de señalar la expresión que hacía referencia a un diseño experimental, como en el caso del concepto de “variable”, se presentaron a los estudiantes las frases que figuran en el cuadro 5.21, que se corresponden con posibles

tareas que podrían tener que realizar en el contexto del desarrollo de actividades prácticas.

Marca con una X la frase (o las frases) correctas. “Estamos haciendo un diseño experimental cuando”:

a) seguimos el guión que nos ha dado el profesor para observar células con el microscopio en el laboratorio de Ciencias

b) proponemos las actividades a desarrollar para comprobar si es cierta la hipótesis de que de padres altos nacen hijos altos

c) interpretamos los resultados de una experiencia para comprobar el efecto de la luz sobre el crecimiento de una planta

d) clasificamos plantas, con ayuda de unas claves del libro, por la forma y tamaño de sus hojas

Cuadro 5.21. Cuestión para identificar un diseño experimental

En este caso, los resultados obtenidos, que se presentan en la tabla 5.28, ponen de manifiesto que, si bien los resultados mejoran en relación con las capacidades de los estudiantes para poner ejemplos, la expresión que habíamos formulado como correcta (opción b) no es la más elegida en ninguno de los dos cursos (categoría A).

La mayoría de los estudiantes se inclinan por considerar como diseño experimental alguna de las restantes opciones (categoría B) y, muy en particular, la expresión que corresponde a la conclusión de una investigación (opción c). El motivo por el que la frase más elegida sea ésta podría ser cierta asociación de ideas, ya que es la única expresión en la que aparece la palabra experiencia, como en la formulación de la pregunta que habíamos planteado.

Cursos	Categoría A	Categoría B			Categoría C
	B	a	C	d	En blanco
3º ESO	32.7	21.8	41.8	18.2	14.5
1º BACH	47.7	29.1	63.6	12.7	9.3

Tabla 5.28. Identificación de la definición de diseño experimental (en %)

El hecho de que sean pocos los estudiantes que no responden (categoría C), corrobora los resultados presentados anteriormente, al menos entre aquellos estudiantes que han finalizado la educación obligatoria. Es decir, aunque la mayoría de ellos creen saber qué es un diseño experimental, no son capaces de poner ejemplos que muestren este conocimiento, confundiendo este procedimiento con otros que forman parte de una investigación científica.

d) Capacidades de los estudiantes para relacionar etapas de una investigación con procedimientos científicos

Como un paso más para profundizar en los conocimientos de los estudiantes en relación con los procedimientos científicos que venimos analizando, se les planteó una prueba adicional mediante la que pretendíamos averiguar sus capacidades para relacionar cada uno de ellos con una fase de la investigación en la que se podría estar aplicando.

La diferencia de esta prueba en relación con otras cuestiones formuladas anteriormente reside en el hecho de que, en este caso, las expresiones que hemos utilizado se refieren a

frases extraídas de textos sobre el desarrollo de un trabajo científico; selección en la que se ha tenido en cuenta su adaptación a cada uno de los niveles educativos.

Como se puede observar en el cuadro 5.22, después de una breve introducción, la pregunta contenía una serie de frases –reordenadas aquí para aportar mayor claridad en la presentación de los resultados- que correspondían a las siguientes habilidades científicas: identificación del problema, hipótesis, conclusión y diseño experimental. Con el propósito de que los estudiantes no hicieran la selección de las distintas frases por eliminación, el número total de expresiones fue superior al de habilidades de investigación implicadas (en concreto, se formularon dos expresiones que representaban un problema científico y otras dos relacionadas con la formulación de hipótesis).

Además, como también se puede apreciar, algunas de ellas se modificaron ligeramente para adecuarlas a las capacidades de comprensión lingüística de los estudiantes de menor edad.

De las siguientes frases, indica cuál expresa un problema científico (P), una hipótesis (H), una conclusión (C), o un diseño experimental (o parte de él) (E). Coloca al principio de la frase la letra que corresponda:

Problema de una investigación

Frase a: - Queremos saber cuál es la mayor concentración de sal que permite el crecimiento de esta planta. Responder a esto puede llevar tiempo pero es la manera de. ... (**en todos los cursos**).

Frase b: - ... hay que elegir la planta que nos proporcione la cosecha más abundante en este terreno. Para ello tendremos que... (**1º ESO**) / ... se nos presenta elegir la planta que nos proporcione la cosecha más abundante en este terreno. (**3º ESO y 1º BACH**).

Hipótesis

Frase c: -... creemos que es el plomo, contenido en estos alimentos contaminados, la sustancia que provoca dicha enfermedad, para demostrarlo analizaremos... (**1º ESO**) /... creemos que es el amianto la sustancia que provoca dicha enfermedad, para demostrarlo analizaremos... (**3º ESO y 1º BACH**).

Frase d: - ... suponemos que con este método se puede detectar fácilmente si un deportista ha tomado sustancias prohibidas. (**1º ESO**) / ... suponemos que el carbunco (ántrax) se puede detectar fácilmente con esta sustancia... (**1º ESO y 3º ESO**).

Diseño Experimental

Frase e: - ... la luz y la humedad no varían, sin embargo, la temperatura la vamos cambiando entre los 0 ° C y los 50 ° C. Medimos y anotamos el crecimiento de la planta diariamente... (**1º ESO**) / Para comprobar si lo que pensamos es cierto, controlaremos la luz y la humedad para que no varíen. La temperatura deberá variar entre los 0 ° C y los 50 ° C. Mediremos el crecimiento de la planta diariamente... (**1º ESO y 3º ESO**).

Conclusión

Frase f: - ... una vez hecho el experimento se demuestra que los glóbulos rojos son las células que transportan el oxígeno... (**en todos los cursos**)

Cuadro 5.22. Frases seleccionadas para relacionar con diversas habilidades científicas

- Los resultados obtenidos (tabla 5.29) indican que el número de respuestas correctas en relación con el *problema* que orienta la investigación, (frases a y b) mejora a medida que avanzamos en los distintos cursos, a la vez que desciende el porcentaje de aquellos que no responden a esta cuestión.

Así, sólo un número reducido de los estudiantes que han finalizado primaria señalan las expresiones adecuadas, optando, más bien, por identificarlas como diseños experimentales; tendencia que también se observa en las respuestas equivocadas de los que han finalizado el primer ciclo de ESO, aunque en este caso sucede con menor incidencia (a un nivel similar señalan conclusión), ya que el número de aciertos es sensiblemente más elevado (superior al 40% como media).

Cursos	Problema ¹	Hipótesis	Conclusión	Diseño experimental	En blanco
1º ESO	27.5/14.5	13.0/26.1	11.6/17.4	30.4/30.4	17.4/11.6
3º ESO	47.3/36.4	10.9/12.7	14.5/20.0	18.2/16.4	9.1/14.5
1º BACH	74.4/51.2	5.8/4.6	2.3/7.0	12.8/26.7	4.6/10.5

Tabla 5.29. Procedimientos con los que relacionan el problema de investigación (en %) ¹: frase a/frase b

Sólo al finalizar la ESO la mayoría de los estudiantes son capaces de reconocer las expresiones que, realmente, se refieren a la identificación de un problema que se pretende abordar. Aunque, también, entre aquellos que se equivocan lo confunden, con mayor frecuencia, con diseño experimental.

Se aprecia, sin embargo, un mayor grado de dificultad en el caso de la segunda de las expresiones presentadas (afirmación b). Si bien, se podría pensar que el hecho de que al final de la expresión los estudiantes puedan leer “Para ello tendremos que...” pudiera influir en esta circunstancia; en nuestra opinión y a la vista de los resultados presentados anteriormente en relación con diseño experimental, no creemos que pudiera haber influido en su elección. Es posible, sin embargo, que sí haya podido hacerlo el hecho de que la primera de las frases tiene una formulación más interrogativa que la segunda.

- En relación con las *hipótesis* (tabla 5.30), procedimiento para el que se presentaron como correctas las afirmaciones c y d, hay una evolución del número de aciertos similar a la que tenía lugar en el caso anterior –se incrementa con la edad-; aunque, en este caso, ese número es más elevado en todos los cursos, hasta el punto de que se podría considerar que, al menos a este nivel de identificación, se trata de una noción conocida por los estudiantes que finalizan la ESO; circunstancia claramente coincidente con los resultados presentados sobre la identificación de la definición de hipótesis.

Curso	Hipótesis ¹	Problema	Conclusión	Diseño experimental	Blanco
1º ESO	27.5/33.3	26.1/14.5	24.6/31.9	14.5/13.0	7.2/7.2
3º ESO	50.9/41.8	18.2/20.0	14.5/12.7	7.3/12.7	9.1/12.7
1º BACH	82.6/81.4	5.8/4.6	2.3/4.6	7.0/4.6	2.3/4.6

Tabla 5.30. Procedimientos con los que relacionan la hipótesis de investigación (en %) ¹: frase c/frase d

En este caso, los estudiantes de los dos primeros cursos confunden a menudo hipótesis con problema y conclusión, sin que podamos apreciar una tendencia definida que pueda expresar distinto grado de dificultad en la identificación de las dos expresiones utilizadas como ejemplos de hipótesis.

En esta cuestión, el número de estudiantes que dejan en blanco la respuesta es algo inferior al que se producía en el caso anterior, y es una proporción muy reducida en la muestra de estudiantes que han finalizado la ESO.

- En relación con la identificación de *diseños experimentales* se presentaba una frase correcta para cada uno de los cursos (afirmación e). Como en el caso anterior (tabla 5.31) la respuesta correcta es la más elegida en todos los cursos, y que ésta frecuencia aumenta de manera notable con la edad de los estudiantes. No obstante, en los dos primeros cursos el porcentaje de aciertos es inferior al 50%, confundiendo, con cierta frecuencia, diseño experimental con problema, como ocurría anteriormente.

Curso	Diseño experimental	Hipótesis	Conclusión	Problema	Blanco
1º ESO	39.1	17.4	14.5	21.7	7.2
3º ESO	49.1	9.1	9.1	14.5	18.2
1º BACH	87.2	4.6	2.3	2.3	3.5

Tabla 5.31. Procedimientos con los que relacionan el diseño experimental de una investigación (en %)

Tampoco ahora, el número de respuestas en blanco es muy elevado, con excepción de lo que ocurre al final del primer ciclo de ESO, cuya proporción casi alcanza al 20% de los estudiantes.

- Por último, en lo que hace referencia a la *elaboración de conclusiones*, los resultados obtenidos (tabla 5.32) muestran que en todos los cursos es mayoritario el número de estudiantes que identifican esta expresión de manera correcta. Como en cuestiones anteriores, la proporción de aciertos se incrementa con el curso, alcanzando casi a la totalidad de la muestra entre los estudiantes que han finalizado la ESO.

Curso	Conclusión	Problema	Hipótesis	Diseño experimental	Blanco
1º ESO	36.2	13.0	26.1	18.8	5.8
3º ESO	58.2	3.6	16.4	16.4	5.4
1º BACH	91.9	0.0	3.5	2.3	2.3

Tabla 5.32. Procedimientos con los que relacionan la conclusión de una investigación (en %)

En los dos primeros cursos, la mayoría de los alumnos que se equivocan tienden a confundir esta expresión con una hipótesis, como hemos comprobado que ocurre en anteriores preguntas, en las que se les interroga sobre el significado de otros procedimientos; sin embargo, identifican conclusiones con diseño experimental, quizás porque en el texto de la frase aparece la palabra “experimento”.

En este caso, la proporción de respuestas en blanco es la más reducida lo que significa que este término es conocido, al ser utilizado en el lenguaje cotidiano.

e) Conclusiones: análisis comparativo de las capacidades para identificar habilidades de investigación

Con el objetivo de facilitar una visión global de los resultados obtenidos hasta el momento, en relación con los procedimientos estudiados, en la tabla 5.33 mostramos los porcentajes de respuestas correctas para cada una de las preguntas formuladas (en los casos de *problema* e *hipótesis* se ha anotado la media de las dos frases propuestas).

Procedimientos	Dimensiones analizadas	1º ESO	3º ESO	1º BACH
Problema	Identifican con etapas de una investigación	21.0	41.8	62.8
Hipótesis	Experiencia escolar	18.8	18.2	49.9
	Escriben ejemplos	-	-	20.9
	Identifican definición	27.5	41.8	89.5
	Identifican con etapas de una investigación	30.4	46.3	82.0
Variable	Experiencia escolar	-	63.6	76.8
	Escriben ejemplos	-	-	20.9
	Identifican variables	-	5.4	8.1
	Identifican con etapas de una investigación	-	27.3	61.6
Diseño experimental	Experiencia escolar	-	-	8.1
	Escriben ejemplos	-	-	47.7
	Identifican definición	-	32.7	87.2
	Identifican con etapas de una investigación	39.1	49.1	91.9
Conclusión	Identifican con etapas de una investigación	36.2	58.2	91.9

Tabla 5.33. Identificación de las características de habilidades de investigación: resultados globales

Sólo al finalizar el segundo ciclo de la ESO los estudiantes muestran que han desarrollado unos conocimientos más precisos sobre la identificación de cada uno de los procedimientos. No obstante, persiste una elevada proporción de estudiantes que reconocen no haber tenido ninguna experiencia escolar –o expresan que no conocen su significado- en relación con hipótesis, variable o diseño experimental (en el caso de hipótesis llega al 50%); circunstancia preocupante si tenemos en cuenta sus años de escolaridad. Esta situación se confirma al comprobar que son incapaces de escribir ejemplos de actividades en las que hayan tenido que utilizar esos procedimientos; y en muchos casos, cuando lo hacen, los que señalan son otros distintos; situación que pone de manifiesto que el nivel de aprendizaje que han desarrollado resulta insuficiente, por lo que se puede afirmar que persistirán las limitaciones para aplicar estos conocimientos en actividades de resolución de problemas.

En cuanto a los resultados de los cursos anteriores nos muestran que no hay un conocimiento generalizado que les permita identificar los distintos procedimientos a pesar de que las tareas que se les proponen realizar son sencillas. Sólo en 3º de ESO comienzan los estudiantes a identificar los procedimientos objeto de estudio –lo hacen en la mayoría de ellas alrededor de un 50%- , ya que al inicio de la educación secundaria son siempre menos del 40% .

Así, por ejemplo, los alumnos y alumnas de los dos primeros cursos analizados tienden a confundir problema con diseño experimental, también con conclusión; hipótesis con problema o con conclusión; diseño experimental con problema; conclusión con hipótesis o con diseño experimental; es decir, no aprecian la distinta formulación que se utiliza para cada uno de los procedimientos. Además, como en 1º de bachillerato casi ninguno identifica variables.

En este sentido, a partir de los datos presentados en esta primera aproximación, cabría señalar que los estudiantes que han finalizado la ESO son capaces de identificar y de asociar a la fase de investigación correspondiente, elaboración de conclusiones y, con un poco más de dificultad, formulación de hipótesis; de manera, que podríamos decir que se trata de nociones suficientemente conocidas desde las dos perspectivas señaladas. Sin embargo, en lo que hace referencia al significado de diseño experimental y problema, las dificultades son mayores. Así, por ejemplo, en el primero de los casos muy pocos estudiantes son capaces de escribir un ejemplo concreto y no llegan a la mitad los que identifican la frase que presentamos como correcta. En referencia al problema de una investigación, la única dimensión analizada en este procedimiento – identificar con etapas de una investigación-, obtiene porcentajes más bajos que en los demás procedimientos.

Sin duda, es el significado del término *variable* el menos conocido por los estudiantes de 1º de Bachillerato. En realidad, y a pesar de que manifiestan que ha sido relativamente familiar para ellos en las aulas (así se expresan más del 75% de los estudiantes), son muy pocos aquellos que son capaces de identificar ejemplos sobre las mismas. Esta circunstancia también se ponía de manifiesto cuando, en el primer cuestionario, se les pedía que reconocieran las variables que se muestran en una tabla; como comprobamos entonces, menos del 50% lo hacían. Esta situación pone de manifiesto que, a pesar de que en las actividades de enseñanza los estudiantes deben de utilizar a menudo variables -no sólo en Biología y Geología, sino también en otras materias-, tienen dificultades para expresar su significado o para identificarlas, especialmente si éstas son cualitativas.

Es evidente que, aunque se produce una progresión en relación con los conocimientos sobre cada uno de los procedimientos, que habría que relacionar con el desarrollo personal inherente a su maduración intelectual, sobre el que habrían tenido alguna influencia las experiencias educativas desarrolladas en el ámbito escolar (sobre ciencia, matemáticas, tecnología...), aquellos estudiantes que no han sido capaces de identificar las características de las distintas habilidades de investigación tendrán dificultades para comprender el papel de estas habilidades en el contexto de actividades de investigación escolar y, como consecuencia de ello, su aplicación a la hora de resolver problemas que se pudieran plantear en la enseñanza de las ciencias.

Como decíamos al hacer referencia a los propósitos de nuestro estudio, la información presentada hasta el momento debía ser completada con otra que intentara poner de manifiesto, con un mayor nivel de complejidad, los aprendizajes que pudieran haber desarrollado los estudiantes en relación con las distintas habilidades de investigación (más allá de su recuerdo, reconocimiento o identificación). Es decir, las capacidades para utilizarlas en el contexto de situaciones relacionadas con textos en los que se describen determinadas investigaciones.

Puesto que indagar sobre estos conocimientos requiere plantear actividades de otra naturaleza, más difíciles para ellos, decidimos que tuvieran como marco de referencia algunas de las investigaciones escolares que se proponen en de los cursos que estamos analizando, en las que se encuentren implicados los procesos que se ponen en práctica en los estudios científicos. Este es, precisamente, el análisis que realizamos en el siguiente apartado.

5.2.2. Capacidades de los estudiantes para la comprensión y el dominio/puesta en práctica de habilidades de investigación

Para averiguar las capacidades adquiridas en relación con las habilidades que venimos señalando, hemos utilizado las situaciones del Anexo II, donde se presenta el cuestionario completo acompañado de las figuras y los esquemas correspondientes. Sin embargo, para facilitar la interpretación de los resultados iremos mostrando cada una de ellas y señalando sus características y los cursos a los que se les ha planteado.

En la tabla 5.34 se describen las distintas tareas seleccionadas, que responden a dos niveles de dificultad diferente, así como el objetivo de cada una de ellas.

- En relación con el primero de ellos, el más sencillo –y a diferencia de las preguntas de la primera parte de este cuestionario-, los estudiantes se enfrentan a textos más largos – a veces acompañados de dibujos y esquemas, que ayudan a comprender la información escrita- a partir de los cuales tenían que interpretar y/o identificar distintos procesos o fases que caracterizan al trabajo científico.

Objetivos de las tareas	Experiencias planteadas	Procedimientos analizados
Deducir y expresar procedimientos implícitos en una investigación científica	Germinación de las semillas (I) Experiencias de Redi sobre la generación espontánea Las cochinillas de la humedad Van Helmont y la nutrición de las plantas Germinación de las semillas (II)	- Identificación de problemas - Formulación de hipótesis - Identificación y control de variables - Elaboración de conclusiones
Planificar una investigación	Comportamiento del caracol Las cochinillas de la humedad Van Helmont y la nutrición de las plantas	- Realización de diseños experimentales

Tabla 5.34. Objetivos de las situaciones propuestas

- En un segundo nivel se plantearon situaciones mediante las que pretendíamos enmarcar los procedimientos en un contexto más complejo, ya que requería que los estudiantes planificaran una investigación para resolver los problemas que se plantean en cada una de las tres experiencias que se les propusieron como ejemplos. En todo caso, resolver esta clase de tareas requiere poner en juego capacidades procedimentales que exigen un nivel de pensamiento hipotético-deductivo que -como muestra la investigación educativa (Capítulo 3)- pocos estudiantes han alcanzado, incluso al finalizar la ESO.

En consecuencia, como iremos concretando en cada uno de los apartados que siguen, algunas de las situaciones planteadas no se han propuesto en alguno de los cursos. Es decir, la complejidad de las distintas tareas que les planteamos, ha venido modulada, entre otros factores, por el número y dificultad de los conceptos implicados, por las variables que intervienen, y el contexto en el que se presenta la actividad, más o menos cercano a los conocimientos de los estudiantes. Aquellas que nos parecían más complejas se han formulado, exclusivamente, a los estudiantes de primer curso de Bachillerato.

Debido al carácter abierto de las distintas pruebas planteadas, se ha producido una gran variedad de respuestas en relación con cada una de ellas. En todo caso, de acuerdo con

los criterios que venimos aplicando, las hemos agrupado, con carácter general, en las siguientes categorías:

- En la categoría A se incluyen aquellas respuestas que teniendo en cuenta los cursos analizados y los problemas de expresión escrita que tienen los estudiantes (habrá respuestas que no se ajusten a una formulación precisa), se podrían considerar como aproximaciones razonables al objetivo planteado.
- En la categoría B hemos agrupado a los estudiantes cuyas respuestas son incorrectas desde el punto de vista científico, porque responden de forma imprecisa a las cuestiones formuladas, confundiendo los procedimientos entre sí; o también cuando no se planifica bien la investigación que había que se había propuesto.
- Por último, en la categoría C se encuentran aquellos alumnos y alumnas que no han dado respuesta a la situación planteada.

En cada uno de los apartados que siguen, y al hilo de la descripción de los resultados, que comenzaremos por la información obtenida en relación con el primero de los niveles señalados (el más sencillo), reproducimos los textos y las preguntas de las distintas tareas formuladas, así como ejemplos de las respuestas de los estudiantes para cada una de las categorías.

a) Capacidades para deducir y expresar procedimientos implícitos en una investigación científica

Como acabamos de señalar, formulamos este tipo de tareas con el propósito de conocer el grado en el que los estudiantes han desarrollado capacidades para conocer el papel que desempeñan distintos procedimientos en un contexto investigador: identificación del problema científico que se intenta resolver, formulación de las hipótesis pertinentes ante una situación determinada, selección y el control de las variables que pueden influir en la investigación, elaboración de diseños experimentales para afrontar un problema, o las conclusiones que se obtienen a partir del desarrollo de determinadas experiencias.

Los ejemplos seleccionados sobre situaciones experimentales se muestran a continuación (cuadro 5.23).

Germinación de las semillas (I)	
En una investigación sobre la germinación de unas determinadas semillas, se sembraron, en 5 macetas iguales y todas con las mismas condiciones de cultivo (humedad, tierra, iluminación), 20 semillas en cada una de las 5 macetas. Cada una de ellas se colocó a distinta temperatura ambiental (en grados centígrados: 10, 15, 20, 25, 30). Al cabo de dos semanas se contabilizó el número de semillas que había germinado en cada maceta, obteniéndose el resultado que se muestra en esta tabla:	
T (° C)	Número de semillas germinadas
10	3
15	8
20	12
25	19
30	18

Experiencias de Redi

Hasta el siglo XVIII se pensaba que algunos seres vivos de pequeño tamaño (por ejemplo insectos) se formaban en la carne putrefacta sin necesidad de que las hembras pusieran huevos.

El italiano Francesco Redi en el año 1660 pensaba que eso no era posible e hizo el siguiente experimento para demostrarlo:

Cogió frascos que contenían trozos de carne, luego cerró la mitad de ellos y dejó abiertos la otra mitad. Las moscas sólo podían entrar en estos últimos y sólo en ellos se desarrollaron las larvas (pequeños gusanos que se transforman en moscas). En los frascos cerrados la carne se descompuso y se pudrió pero no aparecieron larvas de mosca. Redi repitió la experiencia cubriendo los frascos con gasa, en lugar de cerrarlos herméticamente; de esta forma entraba aire a la carne pero no las moscas. En este caso tampoco aparecieron larvas.

Comportamiento de las cochinillas

Las cochinillas son pequeños animales, y que viven escondidas, por ejemplo, debajo de la hojarasca. Decides averiguar si influye en ello los siguientes factores:

- luz / oscuridad
- temperatura alta (por ejemplo, 30° C) / temperatura baja (por ejemplo 10° C)

Imagina que tienes el material que necesitas (cochinillas, cajas, hojarasca, dispositivos para regular la temperatura, etc.).

Van Helmont y la nutrición de las plantas

Hasta el siglo XVII predominaba la idea de que las plantas verdes se alimentaban exclusivamente de la tierra. Jan van Helmont (1577-1644), sin embargo, dudó de esa idea y se propuso investigarla experimentalmente. La descripción que hace el propio van Helmont es la siguiente:

“En un macetero coloqué 90,70 kg de tierra que previamente sequé en una estufa. Después la humedecí con agua de lluvia y planté un tallito de sauce que pesó 2,30 Kg. Después de 5 años el arbolito creció bastante y llegó a pesar 76,80 Kg. Periódicamente regaba el arbolito con agua de lluvia o con agua destilada... Al finalizar el experimento sequé nuevamente la tierra del macetero y encontré que pesaba prácticamente lo mismo; el peso sólo se había reducido en 50 gramos. Entonces, los 74,50 Kg. de raíces, corteza y follaje se debían ...”

Germinación de las semillas (II)

En el curso 00-01 se propuso, a alumnos de 3° ESO, una investigación sobre la germinación (inicio del crecimiento de una planta a partir de una semilla) de unas semillas que eran desconocidas para ellos. Uno de los grupos decidió averiguar cuál era la temperatura mejor para su germinación. En su cuaderno escribieron lo siguiente:

“Pensábamos que lo normal sería que germinasen como otras semillas, a una temperatura normal, ni muy fría ni muy caliente. Pusimos en el laboratorio una maceta grande, con tierra normal, y sembramos 30 semillas. Durante los 7 días que duró el experimento, dejamos las persianas subidas para que hubiera luz suficiente y se regó la maceta todos los días un poco. La temperatura media en el laboratorio fue, durante esos días de 22° C. A los 3 días empezaron a brotar algunas semillas. A los 7 días germinaron ya 25 de las 30 semillas. La conclusión que sacamos fue que la temperatura media mejor para germinar esas semillas es de unos 22° C.”

Comportamiento del caracol

Durante un trabajo escolar unos estudiantes hicieron un anillo de agua salada alrededor de un caracol y observaron que no lo atravesaba. Según algunos se debía al agua, según otros a la sal.

¿Qué pruebas harías para averiguar quién tiene razón? Explícalo con detalle.

Cuadro 5.23. Situaciones experimentales propuestas

Como hemos indicado, en cada curso se seleccionaron algunas de estas seis situaciones (tabla 5.35), teniendo en cuenta que, conforme aumenta el nivel educativo, los

estudiantes deben responder a mayor número de cuestiones en el mismo tiempo, y podemos plantearles tareas que consideramos más complejas.

Así, las dos primeras situaciones, que creemos más sencillas porque se trata de relacionar el efecto de una variable independiente, fueron contestadas por los estudiantes que acababan de finalizar primaria y el primer ciclo de ESO. Sin embargo, la actividad de las cochinillas, en la cual intervienen dos variables independientes, o la de la germinación de semillas (II), en la que deben analizar si se ha realizado correctamente un experimento, se consideraron adecuadas para los estudiantes de 1º de ESO. Por otra parte, la experiencia de Van Helmont, que requiere ciertos conocimientos sobre la nutrición vegetal, sólo se ha propuesto a aquellos que habían concluido los estudios de ESO.

Cursos	Redi	Germinación (I)	Las cochinillas	Germinación (II)	Van Helmont
1º ESO	X	X			
3º ESO	X	X	X	X	
1º BACH		X	X	X	X

Tabla 5.35. Distribución de las experiencias planteadas

Problema científico que orienta la investigación

Para conocer si los estudiantes identifican el problema que se plantea en determinadas experiencias científicas, se les propuso, según los niveles educativos, las que se muestran en la tabla 5.35 (excepto la germinación de semillas II). En relación con estas tareas las preguntas que se formularon fueron las siguientes:

- *¿Qué problema pretendía resolver Redi?*
- *Escribe el problema científico que se intenta solucionar con este experimento (para la germinación de las semillas).*
- *Escribe el problema científico que se plantea en la investigación (en la experiencia de las cochinillas).*
- *¿Qué problema pretendía resolver Van Helmont?*
- Para considerar correctas las respuestas a las preguntas formuladas (categoría A), los estudiantes deberían escribir una frase que exprese adecuadamente el problema que se quiere resolver, planteando, de forma interrogativa, alguna relación entre las variables que se están estudiando.
- En la categoría B se incluyen aquellas respuestas en las que no se formula adecuadamente el problema de la investigación; o bien, en lugar de referirse al mismo, se alude a cualquier otro proceso científico diferente.
- Los estudiantes que no contestan se encuentran agrupados en la categoría C.

En la tabla 5.36 se muestran algunos ejemplos de las respuestas proporcionadas.

Actividades	Categoría A	Categoría B
Experiencias de Redi	<i>“quería saber si los insectos se formaban sin la necesidad de que la hembra pusiera huevos”, “¿por qué salían larvas de la carne?”</i>	<i>“quería solucionar que no hubiera insectos pequeños en carne putrefacta”, “que las moscas no se comieran a las larvas”;</i>
Germinación de las semillas (I)	<i>“¿cuál es la temperatura adecuada para la germinación de las semillas?”, “a qué temperatura germinan mejor las semillas”,</i>	<i>“a ver quién crece antes”, “sembraron en 5 macetas iguales y todas con las mismas...”.</i>
Las cochinillas de la humedad	<i>“¿influye la luz y la temperatura en el ocultamiento de las cochinillas bajo la hojarasca?”</i>	<i>“si pueden sobrevivir las cochinillas en temperaturas con gran cambio entre ellas”, “factores que afectan a la vida de las cochinillas”</i>
Van Helmont y la nutrición de las plantas	<i>“¿de qué se alimentan las plantas verde?”, “saber si las plantas se alimentaban exclusivamente de tierra”</i>	<i>“saber de donde podían haber salido los 75kg que ahora pesaba el árbol más que antes”, “quería demostrar que una planta no se alimentaba de la tierra”,</i>

Tabla 5.36. Ejemplos de respuestas de formulación del problema que orienta una investigación

Los resultados obtenidos (tabla 5.37) permiten deducir que, si bien las capacidades de los estudiantes para expresar el problema en relación con cada una de las situaciones propuestas van mejorando con la edad, esta progresión suele ser escasa. Como se puede apreciar, entre los estudiantes que han finalizado Educación Primaria, el porcentaje de respuestas correctas es muy reducido para las dos situaciones planteadas en este nivel educativo. Aunque en las respuestas proporcionadas por los que han finalizado el primer ciclo de ESO los resultados parecen algo más alentadores, en el mejor de los casos sólo un tercio contesta acertadamente.

Cursos	Actividad	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	Redi	14,4	79,7	5,8
	Germinación (I)	11,6	49,2	39,1
3º ESO	Redi	20,0	69,1	10,9
	Germinación (I)	32,7	38,2	29,1
	Las cochinillas	12,7	67,3	20,0
1º BACH	Germinación (I)	48,8	36,0	15,1
	Las cochinillas	24,4	68,6	7,0
	Van Helmont	48,8	45,3	5,0

Tabla 5.37. Capacidades para deducir el problema de una investigación (en %)

Aunque hay un cambio de tendencia en los estudiantes de 1º de Bachillerato, la mitad de ellos no son capaces de identificar, de manera adecuada, el problema que orienta la investigación, y en el caso de las cochinillas de la humedad, sólo una cuarta parte proporcionan la respuesta correcta.

Por otra parte, el número de respuestas en blanco (categoría C) disminuye conforme aumenta el nivel educativo, aunque es relativamente elevado en los grupos de

estudiantes de menor edad. Por la frecuencia con la que los estudiantes de todos los cursos dejan la cuestión sin responder, la experiencia sobre la germinación podría ser considerada la más compleja.

Formulación de hipótesis ante una situación experimental

Como decíamos, uno de los objetivos de esta investigación era comprobar hasta qué punto los estudiantes pueden reconocer las hipótesis que orientan una investigación, con el propósito de valorar sus capacidades para intentar identificar las relaciones que establecen entre estos procedimientos y los restantes elementos que caracterizan a los procesos científicos.

A partir de las mismas situaciones que se plantearon en relación con la identificación del problema y en los mismos cursos (tabla 5.35), se pedía que escribieran una hipótesis para cada una de las situaciones presentadas como ejemplos. En concreto, las preguntas formuladas fueron las siguientes:

- *Escribe la hipótesis de este experimento (experiencia de Redi).*
- *Escribe una hipótesis para este experimento (la germinación de las semillas).*
- *Escribe tu hipótesis o tus hipótesis para este problema (experiencia de las cochinillas).*
- *¿Qué hipótesis (una o varias) crees que tenía van Helmont respecto a la alimentación de las plantas verdes?*

En este caso, a partir de las respuestas de los estudiantes también hemos establecido tres categorías:

- En aquella que consideramos correcta (categoría A) hemos tenido en cuenta si expresan alguna relación significativa entre la variable independiente (o las variables independientes, si hay más de una) y la dependiente. Así por ejemplo:
 - En los trabajos de Redi –en cuyo preámbulo se describe cómo éste dudaba de la idea de la generación espontánea, extendida en su época-, la hipótesis está relacionada con el hecho de que las larvas aparecen o no, dependiendo de si las moscas tienen contacto con la carne; por lo que los estudiantes deberían relacionar estas dos variables cualitativas.
 - En la experiencia de las semillas, deben hacer referencia a las relaciones entre la temperatura y la germinación, sin que esta circunstancia se formule como una conclusión, que se deduciría de los resultados obtenidos como consecuencia de experiencias desarrolladas con posterioridad.
 - En el caso de las cochinillas de la humedad, las respuestas correctas tienen que relacionar las variables independientes (luz y temperatura) con la variable dependiente (ocultamiento de la cochinilla), indicando la hipótesis que establecería esta relación.

- Van Helmont dudaba de la idea, dominante en esa época, de que “las plantas verdes se alimentaban exclusivamente de tierra”. Puesto que su investigación se realizó considerando dos variables -tierra y agua-, las respuestas de los estudiantes debían hacer referencia a la posible relación de la alimentación de las plantas con estos factores.
- En la categoría B se encuentran aquellos estudiantes que dan respuestas que no se pueden considerar adecuadas. Básicamente, porque escriben hipótesis que no son correctas o se refieren a cualquier otro proceso de la investigación diferente.

En la tabla 5.38 se muestran ejemplos de algunas de las respuestas proporcionadas.

Actividad	Categoría A	Categoría B
Experiencias de Redi	<i>“Suponemos que las larvas no salen de la carne putrefacta sino que es por algo de los insectos”, “que solo se crían larvas de los huevos de las hembras”</i>	<i>“... cojió 4 votes cerrados y 4 abiertos con carne dentro...”; “Que la carne en un frasco sin taparlo salían larvas o moscas”, “Descubrio que poniendo gasas no se pudria la carne”.</i>
Germinación de semillas (I)	<i>“La variación de la Tª influye en el nº de semillas germinadas”, germinaran más semillas cuanto mayor sea la temperatura”</i>	<i>“Que no hay que darle ni poca ni mucha temperatura sino la justa”, “Ha plantado semillas a distinta temperatura a ver cual tiene más plantas”</i>
Cochinillas de la humedad	<i>“Tenemos que comprobar si la cochinilla se esconde debajo de la hojarasca por cuatro factores: falta de luz o el paso de ella y las altas y bajas temperaturas”, “yo creo que viven mejor en oscuridad y 10º C”</i>	<i>“... las cochinillas viven cubiertas para protegerse de agentes externos, pero la cuestión es cuales”, “Saber si son diurnas o nocturnas por la temperatura o por la luminosidad”.</i>
Van Helmont y la nutrición de las plantas	<i>“Que no era del todo cierta la idea de que las plantas verdes se alimentaban exclusivamente de tierra; si no de otras cosas también”</i>	<i>“Su hipótesis es que se alimentaban de tierra”; “demostró que las plantas no se alimentaban de tierra...”</i>

Tabla 5.38. Ejemplos de respuestas de formulación de hipótesis

- En la categoría C están incluidos los alumnos y alumnas que no responden a esta cuestión.

Los resultados obtenidos (tabla 5.39) ponen de manifiesto que identificar hipótesis tiene mayor grado de dificultad para los estudiantes que reconocer el problema que orienta una investigación, lo que se refleja, por una parte, en el elevado número de estudiantes que no responden a las cuestiones formuladas, particularmente entre aquellos de menor edad; por otra, en que las respuestas son bastante menos satisfactorias que las que obteníamos en relación con la identificación del problema en los dos primeros cursos. Así, sólo un número muy reducido de los estudiantes de los dos primeros cursos son capaces de formular una hipótesis adecuada.

Aunque los resultados mejoran apreciablemente entre aquellos que han finalizado la ESO, sin embargo, en la experiencia de Van Helmont sólo algo más de la mitad de los estudiantes identifican la hipótesis de la investigación.

Aunque, como se puede apreciar, el número de respuestas correctas aumentan con el curso, los datos que figuran en la tabla 5.39 indican que apenas uno de cada tres

estudiantes es capaz de formular la hipótesis que orienta cada una de las investigaciones presentadas como ejemplo, lo que indica un profundo desconocimiento en relación con el significado de este procedimiento.

Curso	Actividad	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	Redi	4,3	34,8	60,9
	Germinación (I)	2,9	39,1	58,0
3º ESO	Redi	10,9	20,0	69,1
	Germinación (I)	14,5	23,7	61,8
	Las cochinillas	9,1	29,0	61,8
1º BACH	Germinación (I)	31,4	42,9	25,6
	Las cochinillas	38,4	46,3	24,4
	Van Helmont	54,6	24,4	20,9

Tabla 5.39. Capacidades para deducir la hipótesis de una investigación (en %)

Desde nuestro punto de vista, el hecho de que la experiencia de Van Helmont se muestre más compleja de resolver por parte de los estudiantes del curso más avanzado estaría relacionada con la demanda que requiere la tarea; es decir, con la necesidad de conocer los factores que influyen en el crecimiento de la planta, como condición importante para dar la respuesta adecuada y con la inclusión de datos cuantitativos que pueden enmascarar la comprensión de la situación.

Identificación y control de las variables que pueden influir en una investigación.

En relación con esta habilidad, los objetivos que se pretendían eran identificar las capacidades de los estudiantes para reconocer: a) por una parte, el tipo de variables que intervienen en una investigación; y, por otra, b) la necesidad de un experimento control.

Para obtener información en relación con estos propósitos, se seleccionaron dos de las cuatro situaciones que venimos describiendo, aquellas que consideramos más adecuadas para estos propósitos: germinación de semillas (I) y las experiencias de Van Helmont sobre la nutrición de las plantas.

También en estos casos, al comprobar, a partir de las entrevistas previas a la elaboración del cuestionario, que tanto los estudiantes de 1º de ESO como los de 3º de ESO tenían muchas dificultades para identificar variables, se optó por incluir las cuestiones sobre este ámbito sólo a los que habían finalizado la Educación Secundaria Obligatoria.

- En relación con la experiencia de la germinación, planteamos tres preguntas mediante las que pretendíamos conocer si los estudiantes reconocían las variables -dependiente e independiente- implicadas en la investigación y las razones mediante las que justifican esta elección, así como si eran capaces de identificar las variables que se controlaban en la actividad:

- *¿Cuál es la variable independiente? ¿Por qué?*

- *¿Cuál es la variable dependiente? ¿Por qué?*

- *Nombra las variables que se controlan en este experimento.*

En este caso, en la categoría A hemos incluido aquellas respuestas que identifican correctamente las distintas variables sin tener en cuenta si la justifican. En la B se encuentran los estudiantes que responden erróneamente. Por último, en la C están aquellos que no han respondido a estas cuestiones.

- En el ejemplo de las experiencias de Van Helmont, sólo se planteó identificar las posibles variables que no se controlaban; no obstante, reconocer esta circunstancia descansaba sobre un requisito conceptual importante. Es decir, mediante esta situación queríamos comprobar si los estudiantes eran capaces de identificar que las plantas, además de tierra y agua (variables independientes que Van Helmont tuvo en cuenta y que relacionó con el aumento de peso), necesitan dióxido de carbono del aire. En este sentido, la pregunta que se formuló fue la siguiente:

- *¿Qué variables no controló en el experimento?*

Las respuesta correctas (incluidas en la categoría A) hacen referencia a la variable que no tuvo en cuenta, el aire o el CO₂, aunque también incluyan el agua, pues aunque estrictamente es una variable independiente que sí controló, el hecho de no ofrecer datos puede ser interpretado por los estudiantes como no controlada.

Las respuestas incorrectas (categoría B) se refieren a variables que no son la causa directa de que la planta aumente de peso, como la luz, temperatura...; en otros caso, aunque se nombre el aire o el CO₂, se hace por ejemplo, junto con el peso de la tierra, que sí controló; otros señalan una posible conclusión, y, en algunos casos, nombran las distintos variables que intervienen en el experimento de la germinación de las semillas.

Algunos ejemplos de las respuestas que obtuvimos para las dos situaciones planteadas se muestran en la tabla 5.40:

Actividad	Preguntas	Categoría A	Categoría B
Germinación de las semillas (I)	¿Cuál es la variable independiente? ¿Por qué?	<i>“la temperatura, porque no depende de ningún factor, y su valor es el que nosotros elegimos”</i>	<i>“las semillas”, “la primera porque es la que tiene menos semillas germinadas”</i>
	¿Cuál es la variable dependiente? ¿Por qué?	<i>“El numero de semillas germinadas, porque depende de las condiciones de temperatura”</i>	<i>“Los grados”</i>
	Nombra las variables que se controlan en este experimento	<i>“Nº de semillas, tierra, luz, temperatura”</i>	<i>“Las semillas”, “La temperatura”</i>
Van Helmont y la nutrición de las plantas	¿Qué variables no controló en el experimento?	<i>“La temperatura, la humedad, las sustancias que la planta toma del aire (CO₂) para la fotosíntesis”</i>	<i>“Que después de 5 años la maceta pesaba menos”, “Temperatura, humedad, luz”</i>

Tabla 5.40. Ejemplos de respuestas de identificación de tipos de variables en una investigación

En la tabla 5.41 se presentan los resultados obtenidos para cada una de las categorías. En las dos primeras preguntas y con el objetivo de mantener el mismo número de

categorías que en las demás preguntas, hemos tenido en cuenta, para incluir las respuestas en la categoría A, que indiquen la variable correcta aun cuando no la justifiquen. De esta forma, a pesar de que las variables están en una tabla de fácil lectura, no llega a un 60% los estudiantes que reconocen la variable independiente y son algunos menos los que reconocen la variable dependiente. De ellos sólo el 20,9% justifican su elección para la variable independiente y el 12,8% para la variable dependiente, como en los ejemplos del cuadro 5.40.

Los estudiantes que son capaces de identificar las variables que se controlan en el experimento de la germinación de las semillas, o las que no se controlan en el experimento de van Helmont, son muchos menos, pues apenas llegan al 10% en el mejor de los casos.

Cursos	Germinación de las semillas (I)									Van Helmont		
	¿Cuál es la variable independiente?			¿Cuál es la variable dependiente?			¿Qué variables se controlan?			¿Qué variables no se controlan?		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1º BAC	58,1	29,1	12,8	52,3	34,9	12,8	10,5	73,2	16,3	8,1	67,4	24,4

Tabla 5.41. Reconocimiento del tipo de variable (en %)

Reconocimiento de la necesidad de un experimento control

En relación con esta habilidad, el objetivo fue conocer si los estudiantes eran capaces de identificar la importancia de un experimento que sirviera de control en una investigación científica, adaptada al contexto escolar. Para ello, sólo a los estudiantes que pertenecían a los dos niveles más elevados de nuestro estudio, se les planteó una nueva situación experimental, que hemos denominado germinación de semillas II. Aunque ésta ha sido descrita anteriormente, conviene recordar que en el texto de esta actividad se planteaba el problema de la investigación “*averiguar cuál era la temperatura mejor para su germinación*”, y se describía el experimento y la conclusión a la que llegaron los alumnos cuando la finalizan, “*que la temperatura media mejor para germinar esas semillas es de unos 22º C*”. En consecuencia, en relación con esta actividad, se formuló la siguiente pregunta:

- *El experimento de estos alumnos no permite llegar a la conclusión que hicieron. ¿En qué se equivocaron?*

Esta cuestión tiene la intención de que analicen el diseño experimental y deduzcan que la conclusión obtenida no era la correcta, ya que si se quiere comprobar cuál es la temperatura adecuada no basta con trabajar con un único dato de la variable independiente (la temperatura), sino que harán falta más pruebas con otras temperaturas (pruebas o experimentos control).

Como es habitual, en la categoría A hemos incluido a los estudiantes cuyas respuestas tienen en cuenta la necesidad de hacer otras pruebas a distintas temperaturas, aunque no utilicen expresiones formales que incluyan las palabras de experimentos o pruebas control. Algunos ejemplos de las mismas se muestran en la tabla 5.42.

Los estudiantes que se agrupan en la categoría B centran más su interés en encontrar posibles equivocaciones instrumentales –en el manejo del riego, de la iluminación...-,

que en aquellos elementos que dan rigor a una investigación, como en este caso sería realizar una experiencia que sirviera de control.

Actividad	Categoría A	Categoría B
Germinación de las semillas (II)	“Debieron probar el desarrollo de un nº igual de semillas iguales pero a otras temperaturas para poder cotejar los resultados”, “... tendrían que haber probado otros metodos ... variar también la temperatura”.	“Podría ser que regaron mucho”, “Yo pienso que se equivocaron en dejar las persianas subidas todo el tiempo que duró el experimento”

Tabla 5.42. Ejemplos de respuestas sobre la necesidad de un experimento control

En la tabla 5.43 podemos comprobar que entre los estudiantes que finalizan el primer ciclo de ESO hay un gran porcentaje de respuestas en blanco y son muy escasas las respuestas correctas, de la misma forma que ocurría con sus capacidades para diferenciar distintos tipos de variables. Sin embargo, al finalizar esta etapa educativa, el número de respuestas correctas es algo más aceptable, aunque reducido como sucedía en otras tareas.

Cursos	Categoría A	Categoría B	Categoría C
3ºESO	3.6	50.9	45.4
1º BACH	37.2	48.8	13.9

Tabla 5.43. Respuestas en relación con la necesidad de un experimento control (en %)

Elaboración de las conclusiones a partir de una investigación.

Otro de los aspectos que nos parecía importante analizar se relaciona con la capacidad de los estudiantes para identificar y, también, para deducir las conclusiones que se pueden obtener como consecuencia de una determinada experiencia. En esta ocasión, las situaciones planteadas en los distintos niveles académicos objeto de estudio fueron las mismas que en el caso de problema e hipótesis, por lo que no las reproducimos de nuevo.

A la hora de analizar las respuestas de los estudiantes, no pretendíamos comprobar que las conclusiones que pudieran extraer de las experiencias planteadas se apoyaran en ideas teóricas sobre los procesos que ocurren en cada situación; sino, tan sólo, que fueran capaces de interpretar adecuadamente los datos que se aportan, y no sólo describirlos total o parcialmente, o realizar afirmaciones que no se pueden deducir de los datos presentados.

- En consecuencia, las preguntas que sirvieron para comprobar si los estudiantes eran capaces de obtener alguna conclusión adecuada, tras la interpretación de las distintas situaciones, así como las respuestas que, en cada caso, consideramos en la categoría A (algunas de ellas se presentan en la tabla 5.44), fueron las siguientes:
- En relación con la germinación de la semilla (I): “Escribe la conclusión o conclusiones que se pueden deducir de esta investigación”. En este caso consideramos como correctas aquellas respuestas que se refieren a la temperatura bajo la que germinan mayor número de semillas (25° C).

- ¿A qué conclusión llegó Redi? Para responder de manera adecuada a esta actividad - que requiere comprender el texto escrito, ya que no contiene datos cuantitativos-, los estudiantes deberían deducir que cuando se impide el contacto de las moscas con la carne, no existe posibilidad de que se formen larvas.
- En la experiencia de las cochinillas de la humedad se preguntó “Indica la conclusión a la que crees que se llegaría y justifica en qué te basarías” Para responder adecuadamente, los estudiantes deben aportar los datos que se pueden deducir de las experiencias que proponen, y contrastarlos con la hipótesis que formularon.
- Por último, y en lo que se refiere a los estudios de Van Helmont se les preguntó “¿A qué conclusión crees que llegó?”. Puesto que en esta tarea el texto contiene el problema, la hipótesis, la planificación experimental y el resultado, los estudiantes tienen que deducir la conclusión, ateniéndose a los datos que se muestran en la experiencia.
- Los estudiantes cuyas respuestas no tienen las características que se han señalado han sido incluidos en la categoría B. Esto sucede, por ejemplo, cuando las conclusiones que escriben son incompletas, o no las relacionan con el planteamiento del problema o con la hipótesis correspondiente; también algunas de ellas quedan reflejadas en la tabla 5.44.

Actividades	Categoría A	Categoría B
Experiencias de Redi	<i>“Que se necesita un insecto para formar otro”, “... de que las moscas ponían los huevos en la carne putrefacta y no que las larvas saliesen de la carne”</i>	<i>“A que era por las moscas que ponían los huevos”, “Que tapando los tarros con gasa no aparecían esas larvas”, “Que era verdad”</i>
Germinación de las semillas (I)	<i>“Según la experiencia se ha demostrado que a diferentes temperaturas se obtiene distintos resultados observando una temperatura optima a 25°C”, “La mejor temperatura, no es de 20° C, es de 25° C. Porque a esta temperatura han germinado más semillas (19/20)”</i>	<i>“A mayor temperatura mayor nº de semillas germinan”, “poner la tª a 20° “.</i>
Las cochinillas de la humedad	<i>“Si observo que las urnas dan conclusiones diferentes en cada una concluiré que todos los factores afectan al desarrollo de estos animales y concluiré también cuales les benefician más por donde hay mayor nº de individuos. Si las urnas son iguales dos a dos concluiré que hay un factor que no influye en su desarrollo y otro que sí. Si todas las urnas son iguales llegaré a la conclusión de que ninguno de estos factores influye en el desarrollo de estos animales.”</i>	<i>“Una cochinilla a poca luz y una baja temperatura no se esconderían. Me basaría en las pruebas de investigación”; “Creo que las cochinillas se esconden bajo la hojarasca porque deben tener mucha oscuridad y alta Tª” .</i>
Van Helmont y la nutrición de las plantas	<i>“Que las plantas se alimentan de la tierra y del agua”, “Que las plantas crecen solo con agua”</i>	<i>“A que la planta no se alimentaba de tierra”, “74,50 kg de raíces y follaje se debían al tipo de agua que se le echaba y al riego que periódicamente se hacía”</i>

Tabla 5.44. Ejemplos de respuestas de obtención de conclusiones

- Por último, la categoría C se encuentra formada por aquellos estudiantes que no responden a las distintas cuestiones formuladas.

Como se puede comprobar en la tabla 5.45, las capacidades que muestran los estudiantes para extraer conclusiones de las experiencias formuladas se pueden considerar escasas, aunque mejores a medida que aumenta el curso.

Cursos	Actividad	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	Redi	14,5	42,0	43,5
	Germinación (I)	14,5	39,1	46,4
3ª ESO	Redi	34,5	36,3	29,1
	Germinación (I)	16,4	49,1	34,5
	Las cochinillas	21,8	16,4	61,8
1º BACH	Germinación (I)	27,9	65,1	7,0
	Las cochinillas	40,7	26,8	32,6
	Van Helmont	52,3	31,4	16,3

Tabla 5.45. Capacidades de los estudiantes para deducir y expresar la conclusión de una investigación (en %)

- En este sentido, la actividad que resulta más compleja de resolver para los estudiantes es la de la germinación de semillas, a pesar de que en ella sólo se relacionan dos variables y la actividad está acompañada de una tabla de datos y de un esquema de los pasos que se siguen en el experimento, que creíamos que facilitaba su interpretación. Así, en los dos primeros cursos las respuestas correctas están en un porcentaje reducido, equiparable a la de otras tareas; como consecuencia de ello, los estudiantes no saben responder o bien escriben explicaciones que les sitúa en la categoría B. Por el contrario, aunque en 1º de Bachillerato son muy pocos los estudiantes que dejan la pregunta sin contestar, no llega al 30% los que lo hacen de manera adecuada, ya que muchos de ellos afirman que a más temperatura más semillas germinan, cuando eso no es cierto.

- En relación con la experiencia de Redi se aprecia una notable mejoría en las respuestas de los que han acabado el primer ciclo, con respecto al curso anterior; sin embargo, sólo uno de cada tres expresan una conclusión correcta.

- En lo que hace referencia a la actividad de las cochinillas de la humedad, aunque en el último curso casi la mitad de los estudiantes escriben una conclusión que se puede considerar adecuada, son muy pocos (3,5%) los que justifican su respuesta, como se les pedía en la pregunta. En 3º de ESO son sólo una quinta parte y, de ellos, apenas un 1,8% lo hacen. La causa que podría explicar las dificultades que encuentran radica en que la pregunta se realiza después de pedirles que diseñen las experiencias necesarias para averiguar si los factores que se indican influyen en el comportamiento de las cochinillas, lo que sólo hacían un 9,1% en 3º ESO y el 18,6 en 1º de Bachillerato como se puede comprobar en la tabla 5.48. El hecho de que no se describa en la actividad el diseño experimental ni se aporten datos, lleva a muchos de ellos a señalar que al no haber descrito algún diseño experimental no se puede obtener conclusiones. Otros, sin embargo, escriben una posible conclusión lógica, en cuanto que se relaciona con la hipótesis o con el problema que anteriormente habían escrito, pero que no se apoya en los resultados de los posibles experimentos que habría que realizar; o bien, de los experimentos que describen no se puede extraer la conclusión que exponen.

Esta situación, sin embargo, no ocurre en las otras actividades, en las que las conclusiones se deducen a partir de la descripción de la experiencia y de los datos que se les muestran, teniendo, por lo tanto, menos dificultades para su elaboración.

- Por último, en cuanto a la experiencia de Van Helmont sobre la nutrición de las plantas, que sólo contestaban los estudiantes del nivel superior, los resultados son mejores ya que algo más del 50% responden adecuadamente. En este caso los que dejan la cuestión sin responder son pocos y la deducción de la conclusión es más evidente.

Sin embargo, y con carácter general, hay que destacar el elevado número de estudiantes que no responden a estas cuestiones, lo que nos indica que perciben la tarea como difícil, y pone de manifiesto las dificultades que encuentran para llevarla a cabo; en particular, los estudiantes de los dos primeros cursos.

Como último objetivo de esta parte de nuestro estudio, planteamos a los estudiantes diversas tareas, a través de las cuales pretendíamos indagar sus capacidades para utilizar distintas habilidades científicas en el contexto de una investigación, en la que ellos tuvieran que llevar a cabo el diseño de la misma.

b) Capacidades de los estudiantes para planificar investigaciones

Con objeto de comprobar las capacidades que han desarrollado los estudiantes en relación con esta tarea, se propusieron tres situaciones con diferentes nivel de dificultad: la primera, sobre el comportamiento de los caracoles que consideramos más sencilla porque implica sólo una variable independiente y un texto corto, muy adaptado a la edad de los estudiantes a los que va dirigida; otra de mayor dificultad (relacionada con el comportamiento de las cochinillas de la humedad), con dos variables independientes, cada una de ellas con dos valores; y una tercera – sobre la experiencia de Van Helmont y la nutrición de las plantas-, que nos parece la más compleja, sobre todo por los contenidos conceptuales implicados y porque imaginar el posible montaje experimental que requiere su posible realización está más alejado de los conocimientos de los estudiantes que las anteriores. Los cursos a los que se les pasaron estas pruebas se señalan en la tabla 5.46.

Cursos	Comportamiento del caracol	Las cochinillas de la humedad	Van Helmont y la nutrición de las plantas
1º ESO	X		
3º ESO	X	X	
1º BACH		X	X

Tabla 5.46. Situaciones formuladas en relación con la planificación de la investigación

Las preguntas realizadas sobre cada una de las situaciones experimentales y las categorías que hemos establecido en cada caso se presentan a continuación; y en la tabla 5.47 mostramos algunos ejemplos de las respuestas proporcionadas por los estudiantes.

- En relación con el comportamiento de los caracoles se les pidió que explicaran lo siguiente: “¿qué pruebas harías para averiguar quién tiene razón? Explícalo con detalle”.

Para responder adecuadamente a esta cuestión, los estudiantes deberían ser capaces de reconocer la necesidad de una prueba o experimento control (categoría A), ya que de lo contrario (categoría B) no se puede deducir que el efecto encontrado sea debido al agua salada. Una de las principales razones que explican que hayamos incluido las respuestas

en esta segunda categoría, se debe a que los estudiantes responden con sus propias suposiciones, sin proponer ninguna prueba para verificarlas, como hemos comprobado que sucede al responder a otras cuestiones anteriores.

- En la actividad relacionada con las cochinillas de la humedad se les planteó la siguiente tarea: *“Describe con todo el detalle que puedas, el experimento o los experimentos que harías”*.

Como adelantamos, en esta actividad intervienen dos variables independientes, con dos valores para cada una: luz/oscuridad y temperatura 20° C /temperatura 10° C, por lo que las respuestas que hemos incluido en la categoría A deberían hacer referencia a las cuatro posibles combinaciones entre estos factores. Las respuestas que tienen en cuenta las dos variables pero las tratan de manera independiente, sólo tienen en cuenta una de ellas o no explican suficientemente la planificación que proponen, se han agrupado en la categoría B.

- En lo que se refiere a la nutrición de las plantas, después de las cuestiones en las que debían de plantear el problema o la hipótesis y reconocer las variables no controladas y obtener conclusiones, se añadió el siguiente texto:

Posteriormente se descubrió que además de la tierra y el agua, el aire también interviene en la nutrición de las plantas verdes. Y más tarde, ya a finales del siglo XVIII, se demostró que el CO₂ es la sustancia del aire que toman las plantas.

¿Qué experiencia desarrollarías para demostrar que el agua, la tierra y el CO₂ (todos ellos) son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas?

En este caso se han considerado como correctas (tabla 5.47), aquellas respuestas que tienen en cuenta todos los factores y describen las cuatro experiencias que habría que llevar a cabo para, a partir ellas, deducir las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas: macetas con tierra seca o con humedad y en un ambiente con CO₂ o sin CO₂, pasando por alto la posibilidad de que propongan pruebas en las que no interviene la tierra (sólo agua en la maceta).

Actividades	Categoría A	Categoría B
Comportamiento de los caracoles	“... haría un anillo con agua otro con sal...”	“... metería agua y sal... y si no atraviesa el anillo no es por el agua es por la sal”, “la sal porque en el agua se ahoga y en la sal escala”
Cochinillas de la humedad	Deben de hacer 4 pruebas (a tª baja / con luz y sin luz; a tª alta / con luz y sin luz)” “En primer lugar colocaría a la cochinilla debajo de la hojarasca (oscuridad) y a 30°C, dejaría pasar unos días y observaría su evolución. En segundo lugar, las volvería a colocar en la oscuridad pero a una temperatura más moderada durante unos días y luego observaría como se encuentra. En tercer lugar las colocaría a la luz y a 30° C, las observaría y sacaría datos, y por último las colocaría en la luz a 10° C. Después de realizar todos estos experimentos tomaré nota.”	“Pondría 1 cochinilla a la luz y otra a la oscuridad con hojarasca, y dependiendo de la reacción sabría si es por un motivo u otro”, “Primero les pondría luz y si salen es porque no se esconden por la luz y sino salen les apagaría la luz y como supongo que saldrán se esconden por la luz” o no explican, “... utilizaría varias cajas. En cada caja habra unas condiciones ambientales diferentes. Pondría varias cochinillas en cada caja y las dejaria una temporada. Dia a dia iria observando...”
Van Helmont y la nutrición de las plantas	“En varias macetas pondría plantas, a una le pondría todos estos componentes juntos. A otra le dejaría con falta de agua. En otra, la tierra no sería seca. En la última le pondría en un ambiente en el que le faltara CO ₂ . Después de todo esto comprobaría lo que ocurra y sabría como cuidar las plantas”	“Privaría a una planta de CO ₂ , despues le privaria de tierra y despues de agua y asi demostraria que la vida de las plantas no es posible sin estos tres elementos”, “Miraría con microscopio las sustancias que lleva la planta verde”

Tabla 5.47. Ejemplos de respuestas de planificación de una investigación

Los resultados obtenidos (tabla 5.48) nos indican que la experiencia de los caracoles es la que resulta más sencilla para los estudiantes, aunque apenas supera el 50% en 3º de ESO. Esto es debido, al bajo número de respuestas en blanco, incluso en aquellos estudiantes de menor edad y a que el número de respuestas correctas resulta relativamente apreciable en los dos cursos en los que se aplicó esta prueba. Creemos que la naturaleza de la actividad, relativamente familiar para ellos, y la brevedad del texto han influido en que ésta sea percibida como asequible por muchos estudiantes.

Cursos	Actividad	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1º ESO	Comportamiento del caracol	40,6	44,9	14,5
3º ESO	Comportamiento del caracol	50,9	30,9	18,2
	Las cochinillas de la humedad	9,1	43,6	47,2
1º BACH	Las cochinillas de la humedad	18,6	62,7	18,6
	Van Helmont y la nutrición de las plantas	10,5	68,6	20,9

Tabla 5.48. Capacidades de los estudiantes para planificar una investigación (en %)

Sin embargo, resolver la situación relacionada con la experiencia sobre el comportamiento de las cochinillas, requiere establecer mayor número de pruebas experimentales, ya que aumenta el número de factores que intervienen en la misma; circunstancia que dificulta la respuesta de los estudiantes; como consecuencia de ello, los resultados son menos positivos.

En este sentido, aunque los estudiantes que han finalizado la ESO responden un poco mejor a esta actividad que los que han finalizado su primer ciclo, no llega al 20% los que lo hacen de manera correcta, lo que evidencia las dificultades que encuentran los alumnos y alumnas a la hora de intentar resolver esta tarea.

Estas dificultades también se aprecian, en mayor grado, en la actividad sobre la nutrición de las plantas, en la que apenas un 10% contesta adecuadamente, seguramente por la dificultad conceptual y procedimental que presenta, especialmente por el número de variables que intervienen en la misma.

En todo caso, sería necesario tener en cuenta que, en general (con excepción de la situación que se refiere a las cochinillas de la humedad en 3º de ESO), el número de estudiantes que no responden no es muy elevado y parecido al de otras tareas, aunque, en principio, la planificación de una investigación pudiera parecer una actividad más compleja que otras formuladas con anterioridad.

A la vista las reflexiones realizadas sobre el grado de dificultad que representa las distintas tareas propuestas, y corroborando lo que habíamos señalado anteriormente, la dificultad en la planificación de una investigación depende, además de otras circunstancias, del número de variables independientes que intervienen, por lo que el orden de dificultad que hemos comprobado –comportamiento de los caracoles, cochinillas de la humedad, nutrición de las plantas- coincide con los resultados expuestos; circunstancia que debe ser tenida en cuenta a la hora de secuenciar, de acuerdo con cierta lógica, actividades de esta naturaleza durante la educación obligatoria.

c) Conclusiones sobre las capacidades de los estudiantes para la comprensión y dominio/puesta en práctica de habilidades de investigación

Como hemos comprobado, las capacidades de los estudiantes en este ámbito de nuestra investigación no están suficientemente desarrolladas en la mayoría de ellos (el porcentaje que muestra cierto dominio en relación con las mismas no suele alcanzar en ningún caso el 50% del total).

Como es lógico los resultados mejoran si los estudiantes pertenecen a un curso más avanzado. Así, en 1º de ESO los porcentajes de respuestas de la categoría A en ningún caso superan el 15%, a excepción de la planificación de la experiencia de los caracoles en la que casi la mitad describen las pruebas que deberían hacer. En 3º de ESO, aunque los resultados son siempre algo mejores que en 1º de ESO, y no se observa el retroceso que en algunas ocasiones se producía en relación con tablas y gráficas, indican que son pocos los estudiantes que comprenden las situaciones experimentales que se les proponen y, por lo tanto, pueden aplicar sus conocimientos sobre la metodología científica. Aunque en 1º de Bachillerato, obviamente, los resultados mejoran, las respuestas correctas deberían alcanzar porcentajes más elevados, pues sólo en algunas tareas superan el 50%.

La causa principal por la que tantos estudiantes no pueden realizar con éxito las tareas que se les propone radica a nuestro juicio en que no identifican las características de las distintas variables que intervienen ni su tratamiento experimental. Por ello, no son capaces de reconocer el problema que se intenta resolver, ni de formular con precisión

las hipótesis que van a dirigir los diseños experimentales; al describir las pruebas experimentales no se basan en las hipótesis formuladas y no tienen en cuenta la relación entre los factores que intervienen; tampoco extraen las conclusiones que den respuesta al problema planteado.

Además de esta dificultad señalada, el procedimiento que resulta más complejo para los estudiantes es la planificación de una investigación, pues requiere llevar a cabo una serie de tareas, como formular hipótesis, realizar diseños experimentales, analizar datos... atendiendo al planteamiento del problema. Sin embargo, cuando la situación que tienen que planificar es sencilla como la del “Comportamiento del caracol” (familiar para los estudiantes, en la que sólo se encuentra implicada una variable independiente), el éxito en la realización de esta tarea es superior.

En una situación de dificultad intermedia se encuentran la capacidad de los estudiantes en relación con las hipótesis, ya que si bien éstos son algo mejores que en caso anterior, son peores, que los obtenidos en relación *con la identificación del problema o con las conclusiones de la investigación*.

Es evidente la progresión que se observa en el dominio de los estudiantes en relación con las hipótesis a medida que avanzan en sus estudios; sin embargo, aunque ésta también se produce cuando el contexto en el que tienen que aplicar este procedimiento es más complejo, los resultados dejan bastante que desear; es decir, esta habilidad no resulta, en absoluto, sencilla para los alumnos y alumnas de estos cursos.

Identificar el problema que orienta una investigación y deducir las conclusiones que se derivan de los resultados obtenidos a partir de la misma son los procedimientos que menos dificultades suponen para los estudiantes. Sin embargo, tampoco los datos que hemos presentado resultan satisfactorios; en particular, entre los alumnos y alumnas de menor nivel educativo, ya que no son muchos aquellos que responden de manera adecuada a las tareas que representaban menor dificultad.

Aunque pensábamos que las dificultades que podrían ir asociadas a las experiencias planteadas deberían influir en los resultados, como así ocurría en tablas y gráficas, a la vista de éstos no podemos establecer una secuencia clara al respecto. Así, por ejemplo, en la germinación de semillas (I) que, como señalamos, pensábamos que era de un bajo nivel de dificultad, los resultados en las distintas cuestiones que se les proponen, incluso en los estudiantes de 1º de Bachillerato, son bajos. De la misma forma, en la experiencia de Redi, que planteábamos solamente a los dos primeros cursos, los estudiantes no han sido capaces de formular adecuadamente el problema, la hipótesis o la conclusión que se deducía del planteamiento de la hipótesis.

No sabemos si el hecho de haber incluido en estas experiencias esquemas con dibujos sobre el diseño experimental y, en el caso de la germinación de semillas, una tabla, ha podido influir en la interpretación de las situaciones planteadas, aunque por los resultados podemos deducir que no ha tenido el efecto positivo que esperábamos.

En cuanto a las otras dos experiencias, que pensábamos de mayor complejidad y en las que se les planteaba también la descripción de un diseño experimental -cochinillas de la humedad y Van Helmont-, la primera ha resultado de extraordinaria dificultad para los estudiantes de 3º de ESO, y algo menor en 1º de Bachillerato.

5.3. CONCLUSIONES SOBRE LAS CAPACIDADES DE LOS ESTUDIANTES EN RELACIÓN CON EL APRENDIZAJE DE PROCEDIMIENTOS CIENTÍFICOS

Los resultados que acabamos de presentar se refieren a dos niveles distintos en relación con los conocimientos que poseen los estudiantes sobre las habilidades de investigación: por un lado, aquellos que hemos llamado de identificación de cada uno de ellos, por otro los que se refieren a las capacidades de aplicación en actividades de lápiz y papel referentes a situaciones experimentales y a tablas y gráficas.

Nos hemos centrado en analizar las capacidades de los estudiantes que han finalizado la Educación Secundaria Obligatoria, ya que son la referencia de los objetivos curriculares de la LOGSE a conseguir por los alumnos que acaban esta etapa educativa, aunque haremos mención al grado de adquisición de las capacidades en los dos niveles anteriores cuando sea oportuno.

a) Capacidades de identificación

Si bien es cierto que, como en nuestra práctica diaria tenemos ocasión de comprobar, la memoria de los estudiantes sobre las actividades que realizan en las clases se diluye rápidamente, y sería difícil asegurar que los resultados presentados en relación con las capacidades de los estudiantes para identificar los distintos procedimientos son, realmente, un reflejo preciso de sus experiencias educativas, la interpretación que podemos dar a los resultados que hemos descrito es que, si las han tenido, han sido escasas y/o no han sido reconocidas en la mente de los estudiantes como tareas en las que aprenden algo más que los conceptos de los que luego serán evaluados.

En este sentido, como hemos podido comprobar, si bien al acabar la Enseñanza Secundaria Obligatoria, son muchos los estudiantes capaces de identificar los procedimientos objeto de nuestro estudio, en su comienzo son más los que no los identifican, en ninguna de las formas propuestas, a pesar de que se trata sólo de un nivel básico de recuerdo y reconocimiento y de que afirman tener experiencia en relación con estos procedimientos, especialmente en tablas y gráficas. Resultados que parecen destacar, por lo tanto, la poca atención que se presta a la enseñanza explícita de los procedimientos de la ciencia, consideración que analizaremos después con mayor detalle.

b) Capacidades para la comprensión y el dominio/puesta en práctica

Los resultados que hemos presentado en esta Memoria muestran que los estudiantes inician la educación secundaria con unos conocimientos claramente insuficientes sobre los diversos procedimientos característicos del trabajo científico y, en consecuencia, con unas capacidades muy poco desarrolladas en relación con la aplicación de estas habilidades de investigación a situaciones escolares que fueran relativamente sencillas para los niños y niñas de estas edades, a pesar de que ya en el área de Conocimiento del Medio de Primaria se aboga por *“proporcionar a los alumnos los rudimentos de la aproximación científica al análisis del medio: la adopción de una actitud indagadora, la tendencia a formular hipótesis y plantearse problemas, la elaboración de estrategias metódicas para resolverlos...”*.

Por otra parte, uno de los objetivos generales explícitos del área de las Ciencias Naturales en ESO es “*aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la ciencia: identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación y realización de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados y comunicación de los mismos*”. Sin embargo, aunque los años de enseñanza parecen contribuir a que los estudiantes mejoren estas capacidades, los resultados de aprendizaje resultan claramente insuficientes; es decir, al finalizar la educación obligatoria, la mayor parte de ellos no alcanzan unas competencias en relación con este ámbito formativo acordes con las orientaciones curriculares; aunque es cierto que las dificultades no son similares para todas las habilidades de investigación examinadas.

Aunque, como era de esperar, los resultados son mejores a medida que se incrementa el curso, hay que señalar que los que han acabado el primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria manifiestan unos conocimientos y capacidades más próximos a los que inician la etapa que a los que la han finalizado.

A continuación señalaremos, brevemente, las principales conclusiones en cada uno de los procedimientos analizados.

- Análisis de datos: tablas y gráficas

Una reflexión global sobre los resultados más relevantes nos indican que, en general, los estudiantes han desarrollado escasas competencias en relación con la elaboración e interpretación de tablas y gráficas, procedimiento que consideramos de gran importancia en el aprendizaje de las ciencias en los niveles básicos de enseñanza.

Lo más positivo es, a nuestro juicio, la coherencia mostrada entre lo que dicen creer que son tablas y gráficas y los ejemplos que realmente ponen; la relativa facilidad que muestran para elaborar una tabla de dificultad intermedia y para obtener información local a partir de estas formas de representación.

En el saldo negativo, las dificultades que muestran para elaborar una tabla compleja; también para elaborar gráficas, incluso cuando éstas son sencillas. Además, en cuanto a la obtención de información global, los resultados no permiten deducir que la mayoría puede interpretar adecuadamente tablas y gráficas.

Estas dificultades de aprendizaje entendemos que se relacionan especialmente con el razonamiento lógico matemático y con la comprensión y expresión lingüística, a pesar de que se seleccionaron textos y datos que no supusieran, en principio, dificultades de comprensión. Además, se comprueba que no reconocen las variables que intervienen ni comprenden la necesidad de ordenar los datos, por lo que cometen errores al elaborar la tabla correspondiente o al distribuir los datos en los ejes de las gráficas; y cuando tienen que interpretarlas no relacionan los cambios de valores entre las variables por lo que las tareas para obtener información global resultan difíciles para muchos estudiantes.

Nuestros resultados coinciden con los obtenidos en investigaciones anteriores que han señalado algunas dificultades de los estudiantes al elaborar e interpretar gráficas. Así, al elaborar gráficas la dificultad más extendida es la de dibujar correctamente la escala de los ejes, como han señalado Padilla et al. (1986) y Barquero et al., (2000). En nuestro caso, los resultados son preocupantes pues tan sólo el 2,5% de los que inician ESO, el

12,9% de los que han acabado el primer ciclo y el 34,7% de los que han finalizado esta etapa educativa han realizado la tarea adecuadamente.

Respecto a la interpretación de gráficas Leinhardt et al. (1990), Carswell et al. (1993), Swan, Phillips (1998) y Postigo y Pozo (2000) consideran que los estudiantes pueden reconocer aspectos puntuales de la gráfica (información local), pero no llegan a interpretar correctamente la información representada (información global). Nuestros resultados indican que, si bien los estudiantes que han finalizado la educación obligatoria mejoran sensiblemente sus capacidades para obtener información global, sólo en algunas tareas algo más de la mitad de ellos contestan correctamente.

En la revisión bibliográfica que hemos realizado hay referencias específicas a algunos de los problemas para obtener información global, que en nuestra muestra de estudiantes aparecen con frecuencia. Por ejemplo, está extendida la confusión entre el mayor aumento (o disminución) con el mayor (o menor) valor (Bell y Janvier, 1981; Leinhardt et al. 1990; Craig y Smith, 1994); los estudiantes no distinguen, de manera adecuada, intervalos y se equivocan al relacionar dos variables (Swann y Phillips, 1998); también se confunden al dar el valor de un punto cuando deberían referirse a un intervalo (Leinhardt et al., 1990; Bell y Janvier, 1981); y tienen dificultades para la extrapolación de datos (Aguinaga, 2002). Todo ello hace que cuando tienen que comparar intervalos o puntos de una misma línea de gráfica o de varias de ellas, tanto cualitativa como cuantitativamente, cometan numerosas equivocaciones.

- Formulación de problemas

Poder identificar y expresar el problema científico que trata de resolverse en una investigación es esencial para comprender la experiencia propuesta y, por lo tanto, el desarrollo de cada una de sus fases; sin embargo, los resultados indican que la mayor parte de los estudiantes no son capaces de expresarlo con precisión. Así, en la experiencia de las cochinillas nombran uno sólo de los factores o formulan el problema sin referirse a variables que puedan ser estudiadas; por ejemplo, al escribir: “*factores que afectan a la vida de las cochinillas*” se hace una propuesta de problema inviable de investigar y que no corresponde a la situación que se les planteaba.

- Identificación y formulación de hipótesis

En cuanto a las capacidades para formular una hipótesis los resultados nos indican que, como en problemas, son más los estudiantes que no son capaces hacerlo adecuadamente –a excepción de la experiencia de Van Helmont-. Este hecho es debido, además de que contestan incorrectamente a que alrededor de una cuarta parte dejan la pregunta sin contestar, lo que podemos explicar porque su experiencia escolar con este procedimiento es escasa. Aun así estos estudiantes experimentan un avance notable respecto a los de los cursos anteriores, en los que alrededor de un 60% no contestan a la pregunta y, en el mejor de los casos, sólo uno de cada siete lo hacen adecuadamente.

- Reconocimiento de variables

La situación en la que se ha planteado el reconocimiento de las variables en la germinación de semillas (I) debería de haber proporcionado resultados más positivos, ya que en cuanto al tipo de variable (independiente o dependiente) sólo un pequeño

porcentaje eligen la variable correcta y justifican su respuesta; además, son muy pocos los que indica las variables que se han controlado en ese experimento o las que no se han controlado en los experimentos de Van Helmont.

Estos resultados nos permiten comprobar que, si bien cuando en la primera parte del cuestionario, un porcentaje elevado de los estudiantes (76,8%) respondía que sí creía conocer el significado de este término, son muchos menos los que reconocen los tipos de variables que intervienen en una investigación; circunstancia que indica que su conocimiento se refiere más a la acepción en el lenguaje común, que al significado desde el punto de vista científico. Tampoco, en la primera parte de este cuestionario, eran capaces de identificar las variables que se les presentaban entre cuatro frases, lo que nos confirma nuestra conclusión de que la mayoría de los estudiantes no han alcanzado a comprender el significado de los distintos tipos de variable.

- Diseño de experiencias.

No cabe duda que realizar la planificación de una investigación de forma que se puedan obtener los datos adecuados al problema y a las hipótesis propuestas, con objeto de obtener alguna conclusión legítima, debería ser una de las dimensiones formativas más importantes durante la educación obligatoria. Sin embargo, casi todos los estudiantes de cursos superiores tienen dificultades para resolver tareas de esta naturaleza cuando las situaciones son algo más complejas, al aumentar el número de variables que intervienen o el número de pruebas que habría que planificar y, por tanto, las acciones que hay que describir para llegar a una conclusión que tenga cierta coherencia, por lo que los aprendizajes que se producen en relación con esta tarea no van mucho más allá del que se podría derivar de la lógica cotidiana.

- Obtención de conclusiones

A diferencia de otros procedimientos, extraer conclusiones después de realizar una actividad práctica o de lápiz y papel, suele ser una tarea que se propone con cierta frecuencia a los estudiantes. Sin embargo, aunque casi todos identifican entre varias frases la que corresponde a esta la etapa de una investigación, tienen muchas más dificultades cuando deben identificar las conclusiones que podrían deducir a partir del diseño experimental realizado por los propios estudiantes, como sucedía, por ejemplo, en la experiencia de las cochinillas de la humedad.

Nuestros resultados sobre la identificación y puesta en práctica de procedimientos de la ciencia indican, por lo tanto, las carencias que presentan los estudiantes cuando realizan actividades en las que los contenidos procedimentales tienen un papel relevante; esta situación ha sido señalada por las investigaciones precedentes. Sin embargo, como se expuso en el capítulo 3, esos estudios tratan de conocer las capacidades generales de los estudiantes para realizar trabajos prácticos; evaluar metodologías específicas para su aprendizaje; diseñar Unidades Didácticas en las que se pone especial atención en los contenidos procedimentales o, también, modelos de actividades prácticas y las condiciones para que tengan mayor efectividad, pero no hemos encontrado estudios específicos sobre las dificultades de los estudiantes de enseñanza secundaria para el aprendizaje de los procedimientos objeto de nuestra investigación.

Tras los análisis por separado y en conjunto de cómo los estudiantes utilizan las habilidades de investigación en actividades de lápiz y papel podemos concluir, como formulábamos en nuestras subhipótesis 1.1 y 1.2 que:

- La mayoría de los estudiantes que inician la ESO tienen dificultades para comprender y aplicar el significado de los procedimientos en el contexto de procesos de investigación, por lo que no responden a las expectativas derivadas del currículo de Educación Primaria.
- A pesar de que en el transcurso de sus estudios mejoran estas capacidades, al acabar la ESO no se ha alcanzado una mejoría suficiente como para concluir que la enseñanza recibida ha producido una comprensión y dominio de las habilidades y destrezas que propone el currículo de esta etapa.

No queremos finalizar estas conclusiones sin hacer alusiones explícitas a la complejidad de llevar a cabo una tarea de la naturaleza de la que hemos desarrollado. Es seguro que, desde otras perspectivas, se podría haber enfocado la investigación con otra clase de instrumentos. Sin embargo, creemos que los resultados presentados (que responden a reflexiones de distinto orden: identificación, poner ejemplos...) pueden deberse, en buena medida, a lo que viene sucediendo en las aulas, y proporcionan “pistas” de interés para conocer las dificultades que pueden tener los estudiantes para aprender y, por tanto, para enfocar la enseñanza, cuando ésta no descansa, exclusivamente, en la explicación del profesor y en la lectura de los libros de texto. Algunas de estas conclusiones se adelantan en el siguiente apartado.

5.4 CONCLUSIONES SOBRE EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES: IMPLICACIONES EDUCATIVAS, NIVELES DE DIFICULTAD Y SECUENCIAS DE ENSEÑANZA

Una vez realizada la descripción de los resultados sobre los conocimientos y capacidades de los estudiantes en relación con las distintas habilidades científicas objeto de nuestra investigación, y de las dificultades que presentan estos aprendizajes, finalizaremos este capítulo haciendo referencias a dos circunstancias que, a modo de conclusiones de los resultados obtenidos, consideramos importantes para orientar la enseñanza de estos contenidos:

- En primer lugar apuntaremos las posibles causas que puedan explicar por qué los estudiantes no desarrollan las capacidades adecuadas en relación con este ámbito formativo.
- En segundo lugar –y a modo de hipótesis de trabajo para futuras investigaciones-, formularemos algunas implicaciones educativas que consideramos de interés para secuenciar la enseñanza de cada una de estas habilidades de investigación:

a) ¿Cuáles son las causas que dificultan el aprendizaje de los distintos procedimientos por parte de los estudiantes?

Como ya hemos señalado, algunos autores han vinculado estas dificultades a las capacidades intelectuales que desarrollan los estudiantes como consecuencia de su edad, ya que en muchas de las tareas propuestas podrían requerir habilidades y estrategias de

razonamiento de naturaleza hipotético-deductiva. Sería necesario, por tanto, la previa adquisición de estas formas de pensamiento que, según algunos autores, pocos de los estudiantes de enseñanza secundaria han adquirido.

Sin embargo, las revisiones realizadas en relación con la teoría de los estadios piagetianos, matizaron algunas de las conclusiones iniciales, señalando que las edades a las que se alcanza el pensamiento formal no son invariables y que estas capacidades pueden desarrollarse, en buena medida, con una enseñanza específica para la adquisición de los esquemas operatorios y estructuras de cada estadio del pensamiento. Por ello, no basta con esperar que los estudiantes “maduren” intelectualmente para que puedan comprender el significado de estas habilidades de investigación y adquieran cierto dominio en relación con las mismas. Estamos de acuerdo en que el desarrollo de estas capacidades de razonamiento se puede y debe favorecer con la enseñanza.

En consecuencia, dificultades de aprendizaje en relación con esta dimensión formativa pueden ser debidas, entre otras, a dos circunstancias importantes:

- En primer lugar, y puesto que los aprendizajes se realizan en dominios específicos del conocimiento (Pozo, 1996), los resultados que hemos presentado serían, en buena parte, consecuencia de que los estudiantes no han recibido la suficiente instrucción específica en relación con la metodología científica que, naturalmente, debería incluir su puesta en práctica en situaciones didácticas en contextos adecuados; iniciativas que, sin duda, les hubieran permitido desarrollar las habilidades intelectuales y la experiencia necesarias para resolver las tareas propuestas.
- Una segunda causa se relacionaría con la comprensión de los textos que se refieren a las situaciones experimentales que se les presentan; circunstancia que hace que la interpretación de los hechos y datos que se les muestran, se manifieste muchas veces, sobre todo entre los estudiantes de menor nivel educativo, en respuestas inseguras y contradictorias que contribuyen a disminuir el número de los que eran capaces de proporcionar respuestas correctas; también en la falta de dominio para encontrar relaciones entre los datos numéricos, como se ha comprobado especialmente en relación con tablas y gráficas.

Desde nuestro punto de vista no creemos insuperables estas dificultades ya que, como decíamos, pensamos que son debidas a que la enseñanza presta una escasa –casi nula– atención educativa a estos procedimientos. En nuestra opinión, ésta es una de las principales razones que dificultan el desarrollo de estas capacidades -como expresamos en las hipótesis 2 y 3-, que analizaremos en los capítulos siguientes.

b) Orientaciones para la secuencia en la enseñanza de los contenidos procedimentales

Como señalamos al inicio de esta Memoria, nuestra decisión de llevar a cabo esta investigación surgió de la necesidad de conocer las dificultades que tenían nuestros alumnos en aquellas actividades en las que debían de poner en práctica contenidos procedimentales.

Teniendo en cuenta la información que nos ha aportado la amplia revisión bibliográfica que hemos desarrollado, pero, sobre todo los resultados de investigación que hemos presentado en este capítulo, creemos estar en condiciones de elaborar unas escalas sencillas, que representan una progresión que habría que seguir en la enseñanza de cada uno de los procedimientos que hemos analizado, según el nivel de dificultad que puede suponer la realización de las distintas tareas implicadas en el aprendizaje; progresión no siempre coincidente con lo que a primera vista pudiera parecer razonable (como sucede con las representaciones numéricas).

Las propuestas que se presentan a continuación no se refieren a la secuencia con la que se deberían introducir los distintos procedimientos, sino como niveles que pueden orientar a los profesores y a quienes elaboran libros de texto, a la hora de seleccionar y secuenciar actividades que requieran la puesta en práctica de estas habilidades de investigación, tanto si la intencionalidad es que los estudiantes progresen en el desarrollo de sus capacidades en relación con cada uno de ellos, específicamente considerados (perspectiva atomística), como si estuvieran implicados en el contexto de planteamientos más holísticos, que implican la puesta en práctica de distintas estrategias relacionadas con la investigación científica.

Antes de presentar estas propuestas, señalar, en todo caso, que las que se formulan a continuación, deberán ser consideradas, de nuevo, con la información que pudieran aportar los resultados obtenidos a partir de los otros dos problemas de investigación.

Aunque con el propósito de expresar con mayor claridad nuestros puntos de vista vamos a considerar uno a uno los distintos procedimientos, habría que señalar que estas circunstancias no ignoran la importancia de que la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos se desarrolle en el marco de investigaciones en las que se pudieran encontrar implicados todos o un buen número de ellos.

- En relación con las *tablas de* datos, las tareas que, de manera sucesiva, realicen los estudiantes deberían tener en cuenta la siguiente progresión:

1. Iniciar a los estudiantes en las tareas de elaboración de tablas sencillas, prestando particular atención a los elementos que forman parte de las mismas.
2. Proponer actividades para que los estudiantes aprendan a interpretar tablas sencillas.
3. Desarrollar actividades similares a las señaladas en el punto anterior, a partir de los resultados que se obtienen de investigaciones realizadas por los estudiantes.
4. Interpretar tablas complejas.
5. Elaborar tablas complejas, en las que aumente el número y las dificultades de las variables implicadas.

- En lo que a las *gráficas* se refiere, proponemos que las actividades sean secuenciadas, de menor a mayor grado de dificultad, de acuerdo con el siguiente orden:

1. Identificar las representaciones gráficas y los distintos elementos que las componen.
2. Elaborar gráficas sencillas a partir de tablas.
3. Interpretar gráficas sencillas.
4. Interpretar gráficas complejas.
5. Elaborar gráficas complejas.

Naturalmente, también podemos proponer una secuencia para introducir a los estudiantes, de manera progresiva, en el conocimiento del significado y del papel que desempeñen los distintos procedimientos en las investigaciones, así como para desarrollar capacidades de ponerlos en práctica en estos contextos.

- Así, por ejemplo, en relación con los *problemas de investigación*, los resultados que hemos presentado apuntan hacia la consideración de las siguientes etapas:

1. Reconocer los problemas que se quieren investigar a partir de textos sencillos.
2. Plantear situaciones en las que los estudiantes tengan que formular el problema a estudiar en el contexto de investigaciones escolares.
3. Identificar los problemas de investigación en textos más complejos, incluso cuando éstos no se mencionan explícitamente.
4. Identificar problemas que pueden ser objeto de investigación científica.

- En relación con la *formulación y contraste de hipótesis*, habilidad de investigación, cuyo significado no resulta sencillo de comprender para aquellos estudiantes que no han tenido la oportunidad de ponerla en práctica en actividades adecuadas, nos parece oportuno tener en cuenta la siguiente secuencia:

1. Distinguir entre hipótesis y conjetura y entre hipótesis y conclusión.
2. Reconocer en un texto las hipótesis planteadas.
3. Formular las hipótesis para ser comprobadas en investigaciones escolares sobre situaciones próximas a las experiencias de los estudiantes.
4. Formular hipótesis que pueden explicar los resultados de determinadas experiencias.

- Aprender a realizar *diseños experimentales* resulta, sin duda, una tarea bastante más compleja -estrechamente vinculada con la formulación de las hipótesis correspondientes-, en la que habría que entrenar a los estudiantes, según nuestro punto de vista, de acuerdo con las siguientes fases:

1. Analizar los diseños experimentales formulados en textos sencillos, identificando los factores (las variables) que pueden intervenir en los mismos.
2. Diseñar los experimentos necesarios para contrastar hipótesis, considerando las características de los experimentos control y de las demás pruebas experimentales.
3. Diseñar y realizar actividades de investigación, que impliquen la formulación y el contraste de hipótesis.
4. Realizar las experiencias necesarias para contrastar hipótesis siguiendo guiones determinados.

- Por último, en relación con la *elaboración de conclusiones*, proponemos la siguiente secuencia de tareas:

1. Analizar las diferencias que existen entre conclusiones e hipótesis.
2. Utilizando textos sencillos, de contenidos familiares para los estudiantes, establecer adecuadamente las conclusiones de investigaciones, diferenciándolas de los resultados de las mismas.
3. Elaborar informes que recojan e interpreten las investigaciones realizadas en clase.
4. Interpretar adecuadamente los resultados de investigaciones más complejas.
5. Aplicar las conclusiones obtenidas a partir de un texto o de una investigación desarrollada por los estudiantes a otras situaciones, y proponer, a partir de ellas, nuevas investigaciones

Es decir, como primera aproximación, sobre la que habría que profundizar en posteriores estudios, sería necesario destacar la importancia de que, durante la educación obligatoria -también en un curso determinado, las actividades que se desarrollen tengan en cuenta cierta progresión en las capacidades que se demandan a los estudiantes en relación con los distintos procedimientos, desde los más sencillos hasta los más complejos. Esto no quiere decir que una vez que han realizado actividades para, por ejemplo, reconocer en un texto el problema de investigación, no deban de volver a plantearseles otras con el mismo objetivo, sino que se les propondrá en situaciones con un contexto más complejo, o en las que el estudiante actúe con mayor autonomía.

En todo caso, como decíamos antes, queremos resaltar que estas propuestas de niveles de dificultad, no significa que optemos por planteamientos, asociados a ciertas perspectivas educativas, que consideran que la enseñanza de estos contenidos debería iniciarse a partir de situaciones que permitieran aprender en relación con cada uno de ellos, como paso previo para abordar investigaciones de naturaleza más holística.

En este sentido, estamos de acuerdo con quienes defienden el interés que tienen los enfoques educativos basados en la investigación escolar desde edades tempranas (Cañal y Porlán, 1987; Harlen, 1989; Izquierdo et al., 1999; Sanmartí, 2002), siempre y cuando

–como han puesto de manifiesto nuestros resultados- el contexto de situaciones de aprendizaje a las que tuvieron que hacer frente los escolares fueran sencillas al principio, para ir aumentando la complejidad.

Nuestra principal aportación a estos puntos de vista es, precisamente, la propuesta de considerar que, en el planteamiento y desarrollo de estas investigaciones, se deberían tener en cuenta los niveles de dificultad que hemos descrito.

Sin embargo, a partir del análisis de los resultados presentados en este capítulo podemos deducir que la enseñanza de las ciencias en estos cursos no ha favorecido el aprendizaje de este tipo de procedimientos, probablemente porque no se ha llevado a cabo una planificación adecuada y, como señala Sanmartí (2002), porque no basta con que los profesores citen en sus unidades didácticas la necesidad de la enseñanza y aprendizaje de ciertos contenidos, pues si no se diseñan actividades específicas y se le dedica el tiempo necesario no se conseguirán los objetivos propuestos.

En este sentido, y para obtener información en relación con el problema 2, en el siguiente capítulo analizaremos en qué medida las propuestas de enseñanza que encontramos en los libros de texto contienen aquellos elementos que pueden favorecer el aprendizaje de los contenidos procedimentales: una selección adecuada de los mismos, que implique su puesta en práctica con la frecuencia necesaria; una secuencia de actividades que tenga en cuenta su progresiva introducción en función de sus niveles de dificultad; unos contextos de aprendizaje suficientemente intencionados, que tengan en cuenta el grado de autonomía de los estudiantes, el carácter teórico o práctico de las actividades...

CAPÍTULO 6. LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN LOS LIBROS DE TEXTO

Las actividades que incluyen los libros de texto constituyen un indicador fundamental de las posibilidades que se ofrecen a los estudiantes de la Educación Secundaria Obligatoria para el aprendizaje de los contenidos procedimentales, ya que, como indicábamos en el capítulo 3, en general es éste el principal instrumento o recurso didáctico que utilizan los profesores para la selección de los contenidos y para el desarrollo de la enseñanza.

Puesto que uno de los propósitos de esta investigación es analizar el dominio que tienen los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria de algunos de los contenidos procedimentales que propone el currículo de la etapa, y tratar de analizar las posibles causas del mismo, nos pareció necesario revisar los libros de texto ya que, nos van a permitir deducir hasta qué punto incluyen actividades que contribuyan a estos aprendizajes.

Con estos propósitos, el análisis que hemos llevado a cabo ha consistido en la revisión de cuatro editoriales representativas en nuestro ámbito regional de los libros de texto que se emplean para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología) en la ESO, centrándonos en aquellos aspectos que nos van a proporcionar la información necesaria para valorar el tratamiento que reciben los contenidos procedimentales (figura 6.1): los tipos de actividades que incluyen, los procedimientos que pueden desarrollarse a través de su realización, el modo en que se secuencian a lo largo de toda la etapa y, en definitiva, la adecuación de los libros de texto, como materiales didácticos, a las propuestas curriculares. Cuestiones que tratan de contrastar la hipótesis 2 de nuestro trabajo de investigación.

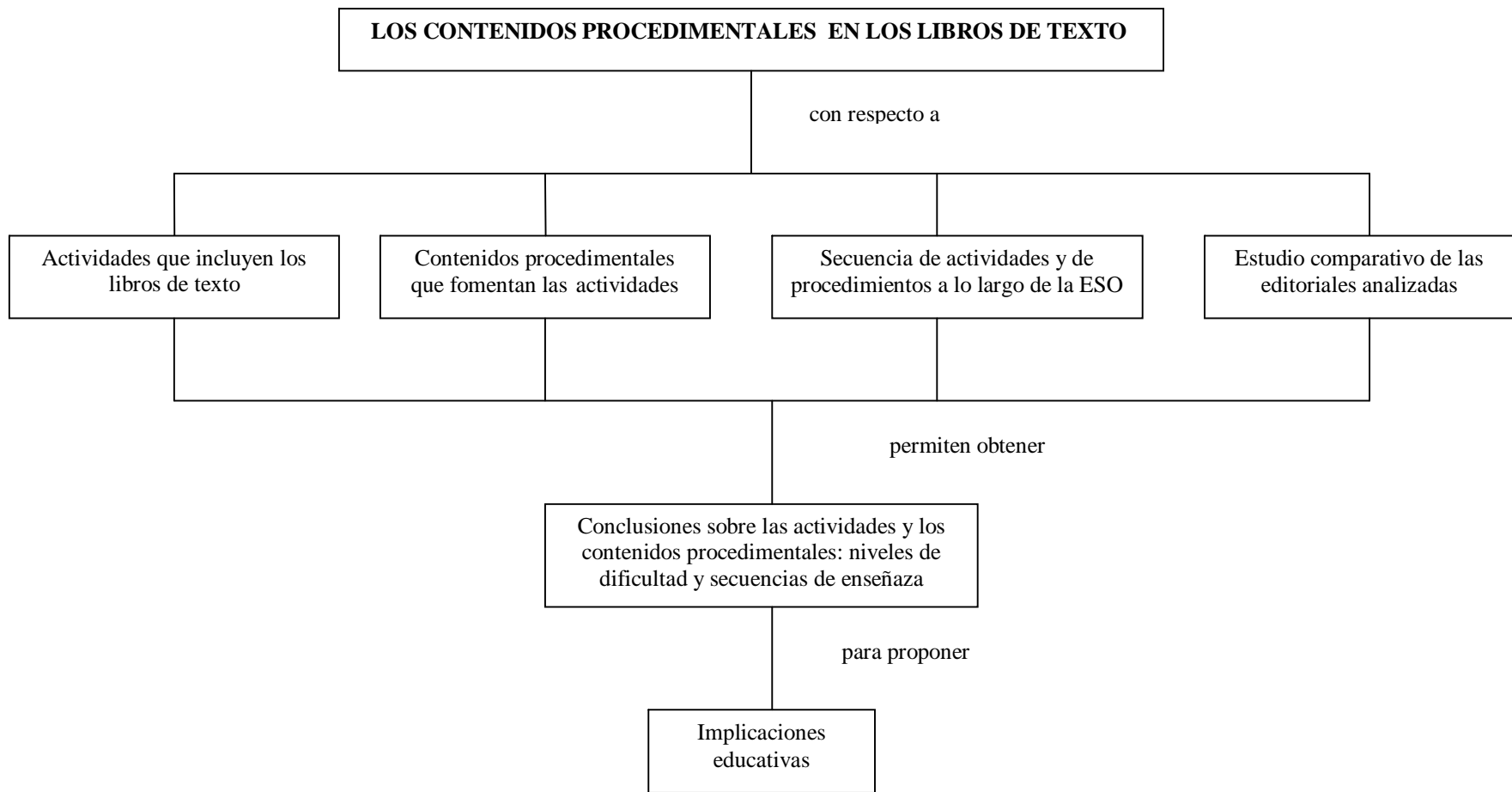


Figura 6.1. Esquema general del Capítulo

6.1. ACTIVIDADES QUE INCLUYEN LOS LIBROS DE TEXTO DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Para llevar a cabo este análisis nos hemos basado en las propuestas que se hacen desde la Didáctica de las Ciencias, diferenciando dos grandes grupos -actividades de lápiz y papel y trabajos prácticos-, que hemos descrito más ampliamente en el capítulo 4, y cuyas características principales sintetizamos en el cuadro 6.1.

Como se puede apreciar en su descripción, en una primera aproximación, la diferencia entre ambos tipos estriba en lo siguiente: las actividades de lápiz y papel se realizan principalmente en un contexto conceptual, en el que el papel del alumnado se centra en la obtención e interpretación de la información (lectura del texto, búsqueda de información en el texto o por otros medios, análisis de documentos o datos que aparecen en el texto...); los trabajos prácticos se identifican por requerir –en mayor o menor medida- la participación y autonomía de los estudiantes en su diseño, desarrollo e interpretación (manipulación de materiales, transformación de datos, experiencias, investigaciones escolares, resolución de problemas, etc.).

ACTIVIDADES DE LÁPIZ Y PAPEL	TRABAJOS PRÁCTICOS
<p>LP₁. Requieren únicamente extraer directamente la información pertinente del texto o de imágenes de la lección sin apenas necesidad de interpretación o transformación</p> <p>LP₂. Requieren alguna interpretación de la información, y a menudo son necesarios conocimientos que no se pueden extraer directamente del texto o de las imágenes</p> <p>LP₃. Son actividades que permiten el aprendizaje de alguno de los elementos del trabajo práctico en un contexto teórico (gráficas, análisis de experimentos...)</p>	<p>TP₀. Actividades manipulativas aisladas</p> <p>TP₁. Realización de un trabajo práctico guiado desde el libro de texto</p> <p>TP₂. Realización de un trabajo práctico guiado, pero que debe ser interpretado por el alumno.</p> <p>TP₃. Planificación, realización e interpretación de un trabajo práctico por parte del alumno.</p> <p>TP₄. Planteamiento del problema, planificación, realización e interpretación de un trabajo práctico en un área de interés propuesta por el libro de texto.</p> <p>TP₅. El estudiante determina el área de interés de un trabajo práctico y lo lleva a cabo autónomamente</p>

Cuadro 6.1. Tipos de actividades que proponen los libros de texto

Aunque el segundo aspecto del análisis de las actividades de los libros de texto –los contenidos procedimentales implicados en los mismos-, se va a tratar en el apartado siguiente, creemos que puede resultar ilustrativo poner de manifiesto el modo en que cada una de ellas propiciaría el aprendizaje de contenidos procedimentales y la finalidad a la que se orientan estas tareas.

Desde esta perspectiva, como se desprende de la tabla 6.1, podemos matizar un poco más la diferencia establecida anteriormente. Así, mientras que los dos primeros tipos de actividades de lápiz y papel (LP1 y LP2) están más orientadas al aprendizaje de contenidos conceptuales que, a lo sumo, requieren la utilización de habilidades relacionadas con la comunicación, el análisis de datos o la clasificación y seriación a partir de textos escritos, el desarrollo de las actividades de lápiz y papel de nivel tres (LP3) y los trabajos prácticos (TP) exige aplicar un mayor número de contenidos procedimentales, fundamentalmente estrategias, habilidades y destrezas relacionadas con la actividad científica.

	LP ₁	LP ₂	LP ₃	TP ₀	TP ₁	TP ₂	TP ₃	TP ₄
Habilidades de investigación								
1. Identificación de problemas								
A.2. Predicciones e hipótesis								
A.3. Relaciones entre variables								
A.4. Diseños experimentales								
A.5. Observación explícita								
A.6. Medición								
A.7. Clasificación y seriación								
A.8. Técnicas de investigación								
A.9. Transformación e interpretación de datos								
A.10. Análisis de datos								
A.12. Elaboración de conclusiones								
B. Destrezas manuales								
B.1. Manejo de material y realización de montajes								
B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...								
C. Comunicación								
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual								
C.2. Utilización de diversas fuentes								
C.3. Elaboración de materiales escritos								

Tabla 6.1. Relación entre los tipos de actividades y los contenidos procedimentales

A partir de estos supuestos se han analizado las actividades de los libros de texto, cuyos resultados mostramos a continuación.

De los datos que aparecen en la tabla 6.2 podemos deducir que los libros de Ciencias de la Naturaleza que se suelen utilizar en la Educación Secundaria Obligatoria contienen fundamentalmente actividades de lápiz y papel frente a las que hemos denominado trabajos prácticos -de los que al no haber encontrado ninguno del tipo TP₅ no se van a considerar a partir de ahora. Es decir, las actividades que deben realizar los estudiantes tienen como finalidad principal reforzar o completar el aprendizaje de contenidos conceptuales, en detrimento del aprendizaje de los contenidos procedimentales. Aunque, en el currículo de la etapa se proponen de forma equilibrada junto a aquellos y a los actitudinales.

Editoriales	Ámbito conceptual			Ámbito procedimental						
	LP ₁	LP ₂	Nº total	LP ₃	TP ₀	TP ₁	TP ₂	TP ₃	TP ₄	Nº total
A	150	134	284	67	16	83	26			125
B	659	283	942	62	9	24	4			37
C	320	539	859	31	11	38	12			61
D	630	548	1178	96	8	41	9	1	1	60

Tabla 6.2. Número de actividades de cada tipo que predominan en los libros de texto

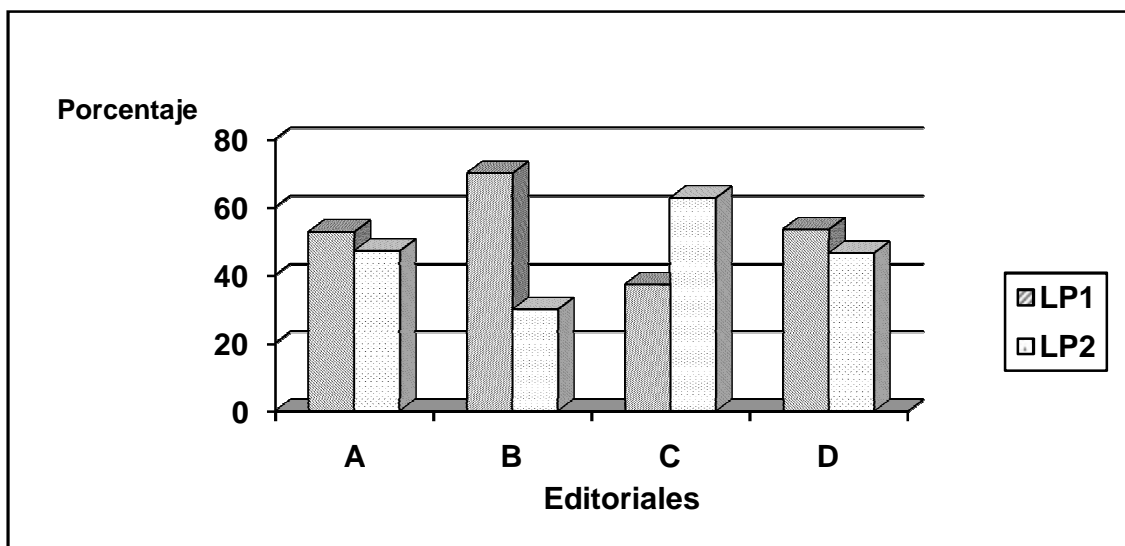
Al margen de las diferencias que existen en el número de actividades totales que presentan las editoriales estudiadas, constatamos que con excepción de la editorial A, todas las demás mantienen una proporción similar: en torno al 90% de actividades de lápiz y papel enfocadas prioritariamente al ámbito conceptual (LP₁ y LP₂), y un 10% de actividades de lápiz y papel enfocadas al aprendizaje de contenidos procedimentales (LP₃) y trabajos prácticos.

En esta disparidad entre el número de los distintos tipos de actividades, hay que tener en cuenta que, como explicamos en el apartado 4.2.4, las de tipo conceptual suelen contener una única tarea; sin embargo, las actividades de lápiz y papel del ámbito procedimental (LP₃) y los trabajos prácticos contienen distintas tareas que no se contabilizan, lógicamente, como nuevas actividades, sino que lo harán posteriormente en el número de contenidos procedimentales (apartado 6.2), y, en ocasiones, como actividades LP₁ o LP₂. En el cuadro 6.2 exponemos algunos ejemplos de cada caso.

Cita los vasos que entran o salen del corazón (Anaya, 3º ESO, página 95, actividad nº 2)	LP ₁
Explica detalladamente la gráfica del experimento de Gowland. ¿Qué diferencia observas en el peso de las ratas según la dieta que se le ha suministrado? ¿Qué nutrientes aporta la leche a la dieta artificial? (McGraw Hill, 3º ESO, página 103, actividad número 2)	LP ₃ con una actividad LP ₁ y dos contenidos procedimentales: A9 y A10
¿Qué le ocurre a la frecuencia respiratoria y al pulso si saltas durante un rato? Compruébalo (Oxford, 3º ESO, página 89, actividad nº 8)	TP con un contenido procedimental: A5
Realiza un estudio de las distancias de acomodación según la edad y amplíalo consultando con personas que tengan defectos de visión. Para ello elabora una tabla en la que consten: la edad, la distancia de acomodación y el tipo de defecto, si lo hubiera, de las personas consultadas. Cuando tengas la tabla completa con los datos, indica cuáles son las variaciones de los límites de acomodación para miopes, hipermetropes, etc. (Oxford, 3º ESO, página 39, actividad número 2)	TP con cuatro contenidos procedimentales: A6, A9, A10, A12

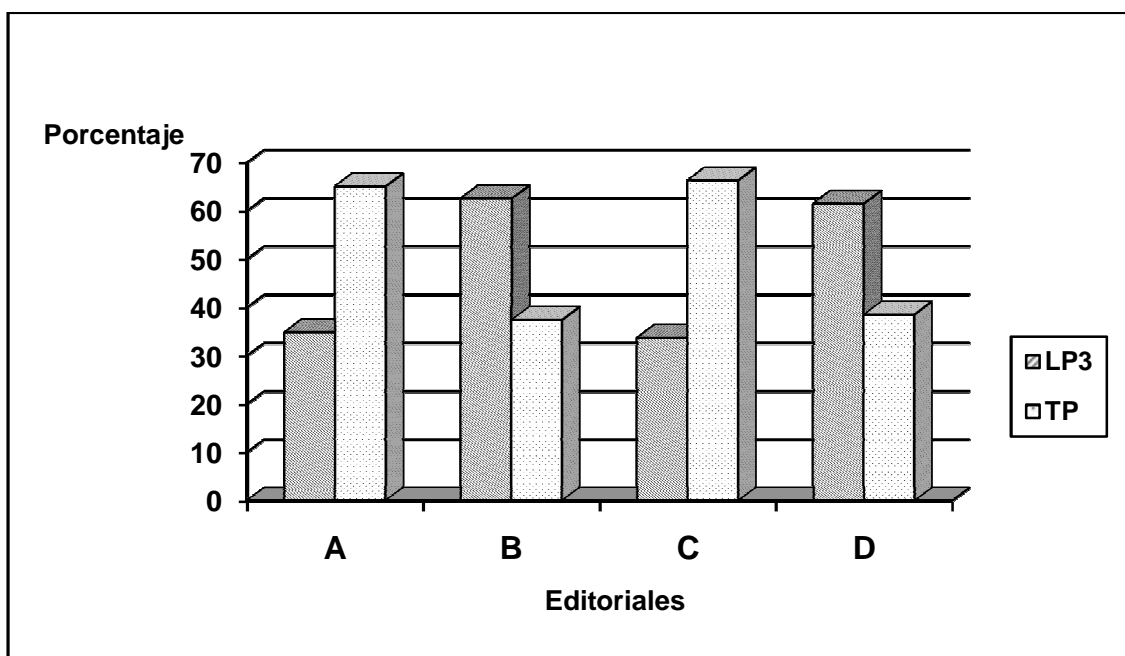
Cuadro 6.2. Ejemplos de actividades y tipo al que pertenecen

Entre las actividades de lápiz y papel del primer tipo (gráfica 6.1), son más numerosas aquellas que únicamente requieren extraer directamente la información del libro de texto (LP₁) que las que exigen aplicar en un contexto diferente los aprendizajes conceptuales que derivan de dicha información (LP₂). En este caso, la excepción es la editorial C en la que se invierten los resultados.



Gráfica 6.1. Porcentaje de las actividades de lápiz y papel del ámbito conceptual

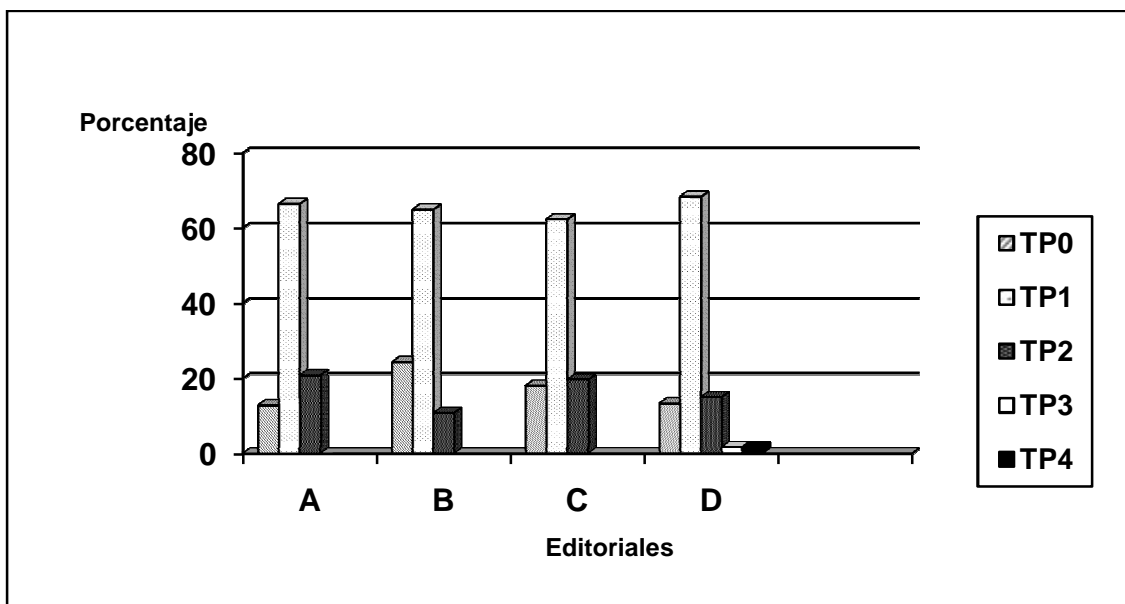
En cuanto al modo en que se distribuyen las actividades de lápiz y papel más orientadas al ámbito procedimental (LP₃), existen diferencias relevantes entre las editoriales (gráfica 6.2): mientras que en las A y C los trabajos prácticos suponen dos terceras partes del total de las actividades del ámbito procedimental, en las editoriales B y D ocurre lo contrario (los trabajos prácticos representan alrededor de un 40%). Es decir, hay editoriales que enfocan estas tareas prestando mayor o menor atención al aprendizaje de contenidos procedimentales en un contexto en el que los estudiantes pueden tener una participación práctica.



Gráfica 6.2. Porcentaje de las actividades del ámbito procedimental

Finalmente, en lo que se refiere al análisis de la naturaleza de los trabajos prácticos (gráfica 6.3), observamos la ausencia casi generalizada de aquellos que muestran un

mayor grado de indagación y autonomía investigadora por parte de los estudiantes, frente al predominio, en todas las editoriales, con porcentajes en torno al 60% del total, del nivel 1, que hemos definido como una actividad en la que el centro de interés o el problema, la planificación o diseño de su desarrollo o solución, y la interpretación de los resultados, vienen determinados en el libro de texto, mientras que al alumno solamente se le solicita que la lleve a cabo siguiendo una serie de tareas previamente definidas.



Gráfica 6.3. Tipos de trabajos prácticos más habituales en los libros de texto

Relacionando estos datos con los contenidos procedimentales que pueden contribuir a desarrollar (tabla 6.1), podemos afirmar que el enfoque que siguen los escasos trabajos prácticos que incluyen los libros de texto analizados dificulta en gran medida que los estudiantes se familiaricen con las habilidades, destrezas y técnicas características de la actividad científica, ya que presentan una visión sesgada y poco coherente de la misma. Es decir, los trabajos prácticos de nivel 1 requieren poner en práctica algunos elementos parciales de los procesos de la ciencia como observación, medida, aplicación de técnicas de investigación, destrezas manipulativas y análisis, transformación e interpretación de datos; pero no contemplan el orden coherente de la investigación al prescindir, entre otras de fases importantes como el planteamiento del problema a la luz de una teoría, la formulación de hipótesis y el diseño de un plan de trabajo para su contrastación, promoviendo una visión aproblemática de la ciencia (Fernández y otros, 2002), muy alejada de los actuales planteamientos epistemológicos sobre la naturaleza y evolución del conocimiento científico.

Además de comprobar la naturaleza de las actividades es importante contrastar estos datos con el análisis de los contenidos procedimentales concretos que se potencian desde los libros de texto, ya que el estudio conjunto de ambos factores nos ilustrará sobre algunas de las posibles causas por las cuales, como hemos comprobado en el anterior capítulo, el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria tiene un conocimiento y un dominio muy escaso de los principales procesos que caracterizan la actividad científica y de otros más generales relacionados con la obtención y utilización de la información.

6.2. CONTENIDOS PROCEDIMENTALES QUE FOMENTAN LAS ACTIVIDADES DE LOS LIBROS DE TEXTO

Puesto que el currículo de Educación Secundaria Obligatoria considera que los contenidos procedimentales son un componente esencial del aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza, cabría esperar que las actividades de los libros de texto que lo desarrollan contemplaran su enseñanza de forma equilibrada, mediante la puesta en práctica de los diferentes tipos de procedimientos, tanto en cada uno de los bloques de contenidos, como a lo largo de cada nivel y de toda la etapa.

Para comprobarlo, y tratar de verificar nuestra hipótesis de partida, en la que afirmábamos que los libros de texto no tienen en cuenta suficientemente las prescripciones curriculares, y tomando como referencia la clasificación realizada por Pro (1998b), hemos tratado de identificar los contenidos procedimentales que predominan en las diferentes editoriales, qué relación existe entre éstos y los diversos tipos de actividades descritas en el apartado anterior, así como el modo en que los libros de texto los secuencian a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Contenidos procedimentales	Editoriales			
	A	B	C	D
A. Habilidades de investigación				
A.1. Identificación de problemas	-	-	-	3
A.2. Predicciones e hipótesis	1	8	1	2
A.3. Relaciones entre variables	2	-	-	9
A.4. Diseños experimentales	-	10	1	12
A.5. Observación	59	15	36	33
A.6 Medición	25	3	10	16
A.7. Clasificación y seriación	5	9	8	7
A.8. Técnicas de investigación	56	13	12	32
A.9. Transformación e interpretación de datos	129	57	57	115
A.10. Análisis de datos	95	25	48	86
A.12. Elaboración de conclusiones	34	23	12	43
B. Destrezas manuales				
B.1. Manejo de material y realización de montajes	59	24	18	26
B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...	4	-	-	-
C. Comunicación				
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual	107	108	43	19
C.2. Utilización de diversas fuentes	5	11	86	40
C.3. Elaboración de materiales	6	1	26	8
TOTAL EN ESO	587	307	358	451

Tabla 6.3. Frecuencia absoluta de contenidos procedimentales en los libros de texto

La primera conclusión que obtenemos a partir de los datos de la tabla 6.3, es que existe un desequilibrio importante entre los tres grupos que contiene esta clasificación. En este sentido, el mayor número se refiere a las habilidades de investigación, seguido de las de comunicación -que se concentran mayoritariamente en técnicas y estrategias orientadas a reforzar el aprendizaje de contenidos conceptuales, más que a familiarizar al alumnado con los procesos de la metodología científica-, y en menor número, las destrezas manuales.

Un análisis más pormenorizado de estos datos (tabla 6.4) clarifica esta primera impresión, al observar que estos contenidos procedimentales se pueden agrupar en cuatro categorías relacionadas directamente con la incidencia que tienen en los libros de texto: un primer grupo que se repite con una frecuencia relativamente importante (entre 50 y algo más de 100 actividades de media), un grupo de procedimientos cuya presencia es casi inapreciable (lo encontramos en número inferior a 10 actividades) y un conjunto de contenidos procedimentales que posee un peso específico intermedio entre ambos extremos.

Número de tareas	Contenidos procedimentales														
	A1	A2	A3	A4			A7						B2		
Menos de 10															
De 10 a 25						A6									C3
De 25 a 50					A5			A8			A12	B1			C2
Más de 50									A9	A10				C1	

Tabla 6.4. Rango de frecuencias correspondientes a los contenidos procedimentales de los libros de texto

Estos datos muestran que:

Los procedimientos más frecuentes son aquellos que tienen la finalidad de clarificar y completar los contenidos conceptuales:

- El procedimiento denominado “transformación e interpretación de datos” (A9) se corresponde principalmente con la interpretación y elaboración de tablas y gráficas, instrumentos que suelen incorporarse a los libros de texto como clarificación de la información conceptual o como ampliación de datos de esta misma naturaleza. Aunque se trata de procesos directamente relacionados con la actividad científica, el contexto en el que se suelen presentar dista mucho de la intencionalidad que a nuestro juicio deberían tener como técnicas que ayudan a sintetizar y representar la información obtenida a través de experiencias o investigaciones dirigidas por el profesor o diseñadas más o menos autónomamente por los estudiantes (trabajos prácticos o problemas de genética, por ejemplo). En todo caso, hay que valorar positivamente que los libros incluyan este tipo de procedimientos, aunque, como hemos comprobado en el capítulo anterior, ello no significa que el alumnado llegue a dominar las estrategias que requieren su utilización; fundamentalmente porque no se sigue un proceso lógico en su enseñanza, ya que la finalidad con la que se incluyen en el libro de texto es más conceptual que procedimental.
- En la misma línea que el procedimiento anterior, las “tareas de análisis de datos” (A10) están orientadas a la realización de cálculos numéricos en los que se aplican algoritmos conocidos por el alumno (proporciones, porcentajes, reglas de tres...), y a la extrapolación de conclusiones sobre los resultados obtenidos (comparar los datos de una gráfica; calcular el tamaño de una célula observada al microscopio), o sobre los que se presentan en forma de tablas y/o gráficas. Básicamente, se trata de problemas cerrados, muy alejados de las actuales propuestas de la Didáctica de las Ciencias, relacionados con el análisis de

información muy ligada a situaciones dirigidas de aplicación o ampliación de los contenidos conceptuales, por lo que difícilmente pueden servir para que los estudiantes elaboren sus propias estrategias de recogida e interpretación de datos obtenidos a raíz de un diseño experimental, procesos que habría que potenciar.

- Finalmente, el procedimiento “análisis de material escrito” (C1) se encuentra muy presente en las actividades de los libros de texto, sobre todo porque entre las numerosas tareas de lápiz y papel que incluyen, algunas demandan al alumnado que infiera una serie de ideas, consecuencias o conclusiones, en algunos casos fácilmente accesibles en el propio texto, y en otros a partir de lecturas complementarias. Son mucho más escasas las actividades ligadas a trabajos prácticos relativamente abiertos que requieran utilizar otras fuentes bibliográficas; procedimiento que habría que ir incorporando paulatinamente en esta etapa, especialmente por la facilidad que tienen los estudiantes para acceder a la información, mediante el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación; destrezas, técnicas y estrategias que son necesarias en jóvenes que viven en una sociedad “mediática” como la actual.

Otros procedimientos necesarios para el aprendizaje significativo de determinados conceptos y de técnicas y destrezas instrumentales o relacionadas con la búsqueda y utilización de la información, se incorporan esporádicamente:

- Procedimientos como “utilización de diversas fuentes” (C2), “observación” (A5), “manejo de material y realización de montajes” (B1), “técnicas de investigación” (A8) y “elaboración de conclusiones” (A12), tienen una presencia irregular en las diferentes actividades de los libros de texto; aparecen más en unas editoriales que en otras, y no se les concede una importancia comparable a habilidades más “instrumentales”, como las anteriormente comentadas.

En general, estos procedimientos están muy vinculados a contenidos específicos que consideramos esenciales para favorecer la comprensión de determinados contenidos conceptuales, pero muy especialmente para la adquisición de destrezas relacionadas con el uso de instrumentos o aparatos, como pueden ser el microscopio, la lupa binocular o la brújula, y de técnicas como la observación de muestras o la disección. También, otros procedimientos que constituyen una serie de técnicas y destrezas destinadas a la búsqueda o síntesis de información (consultas en internet o en bibliotecas, encuestas, informes...) y a la obtención de conclusiones tras la lectura de un texto o tras realizar un trabajo práctico.

- En menor medida encontramos procedimientos vinculados a actividades prácticas, como la “medición” (A6) y la elaboración de materiales escritos de forma autónoma para profundizar en las técnicas de la comunicación (C3).

Los procedimientos para la planificación, desarrollo autónomo y análisis de actividades de investigación tienen una presencia irrelevante:

- Como ya hemos señalado, la escasa atención que prestan los libros de texto a las actividades relacionadas con el trabajo práctico, y el enfoque que siguen la mayoría de ellas (bajo nivel de indagación por parte de los estudiantes), determina que procedimientos como la identificación de problemas (A1), la

formulación de hipótesis o predicciones (A2), la identificación de variables y el establecimiento de relaciones entre ellas (A3) y el diseño experimental (A4), relacionados muy directamente con una de las finalidades que señala el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (conocer y utilizar algunos de los métodos habituales de la actividad científica), pasen desapercibidos para los estudiantes a lo largo de dicha etapa. Aunque, por la naturaleza de estos procedimientos, cabría pensar que el tipo de actividades a través de las cuales podrían fomentarse deberían ser propuestas por el profesor más que por el libro de texto, la realidad nos permite afirmar que, en la mayoría de los casos, o van incluidas en el texto o no se hacen.

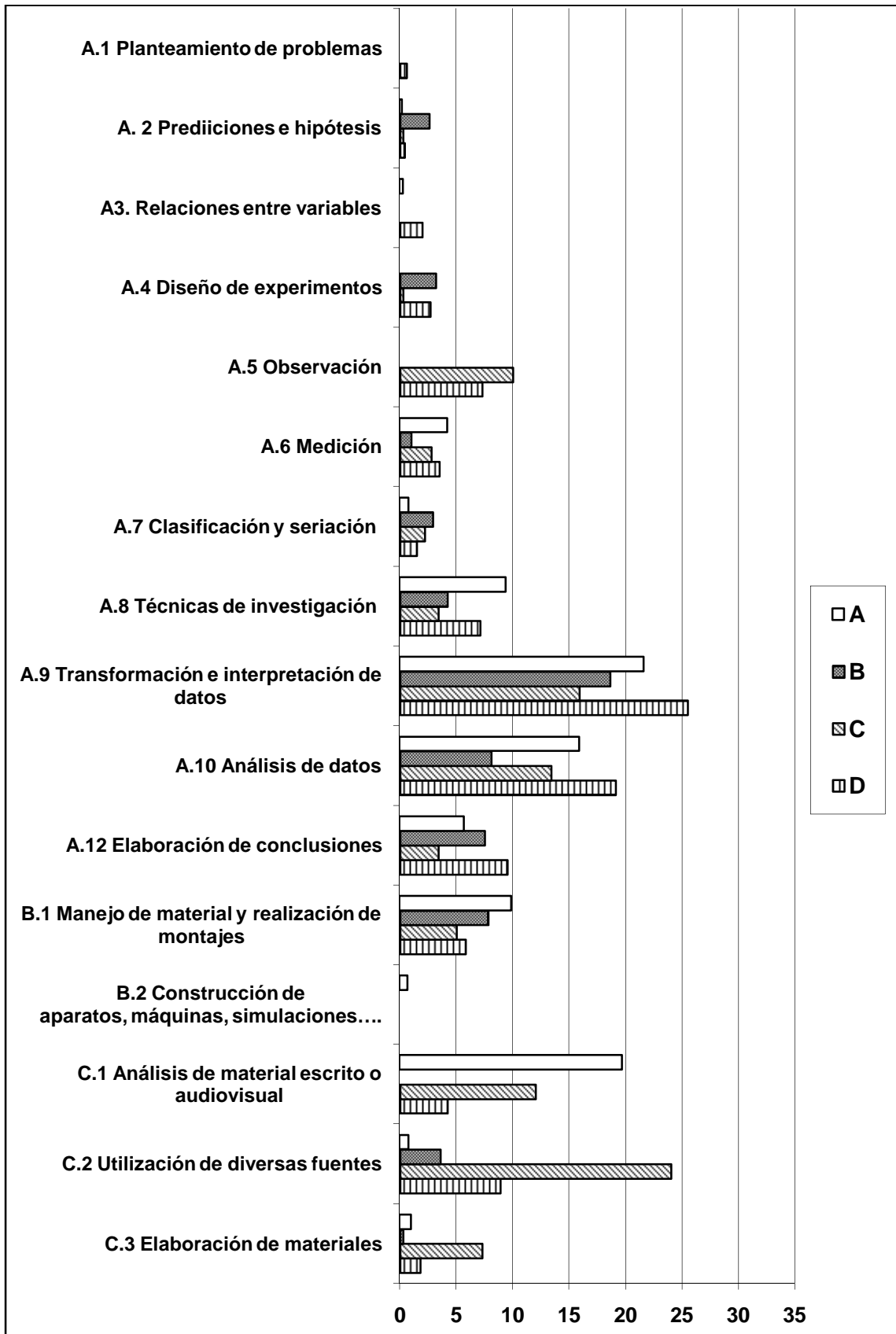
- Menos sentido tiene que procedimientos como la clasificación y seriación (A7), la construcción de aparatos o máquinas y el uso de la simulación (B2), ...no se potencien en la ESO, ya que además de ser necesarios para el desarrollo del pensamiento lógico y de destrezas manuales, pueden contribuir en gran medida al aprendizaje de conceptos básicos de las Ciencias de la Naturaleza (como es el caso de las clasificaciones relacionadas con plantas, animales o rocas y minerales) y a valorar las vinculaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.

Al analizar pormenorizadamente estos datos, que representan globalmente, la tendencia mayoritaria en los libros de texto consultados, se encuentran algunas diferencias por editoriales, lo que nos puede ayudar, como veremos más adelante, a intentar caracterizarlas según su contribución al aprendizaje de los contenidos procedimentales que propone el currículo de la ESO.

Así, como se desprende de la gráfica 6.4, la editorial D es la que, en términos relativos, presenta más actividades relacionadas con las habilidades de planificación, desarrollo de investigaciones y utilización de diversas fuentes bibliográficas; circunstancia que, añadida al porcentaje relativamente elevado de otras destrezas y técnicas, pone de manifiesto una mayor tendencia a potenciar contenidos procedimentales relacionados con la metodología científica y con la interpretación/comunicación de la información.

La editorial A, que en principio es la que mayor número de actividades orientadas al aprendizaje de contenidos procedimentales incluye, se concentra más en aquellos que tienen un carácter instrumental (transformación e interpretación de datos, análisis de material escrito, cálculos numéricos, manejo de material y realización de montajes, técnicas de investigación, observación...) que en los propiamente relacionados con las fases o etapas de la investigación. Es decir, se potencia la actividad práctica del alumnado pero no se fomenta el desarrollo equilibrado de los diferentes procesos científicos.

Finalmente, las editoriales B y C, consecuentemente con la escasa atención que prestan a los trabajos prácticos, están poco orientadas al aprendizaje de procedimientos, ocupándose principalmente de aquellos que se aplican en actividades de lápiz y papel (análisis de material escrito y utilización de fuentes de información, transformación e interpretación de datos), que no resultan tan relevantes para la formación científica de los estudiantes.



Gráfica 6.4. Contenidos procedimentales que contribuyen a desarrollar las diferentes editoriales

En resumen, nuestros datos indican que no existe una decidida intención por parte de los libros de texto para diseñar y proponer actividades que favorezcan el desarrollo de cada uno de los procedimientos por separado y mucho menos la utilización conjunta de varios de ellos, desde el momento en que, salvo algunas excepciones de editoriales concretas, y sólo minoritariamente, utilizan este tipo de contenidos como subsidiario del aprendizaje de conceptos. Por lo tanto, podemos afirmar que no es posible llevar a la práctica la propuesta de contenidos procedimentales que hace el currículo de la ESO si la enseñanza de los profesores se identifica con el libro de texto, como señala la investigación educativa.

6.3. SECUENCIA DE ACTIVIDADES Y DE PROCEDIMIENTOS A LO LARGO DE LA ESO

La Enseñanza Secundaria Obligatoria es una etapa educativa cuyos objetivos se han de alcanzar tras cuatro años de aprendizajes, en los que los contenidos –también los procedimentales- deben desarrollarse en función de la maduración de las capacidades de los alumnos; por tanto, su complejidad debería ir aumentando progresivamente, así como la autonomía con la que los estudiantes aborden las actividades para su aprendizaje.

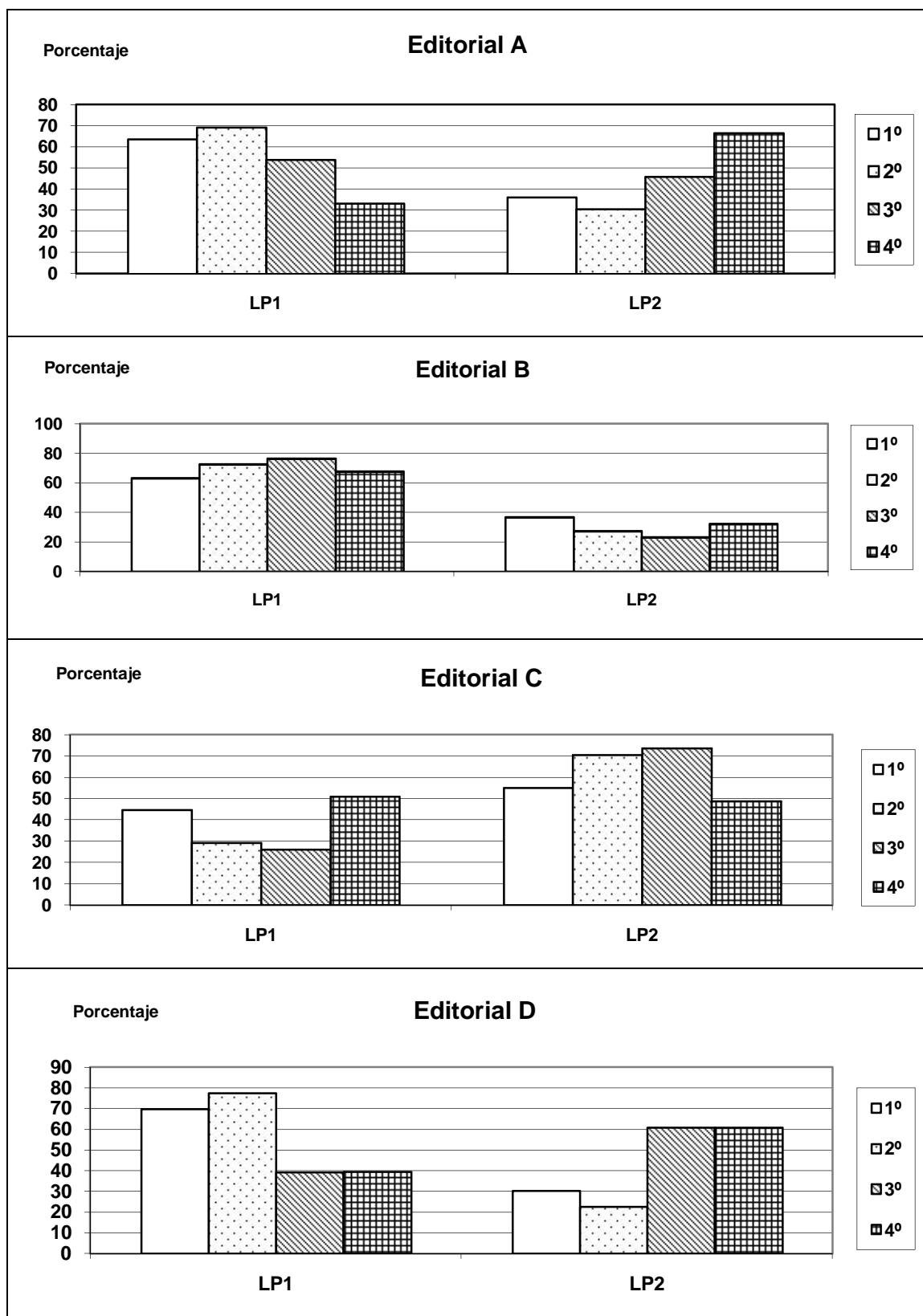
Para ello los libros de texto deberían ofrecer propuestas en las que se tengan en cuenta los criterios de secuencia que se sugieren tanto desde el currículo de la etapa como desde la Didáctica de las Ciencias. A pesar de la dificultad de esta cuestión, desde ambos ámbitos se ofrecen criterios que se fundamentan en los actuales conocimientos de la psicología, la pedagogía, la epistemología o la investigación y, por tanto, tienen el aval suficiente como para constituir una referencia fundamentada de la planificación y secuencia de contenidos procedimentales que realicen los libros de texto y los profesores de Ciencias de la Naturaleza.

Como consecuencia de ello, además de analizar la diversidad de actividades y tipos de contenidos implicados en su desarrollo, nuestro estudio ha tratado de identificar si los criterios que utilizan las distintas editoriales a la hora de establecer su secuencia, garantizan que el aprendizaje de los mismos se lleve a cabo de una forma lógica.

a) Secuencia que siguen los tipos de actividades que incluyen los libros de texto

De las gráficas que presentamos en el cuadro 6.3, en la que se muestran los porcentajes de las actividades LP₁ y LP₂ respecto al total de este grupo, que hemos denominado de ámbito conceptual, se desprende que, en general, no existe un claro aumento de las actividades que exigen un mayor nivel cognitivo, dando a entender que la edad del alumnado y la complejidad de los temas, que lógicamente son mayores en los cursos superiores, no lo requieren.

Algo similar ocurre en relación con las actividades más orientadas al ámbito procedimental (cuadros 6.4 y 6.5). Independientemente de su número en las diferentes editoriales, no aumentan desde las más teóricas (LP3) a las más prácticas (TP), ni dentro de estas últimas de las de menor nivel de autonomía y de indagación a las más abiertas y relacionadas con la investigación o la resolución de problemas.



Cuadro 6.3. Secuencia de las actividades LP_1 y LP_2 a lo largo de la ESO (% respecto al total de actividades de ámbito conceptual de cada curso)

Los resultados obtenidos indican que, en líneas generales, los libros de texto no siguen criterios definidos para secuenciar las actividades, resultando muy difícil identificar la

intencionalidad de los autores al distribuirlas en los diferentes temas y niveles. En términos absolutos no se observa progresión en ninguno de los tipos de actividades como formulábamos en la subhipótesis 2.2.

Decimos que esta falta de criterio se da con carácter general, aunque es posible intuir algunas aproximaciones a una secuencia razonable, tal vez accidentalmente (por ejemplo, debido a la naturaleza de los temas que incluyen), en editoriales concretas.

En este sentido, al margen de alguna contradicción, podemos observar cierta coherencia en el carácter progresivo de las actividades de lápiz papel del ámbito conceptual en las editoriales A y D, como muestra el cuadro 6.3. Es decir, en los últimos cursos de ESO, las tareas que deben realizar los estudiantes son más complejas.

Progresión que también se puede apreciar en las editoriales A, B y D en relación con las actividades de lápiz y papel (LP₃): aquellas que requieren desarrollar algunos procedimientos, que implican la elaboración e interpretación de tablas y gráficas, análisis de experiencias, obtención de conclusiones, etc.. Sin embargo, esta progresión no se advierte en los trabajos prácticos, tal y como se desprende de los resultados que presentamos en el cuadro 6.4. Resulta paradójico, también, que ninguna de las editoriales favorezca que el alumnado del 2º ciclo de ESO tenga más oportunidades de realizar trabajos prácticos que los del primer ciclo.

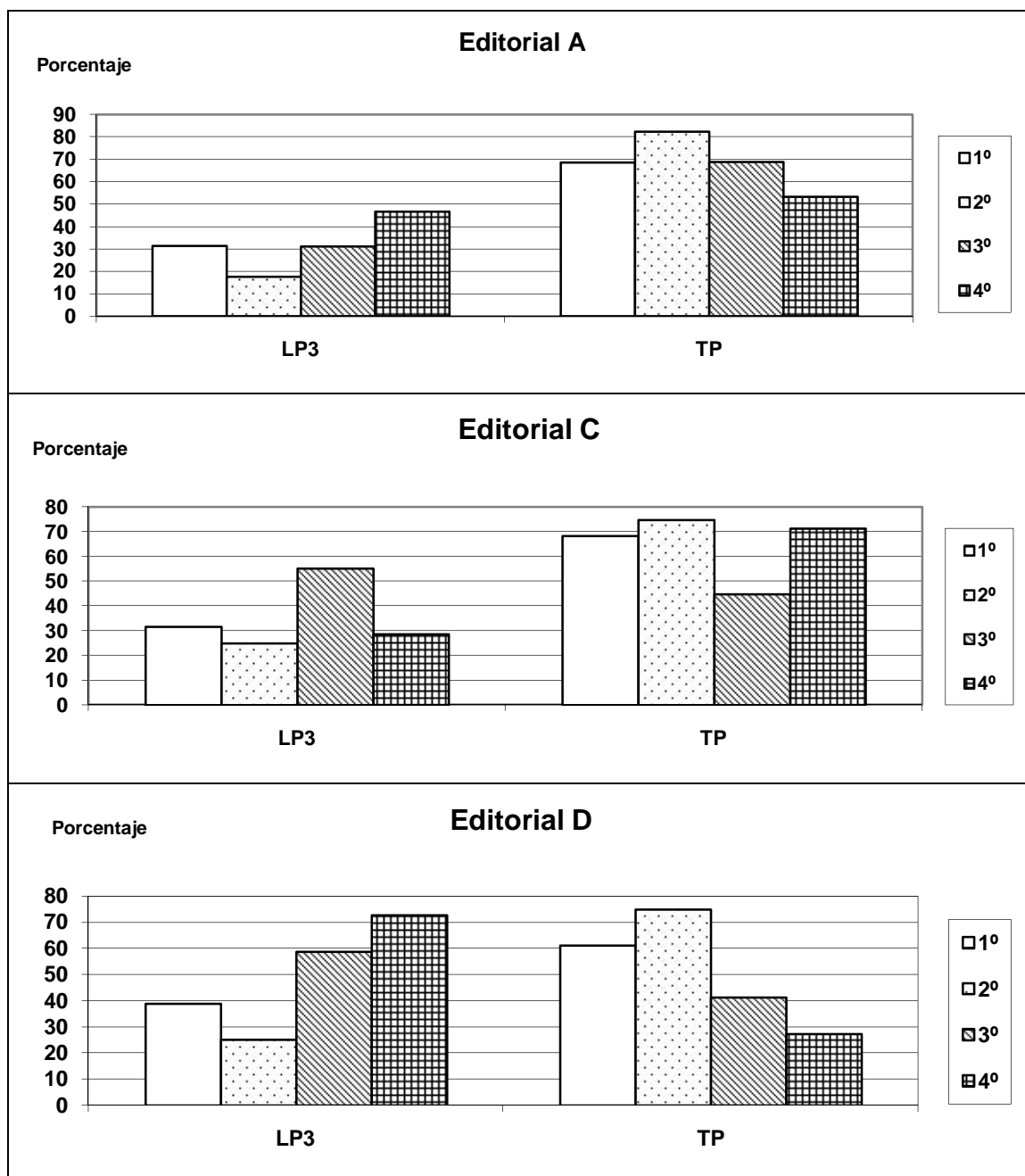
Finalmente, y por lo que respecta a los diferentes tipos de trabajos prácticos, tampoco encontramos ninguna editorial que siga un planteamiento coherente (cuadro 6.5):

- Los trabajos de nivel 0, que son actividades que proporcionan experiencia sensorial y manipulativa al alumnado para acceder a un conocimiento conceptual relativamente complejo, deberían tener más presencia en los primeros niveles y disminuir progresivamente en los siguientes; sin embargo, sólo en la editorial D y en cierto modo en la B representan un porcentaje mayor en 1º ciclo que en el segundo.
- De forma similar, también cabría esperar que la proporción de trabajos prácticos más guiados (TP₁) fuera disminuyendo de 1º a 4º curso, pero en ninguna editorial se aprecia que esto sea así.
- Únicamente existe estabilidad o cierta progresión en relación con los trabajos prácticos de nivel 2 (especialmente en las editoriales B, C y D), que como dijimos, se caracterizan porque aunque los problemas o situaciones vienen seleccionadas en el libro de texto, hay una participación activa de los estudiantes en su ejecución e interpretación.
- Los trabajos prácticos que requieren mayor grado de autonomía e indagación por parte de los estudiantes (TP₃ y TP₄) sólo están presentes en la editorial D con una única actividad de cada uno de ellos en 4º de ESO.

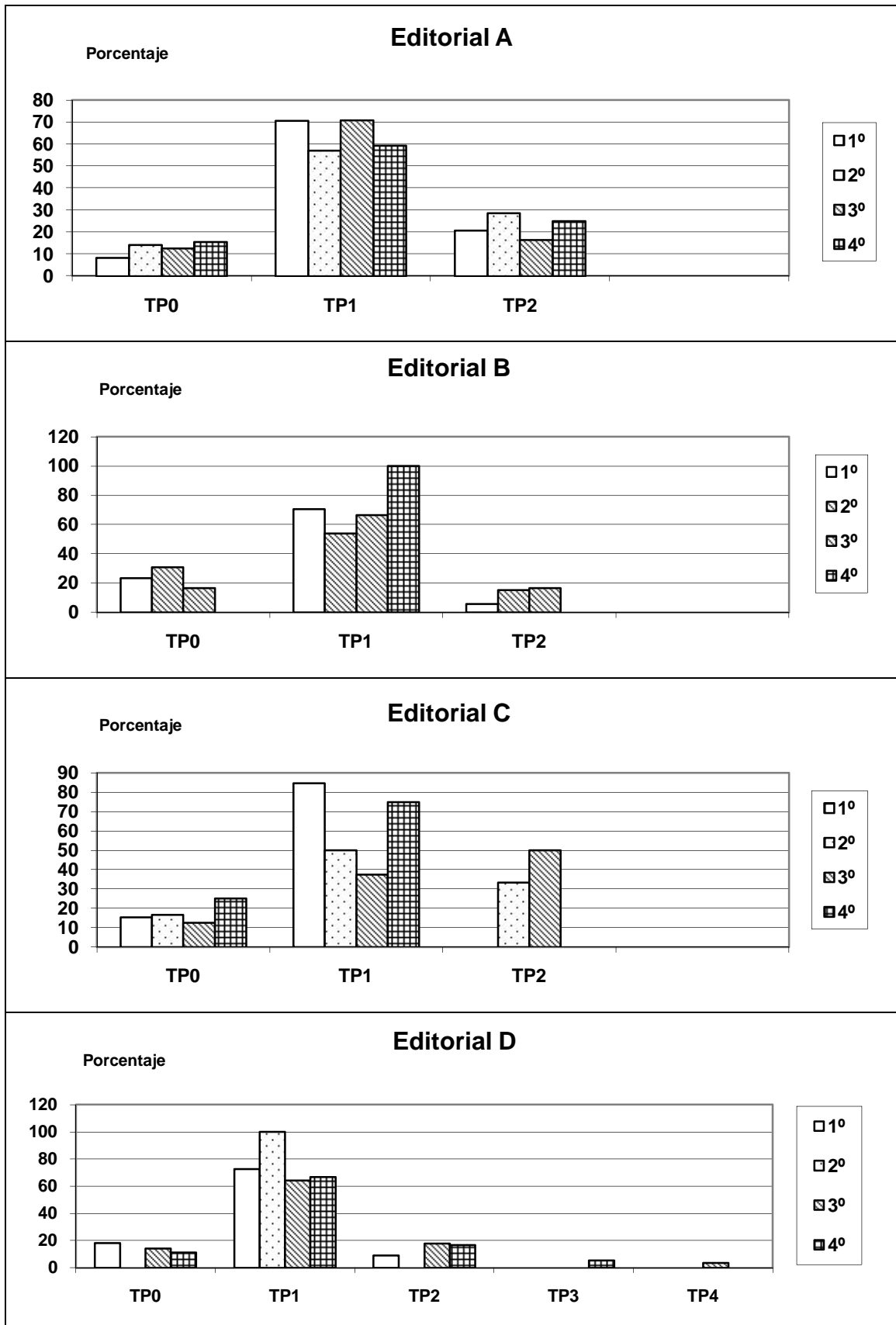
En resumen:

- Las actividades orientadas al campo conceptual más complejas (LP2) no predominan en los últimos cursos.

- Las que tienen como referencia la actividad científica (LP₃) y los trabajos prácticos son más numerosas en el 1° ciclo que en el 2°. No se observa un aumento de los trabajos prácticos de mayor complejidad, apertura y nivel de indagación conforme se avanza en la etapa.



Cuadro 6.4. Distribución por cursos de las actividades LP₃ y trabajos prácticos (% respecto al total de actividades del ámbito procedimental de cada curso)



Cuadro 6.5. Distribución por cursos de los tipos de trabajos prácticos. (% respecto al total de trabajos prácticos de cada curso)

b) Secuencia de los contenidos procedimentales en los libros de texto

En la tabla 6.5 presentamos el porcentaje de tareas en las que los estudiantes deben de utilizar los distintos contenidos procedimentales que se incluyen tanto en las actividades de lápiz y papel como en los trabajos prácticos. Hemos agrupado las tareas por ciclos educativos (1º y 2º ciclo) para poder apreciar mejor las posibles tendencias en su distribución.

De los datos de la tabla, solamente encontramos cierta progresión, con carácter general, y no en todas las editoriales, en relación con los siguientes procedimientos:

- Los procedimientos relacionados con la planificación de la investigación (A1, A2, A3, A4) tienen mayor presencia en el segundo ciclo de ESO en la editorial A y en la D.

	EDITORIAL A		EDITORIAL B		EDITORIAL C		EDITORIAL D	
	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º
A.1. Identificación de problemas								0.8
A.2. Predicciones e hipótesis		0.2	5.6	1.0		0.4		0.5
A.3. Relaciones entre variables		0.5					1.5	2.1
A.4. Diseños experimentales			6.5	1.5	0.8			3.1
A.5. Observación explícita	13.6	8.4	9.3	2.5	13.4	8.2	12.1	6.5
A.6. Medición	4.1	4.2	1.9	0.5	2.4	3.0	7.6	2.8
A.7. Clasificación y seriación	1.8	0.5	8.4		4.7	0.9	9.1	0.3
A.8. Técnicas de investigación	8.9	9.6	3.7	4.5	5.5	2.2	9.1	6.7
A.9. Transformación e interpretación de datos	16.0	23.8	12.1	22.0	14.2	16.9	33.3	24.2
A.10. Análisis de datos	16.0	15.8	7.5	8.5	14.2	13.0	12.1	20.3
A.12. Elaboración de conclusiones	4.1	6.3	6.5	8.0	3.1	3.5	4.5	10.4
B.1. Manejo de material y realización de montajes	10.6	9.6	21.5	0.5	3.9	5.6	7.6	5.4
B.2. Construcción de aparatos, máquinas...		0.9						
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual	21.9	18.9	7.5	50.0	12.6	11.7		4.9
C.2. Utilización de diversas fuentes	1.8	0.5	8.4	1.0	17.3	27.7	3.0	9.9
C.3. Elaboración de materiales	1.2	0.9	0.9		7.9	6.9		2.1
TOTAL	169	429	107	200	127	231	66	385

Tabla 6.5. Distribución por ciclos (1º y 2º) de los contenidos procedimentales (en %)

- La observación (A5), la medición (A6) y las técnicas de investigación (A7), que suponen la adquisición de técnicas básicas para aplicar en los trabajos prácticos, se dejan fundamentalmente para el segundo ciclo en las editoriales A y D, sin que pueda afirmarse que sean de mayor complejidad, como cabría esperar. Es decir sólo están sujetos a las peculiaridades de los temas en los cuales se incluyen, lo que

parece confirmar que consideran estos contenidos procedimentales más adecuados en este nivel. En las editoriales C y D no se aprecia alguna tendencia en relación con ambos ciclos.

- Las técnicas de investigación (A8), excepto en la editorial C, son más frecuentes en el segundo ciclo ya que, además de que el número de trabajos prácticos es mayor en este ciclo, la utilización de técnicas de investigación requiere el manejo de aparatos e instrumentos más complejos, como el uso del microscopio, o los materiales para la disección.
- En cuanto a los procedimientos relacionados fundamentalmente con la elaboración e interpretación de tablas y gráficas, como son la transformación e interpretación de datos (A9) y el análisis de datos (A10), en todas las editoriales su número es mucho mayor en el 2º ciclo, siendo los contenidos procedimentales más frecuentes. A pesar de ello, comprobamos en el capítulo anterior que una proporción elevada de los alumnos que han acabado los estudios de esta etapa no han adquirido suficientemente las capacidades que les permiten poder elaborar e interpretar estas formas de representación numérica. La causa de ello puede relacionarse con el hecho de que en nuestro análisis hemos comprobado que las tablas y gráficas no son objeto de una enseñanza intencionada en ninguna de las editoriales; es decir, no se proponen, en general, aumentando progresivamente la dificultad en cuanto al número y tipo de variables o los datos que contienen pues esa dificultad está más relacionada con la de los contenidos conceptuales implicados en función del tema estudiado.
- La elaboración de conclusiones (A12) también está más presente en todas las editoriales en el 2º ciclo, sobre todo en las editoriales A y D, ya que suele ser una tarea que se propone en relación con tablas y gráficas y en los trabajos prácticos.
- Las destrezas manuales, como el manejo de material y la realización de montajes (B1) tienen también mayor presencia en el 2º ciclo, excepto en la editorial B; en cuanto a la construcción de aparatos, máquinas... (B2) su ausencia total en las editoriales B, C y D y su escasa presencia en la editorial A nos indican que los libros de texto no tiene en cuenta la dimensión tecnológica en la construcción del conocimiento científico, como un componente del aprendizaje de los estudiantes, cuestión a la que el currículo concede gran importancia.
- Las habilidades de comunicación (C) presentan una distribución más desigual, ya que la editorial C contiene una elevada proporción de tareas de cada uno de los procedimientos que incluye (análisis de material escrito o audiovisual, utilización de diversas fuentes y elaboración de materiales) sobre todo en 2º ciclo. En la editorial D su presencia es prácticamente inexistente en 1º ciclo; mientras que en las editoriales A y B sólo el primero de los procedimientos tiene un número que puede hacer posible su aprendizaje, siendo también más numerosos en 2º ciclo.

A la vista de los datos que acabamos de comentar, podemos concluir que, en general, los libros de texto no tienen en cuenta los criterios de secuencia que se proponen desde el currículo de la ESO y desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales con respecto a los contenidos procedimentales. Tampoco se aprecia que la distribución de actividades a lo largo de dicha etapa obedezca a algún tipo de intencionalidad por parte de los

autores, más allá del aumento de tareas en las que se utilizan contenidos procedimentales en el 2º ciclo; y a la dificultad o complejidad de los temas que incluye, que justifica que se propongan unas actividades u otras, que a su vez pueden contribuir a promover el aprendizaje y dominio de unos procedimientos u otros.

Como consecuencia de ello, si los profesores no intentan suplir estas carencias, los estudiantes tendrán dificultades para el aprendizaje de la mayoría de estos procedimientos y para su aplicación en las actividades de lápiz y papel o en los trabajos prácticos, consiguiendo sólo una iniciación en los más instrumentales, mientras que su familiarización con la metodología y los procesos que sigue la actividad científica será más bien anecdótica. Es decir, su paso por los diferentes niveles de la Educación Secundaria Obligatoria va a contribuir mucho más al aprendizaje de contenidos conceptuales que al de los procedimentales, incumpléndose de ese modo las prescripciones ministeriales.

6.4. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS EDITORIALES ANALIZADAS

Para completar nuestro estudio, realizaremos un análisis comparativo entre las distintas editoriales, ya que, si bien la información presentada aporta una visión que resalta las deficiencias de las actividades que proponen los libros de texto en general, en algunos casos hemos aludido a diferencias específicas entre ellos.

A pesar de que resulta difícil caracterizar cada una de las editoriales, ya que no se aprecian regularidades destacables, ni en relación con los tipos de actividades, ni con los contenidos procedimentales que éstas pueden contribuir a desarrollar, el análisis conjunto de ambos aspectos permite aproximarnos a una valoración global de las posibilidades que ofrecen cada una de ellas para que los estudiantes de Educación Secundaria adquieran las destrezas, técnicas y habilidades que requiere el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza, para familiarizarse con la metodología de la ciencia y para que adquieran una actitud favorable hacia la actividad científica.

Los datos de la tabla 6.6, en la que entre paréntesis el número total de actividades de cada tipo, nos permiten comparar, para las cuatro editoriales, el número de actividades de cada tipo (LP₁, LP₂, LP₃ y TP), así como la frecuencia con la que contribuyen cada una de ellas a la utilización de los distintos contenidos procedimentales: nos permiten distinguir dos “estilos” en el modo de tratar estos contenidos: editoriales enfocadas principalmente al ámbito conceptual y editoriales que, además, prestan cierta atención, aunque ésta sea sesgada, a algunos tipos de procedimientos:

- En el primer caso, que podemos denominar *textos enciclopédicos* porque nos recuerdan a los libros más tradicionales, se encuentran las editoriales B y C, ya que como hemos señalado anteriormente, contienen fundamentalmente actividades orientadas al ámbito conceptual que, en el caso de promover la utilización de contenidos procedimentales, suelen ser aquellos relacionados con el análisis de datos y, sobre todo, con la comunicación de la información (especialmente en la editorial C). Además, las actividades más enfocadas al aprendizaje de contenidos procedimentales (LP₃ y TP) no llegan a alcanzar el 10% del total, y se concentran, en las primeras de ellas en la transformación e interpretación y en el análisis de datos (A9 y A10), ya que tienen como objetivo la elaboración e interpretación de tablas y gráficas y, en el caso de los trabajos

CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	ACTIVIDADES CONCEPTUALES				ACTIVIDADES PROCEDIMENTALES							
	LP1 Y LP2				LP3				TP			
	A (284)	B (942)	C (859)	D (1178)	A (67)	B (62)	C (31)	D (96)	A (125)	B (37)	C (61)	D (60)
A. Habilidades de investigación												
A.1. Identificación de problemas								1.6				
A.2. Predicciones e hipótesis		0.8				3.9	1.8	0.5	0.3	1.3		0.5
A.3. Relaciones entre variables					1.5			3.8				1.0
A.4. Diseños experimentales						8.7	1.8	5.9		1.3		0.5
A.5. Observación explícita									18.9	19.7	24.3	17.2
A.6 Medición									8.0	4.0	6.8	8.3
A.7. Clasificación y seriación	0.7	7.0	0.6	8.2					1.3		4.7	0.5
A.8. Técnicas de investigación					5.8	4.8		8.1	15.3	10.5	8.1	8.9
A.9. Transformación e interpretación de datos					55.5	46.6	69.6	45.7	16.9	11.8	12.2	15.6
A.10. Análisis de datos	21.6	3.9	11.0	20.5	20.4	17.5	19.6	27.4	11.2	5.3	13.5	10.4
A.12. Elaboración de conclusiones					8.0	14.6		5.9	7.3	10.5	8.1	16.7
B. Destrezas manuales												
B.1. Manejo de material y realización de montajes								0.5	18.9	31.6	12.2	13.0
B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...									1.3			
C. Comunicación												
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual	75.0	78.9	25.3	20.5	5.1	3.9	1.8			3.9	2.0	2.1
C.2. Utilización de diversas fuentes	1.3	8.6	48.7	45.2	2.2		3.6	0.5			6.1	3.1
C.3. Elaboración de materiales	1.3	0.8	14.3	5.5	1.5		1.8		0.6		2.0	2.1
TOTAL CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	148	128	154	73	137	103	56	186	313	76	148	192

Tabla 6.6. Contenidos procedimentales según el tipo de actividad en % (entre paréntesis el número total de actividades)

prácticos, esta atención se centra en aquellos que hemos denominado instrumentales (observación explícita, transformación e interpretación de datos y manejo de material).

Es decir, las actividades que se incluyen en estas editoriales tienen la finalidad de que los estudiantes aprendan los contenidos conceptuales que se ofrece en el texto principal de cada tema o lección, bien sea a través de ejercicios rutinarios (encontrar información del texto para contestar las cuestiones que se proponen), o mediante actividades en las que el alumno tiene que buscar información por su cuenta, analizar información complementaria (tablas, gráficas, cálculos numéricos...); también se proponen algunos trabajos prácticos destinados a comprobar contenidos teóricos, en la mayoría de los casos, de bajo nivel de indagación y con escaso grado de autonomía por parte de los estudiantes.

Por tanto, si el profesor que utiliza estas editoriales no combina el libro de texto con otros tipos de materiales curriculares, que incluyan actividades que proporcionen la aplicación de los contenidos procedimentales que son deficitarios o están ausentes en el libro en cuestión, difícilmente los estudiantes van a poder aprender en el ámbito de los contenidos procedimentales, ya que muchos de estos, sobre todo los relacionados con las habilidades de investigación, no van a ser puestos en práctica, de forma relevante, en ninguno de los niveles de la Educación Secundaria Obligatoria

- El segundo estilo de libro de texto, que podemos llamar *aparentemente práctico* (en el cual se encuentran las editoriales A y D), se caracteriza porque aunque predominan las actividades de lápiz y papel de tipo conceptual –sobre todo en la editorial D-, incluyen una mayor cantidad de actividades enfocadas al ámbito procedimental (LP₃ y TP). Además, presta mayor atención al desarrollo de habilidades y destrezas relacionadas con la actividad científica: incremento de tareas de observación más o menos abiertas, medida de determinadas magnitudes utilizando instrumentos adecuados, empleo de técnicas de investigación sencillas, manejo de material e instrumental específico y, aunque en menor medida, la elaboración de conclusiones de forma autónoma. Aunque, como decimos, estilo aparentemente práctico, ya que deja a un lado muchas de las habilidades de investigación y el papel activo que, en estas tareas, deberían desarrollar los estudiantes.

Además de incluir un número apreciable de actividades de lápiz y papel de mayor nivel, especialmente en 2º ciclo, la editorial A es la que más trabajos prácticos propone (tabla 6.2) y, en consecuencia, la que mayor número de contenidos procedimentales pretende desarrollar. Sin embargo, hay un desequilibrio importante entre ellos, pues mientras que algunos son muy frecuentes -A5, A9, A10, B1 y C1 representan el 77,0% del total (598)- los que tienen que ver con la planificación y el desarrollo de una investigación (A1, A2, A3 y A4) apenas están representados (tabla 6.6).

El tipo de actividades que proponen estos libros de texto proporciona cierta seguridad al profesorado que los utiliza, al detallar los pasos a seguir y los materiales que se tienen que utilizar, pero pueden ser difíciles de realizar en los centros si éstos no están bien dotados de material de laboratorio. Si bien, su contribución al aprendizaje de contenidos procedimentales de bajo nivel intelectual es mayor que el de las editoriales B y C, como decíamos, los planteamientos de la editorial A no capacitan a los estudiantes para el desarrollo de procedimientos fundamentales, como son aquellos relacionados con la planificación, desarrollo y análisis de manera más o menos autónoma, de situaciones

problemáticas que, como ya hemos señalados, son necesarios para aprender determinados contenidos conceptuales de forma significativa, pero también para familiarizar al alumnado con la metodología científica.

La editorial D incide algo más en el tipo de contenidos procedimentales que facilitan el aprendizaje de la metodología científica, tanto en las actividades LP₃ –de las que contiene el mayor número de todas las editoriales- como en los trabajos prácticos (tabla 6.6). Además, aunque muchos de los trabajos prácticos siguen el mismo formato que los de la editorial A, en general se diferencian de ellas en la sencillez de los materiales que requiere su realización (no necesariamente de laboratorio) y, aunque en pocos casos, en las posibilidades que dan a los estudiantes para que actúen autónomamente. Por tanto ésta sería la editorial que más contribuiría al desarrollo de contenidos procedimentales de mayor nivel de indagación.

En definitiva, y sin perder de vista que lo ideal sería que los profesores elaboremos nuestros propios materiales de enseñanza, es fundamental que la selección del libro de texto se haga con criterios suficientemente fundamentados, entre los cuales habría que contemplar la atención que prestan al aprendizaje de contenidos procedimentales. Tarea que, como hemos explicado, resulta complicada, habida cuenta de las carencias que presentan las editoriales que han formado parte de nuestro estudio.

6.5. CONCLUSIONES SOBRE LOS TIPOS DE ACTIVIDADES Y DE CONTENIDOS PROCEDIMENTALES QUE PROMUEVEN LOS LIBROS DE TEXTO

Tras la descripción de los resultados que hemos ido presentando podemos concluir que los distintos libros de texto que hemos analizado no favorecen el aprendizaje de manera equilibrada de la mayoría de los contenidos procedimentales que propone el currículo de dicha etapa. Las actividades que incluyen están orientadas fundamentalmente al aprendizaje de conceptos; incluso aquellas que siguen el formato de los trabajos prácticos, aunque pueden ayudar a desarrollar algunas de las destrezas y habilidades relacionadas con la metodología científica, no están diseñadas ni secuenciadas para que los estudiantes puedan aprenderlas de manera significativa, y en un plano de igualdad con los principales hechos, principios y teorías científicas.

En general, hemos comprobado que las actividades presentan muchas deficiencias, como la ausencia de una intencionalidad clara para promover aprendizajes procedimentales, la falta de adecuación a la naturaleza de los procedimientos que pueden desarrollar y al alumnado al que se destinan y, lo que nos parece aún más grave, la ausencia de criterios de secuenciación para que los estudiantes puedan adquirirlos progresivamente.

Esta situación puede explicar, como hemos mostrado en el capítulo anterior, los escasos aprendizajes de los estudiantes en relación con los procedimientos objeto de nuestra investigación: elaboración e interpretación de tablas y gráficas (transformación e interpretación de datos A9 y A10) y planificación, desarrollo e interpretación de situaciones de investigación o de resolución de problemas (identificación de problemas A1, predicciones e hipótesis A2, relaciones entre variables A3, diseños experimentales A4, elaboración de conclusiones A12).

En cuanto a las tablas y gráficas, que son muy frecuentes en los libros de texto de todas las editoriales y niveles, pensamos que están más orientadas a completar la información teórica y conceptual que a facilitar al alumnado las destrezas y habilidades necesarias para su dominio como procedimiento en sí mismo que forma parte de la cultura científica. En general, lo que se demanda del alumnado es mucho más la interpretación que la elaboración, y se presta poca atención a la progresión que debería existir a lo largo de la ESO en aspectos como la utilización de mayor número de variables, la diversidad de tipos de gráficas, tareas de extrapolación e interpolación de datos, etc. Por otro lado, el contexto en el que se presentan es fundamentalmente teórico, siendo muy escasas las situaciones en las que se pide a los estudiantes que elaboren este tipo de instrumentos para representar los datos resultantes de un diseño experimental.

Como consecuencia de esta falta de criterio, podemos afirmar que los libros de texto “hurtan” al alumnado la posibilidad de familiarizarse con uno de los más importantes medios del lenguaje científico, tal y como han señalado autores como Latour (1992), Roth y Bowen (2001) o Lemke (2002), y absolutamente necesario en la sociedad de la información (Postigo y Pozo, 2000).

Los libros de texto prestan todavía menos atención a los procedimientos para la planificación y diseño de investigaciones, dando la impresión de que la ciencia tiene un carácter fundamentalmente teórico, o a lo sumo de reproducción en la práctica de los principios y teorías científicas. El escaso número de tareas en las que los estudiantes tienen que plantearse un problema, formular hipótesis, diseñar una experiencia para comprobarlas o extraer conclusiones de los resultados obtenidos, pone de manifiesto la poca importancia que los libros de texto conceden a este tipo de habilidades, que desde el ámbito de la Didáctica de las Ciencias y desde el propio currículo de la ESO, se consideran esenciales para que los estudiantes tengan una visión ajustada de lo que actualmente se considera que es la naturaleza de la ciencia y para que se familiaricen con la metodología característica de este ámbito de conocimientos.

El hecho de que no existan diferencias relevantes entre editoriales que tienen una gran difusión entre el profesorado de Ciencias de la Naturaleza, indica que la mayoría de los estudiantes de la Educación Secundaria Obligatoria carecen de suficientes oportunidades para aprender los contenidos procedimentales, y nos debe servir para reflexionar sobre la necesidad de que los libros de texto cumplan las recomendaciones curriculares (es una responsabilidad de las administraciones educativas hacer que esto ocurra) y sobre la importancia de que los profesores elaborem nuestros propios materiales de enseñanza desde una reflexión fundamentada que tenga en cuenta, entre otros factores, las prescripciones curriculares, las recomendaciones que se hacen desde la Didáctica de las Ciencias y las características del alumnado al que se destinan.

En definitiva, las actividades de los libros de texto no van a favorecer, como expresábamos en la hipótesis de partida, el aprendizaje de los contenidos procedimentales que propone el currículo de la ESO, ya que no tienen en cuenta los criterios de secuencia que se sugieren desde éste y desde la Didáctica de las Ciencias, puesto que, como señalamos en el capítulo 2, “como en los contenidos conceptuales, los procedimientos objeto de enseñanza deben secuenciarse convenientemente”; también que “los procedimientos no se aprenden por casualidad”, aunque los libros de texto los incluyan con relativa frecuencia, como ocurre con la transformación e interpretación de

datos (A9) y el análisis de datos (A10), procedimientos que hay que aplicar en actividades que incluyen tablas y gráficas.

Algunos de nuestros resultados coinciden, en líneas generales, con los obtenidos en trabajos de investigación llevados a cabo con similar finalidad, al señalar que las actividades prácticas representan una proporción irrelevante en comparación con las de lápiz y papel enfocadas al aprendizaje de los contenidos conceptuales, y al poner de manifiesto que dichos trabajos prácticos requieren un bajo nivel de indagación para el alumno y fomentan el desarrollo de destrezas manuales, más que el de capacidades superiores como la formulación de hipótesis y el diseño y desarrollo de habilidades de investigación.

En relación con el tipo de actividades, coincidimos con Bastida y otros (1990) o Roca (2005), en que los libros de texto incluyen sobre todo actividades “reproductivas” que solamente exigen del estudiante buscar la respuesta en el texto y copiarla (las que en nuestro caso hemos denominado LP₁) y, en menor medida, aquellas en las que tienen que utilizar los conocimientos teóricos que se desprenden del texto o complementar la teoría (LP₂), mientras que los trabajos prácticos tienen un carácter anecdótico (Nieda, 1994) o, a lo sumo, están más enfocados a reforzar o ampliar el ámbito conceptual que el procedimental (Martínez y García, 2003).

Esta falta de atención al desarrollo de contenidos procedimentales por parte de los libros de texto, se agrava al analizar los que suelen estar implicados en los escasos trabajos prácticos que se proponen, ya que, como hemos visto y coinciden en señalar Bastida y otros (1990) o Martínez y García (2003), predominan aquellos que fomentan la comunicación y organización de la información, o la recogida de datos derivada de la observación; es decir, están centrados en lo que ellos llaman la “descripción simple” y, sin embargo, apenas si se utilizan procedimientos de planificación y obtención de conclusiones, en los que se fomente el establecimiento de relaciones.

De ahí que en los libros de texto sean mayoría, como hemos podido comprobar a partir de nuestro análisis, los tipos de trabajos prácticos de bajo nivel de indagación (TP₀, TP₁, TP₂), en una proporción muy parecida a la obtenida por Tamir (1989) al analizar los manuales norteamericanos BSCS (Biological Sciences Curriculum Studies) y PSSC (Physical Science Study Committee), y prácticamente no se encuentren aquellos en los que se conceda importancia al papel de los estudiantes en la selección de los problemas, la planificación, la ejecución y el análisis de los mismos (TP₄ y TP₅), dando la sensación, como indican Bastida y otros (1990), de que el conocimiento no es problemático y que es posible alcanzarlo mediante simples observaciones o manipulaciones; circunstancia que contribuye a reproducir una imagen empirista de la ciencia que tanto se ha criticado desde la Didáctica de las Ciencias.

La mayoría de las investigaciones que han analizado los tipos de actividades que incluyen los libros de texto, concluyen, en términos generales, que no suelen recoger de forma equilibrada las propuestas curriculares, y que existe una tendencia a promover procedimientos de tipo instrumental, más que habilidades de investigación en su conjunto. Resultados que coinciden básicamente con los que acabamos de exponer.

En ese sentido podemos interpretar las investigaciones realizadas por Nieda (1994), Caballer y Oñorbe, (1995) o Fernández y Gavidia (2001), de las cuales se deduce que el

modo de enfocar los trabajos prácticos se corresponde con procedimientos de observación y manipulación de materiales, en actividades tradicionales de demostración de los conocimientos teóricos (experimentos ilustrativos, experiencias...), lo cual indica que la LOGSE tampoco ha contribuido a cambiar dicho enfoque.

Después de estas habilidades y algunas otras como las relacionadas con la organización de la información, el procedimiento que más desarrollan los libros de texto se sitúa en el ámbito de la comunicación, aunque como señalan García y Martínez (2003), en la mayoría de los casos, las tareas del alumnado se limitan a redactar frases cortas para hacer descripciones sencillas, y no, como sería deseable, la elaboración de informes sobre la investigación realizada.

Los procedimientos menos implicados en las actividades que proponen los libros de texto son aquellos relacionados con las fases o etapas de la investigación y resolución de problemas, ya que las actividades no suelen demandar de los estudiantes propuestas abiertas en las que tengan que relacionar los conocimientos teóricos con la práctica, reflexionando y evaluando los resultados (Rivera e Izquierdo, 1996; Fernández y Gavidia, 2001). Es decir, no son trabajos prácticos que requieran planificación, diseño de propuestas, toma de datos, elaboración de informes (Martínez y García, 2003; Roca, 2005; Calvo y Martín, 2005), ni problemas cuya resolución exija aplicar estrategias ligadas a la investigación (Ayuso y otros, 1996; Perales y Martos, 1996).

En consecuencia, tras los análisis de las actividades de los libros de texto, tanto del ámbito conceptual (LP1 y LP2), como del ámbito procedimental (LP3 y TP) podemos concluir, como formulábamos en nuestras subhipótesis 2.1 y 2.2:

- Que las actividades que predominan tienen una finalidad conceptual, frente a las que contribuyen al aprendizaje de contenidos procedimentales.
- Los trabajos prácticos tienen un bajo nivel de indagación por lo que se centran más en promover destrezas y habilidades instrumentales que capacidades relacionadas con procesos de investigación.
- No facilitan el aprendizaje de los contenidos procedimentales, ya que no tienen en cuenta los criterios de secuencia que se sugieren desde el currículo y desde la Didáctica de las Ciencias.

Estas conclusiones quedarían incompletas si no sirvieran para proponer algunos criterios que facilitaran la elaboración de actividades de enseñanza. Aunque en el capítulo anterior mostrábamos algunas ideas para secuenciar la enseñanza de contenidos procedimentales, por medio de escalas que representan niveles crecientes de dificultad en cada uno de los procedimientos estudiados, tras los resultados de este capítulo podemos ampliar esa perspectiva indicando algunas orientaciones prácticas para que las actividades de enseñanza puedan promover aprendizajes más eficaces.

6.6. ORIENTACIONES PARA EL DISEÑO DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA

Como hemos tenido ocasión de comprobar, siguiendo los objetivos que nos propusimos inicialmente, nuestro estudio se ha centrado en conocer qué tipos de actividades

predominan en los libros de texto, en qué medida permiten la aplicación de cada uno de los contenidos procedimentales y cómo se secuencian a lo largo de la ESO. Sin embargo, aunque no hemos analizado cuantitativamente otras características de las actividades que facilitan o dificultan el aprendizaje de los contenidos procedimentales, podemos señalar algunas ideas para su mejora:

Respecto a las actividades del ámbito conceptual (LP₁ y LP₂)

- Se deberían formular de forma que no dirijan las respuestas hacia la búsqueda en el texto de la frase que parezca más adecuada:

Aunque la redacción de cualquier actividad de lápiz y papel debe orientar la respuesta, de forma que el alumno seleccione la información necesaria y articule el razonamiento que permita encontrar la solución, muchas de las actividades de los libros de texto analizados son LP₁, es decir, se ciñen en su texto a palabras o frases del libro a las que hace referencia la actividad, con lo que el alumno se limita a buscar en él la frase que crea relacionada con la pregunta que se formula para copiarla.

Por ejemplo, se pregunta: “*¿En qué condiciones, un ecosistema alcanzaría y permanecería en la etapa de clímax? ¿Esto es posible? Razona la respuesta*” (editorial B, 4º ESO, página 131, actividad 4). Esa respuesta se puede encontrar, sin necesidad de razonar, a 1 cm de la actividad. O, “*¿Cómo son los vasos conductores de los helechos?*” (editorial D, 2º ESO, página 45, actividad 8). En esta actividad el alumno sólo tiene que leer el texto y encontrará lo siguiente: “*Los helechos...poseen raíz, tallo y hojas más desarrolladas que los musgos, y sus vasos conductores se encuentran lignificados*”; cuando el texto se refiere a los musgos, indica que “*como sus vasos conductores no están lignificados (en ningún momento se dice en qué consiste esa lignificación y para qué sirve) son plantas con dureza y consistencia mucho menor que las del resto de los vegetales y, por lo tanto, son incapaces de mantenerse erguidas por lo que suelen ser de pequeño tamaño y se desarrollan a ras del suelo*”. Si la pregunta hubiera sido, por ejemplo: “*¿Por qué los helechos pueden alcanzar alturas de hasta varios metros?*”, el alumno tendría que relacionar esa característica de los vasos conductores en comparación con los musgos y elaborar una respuesta en la que se desarrollen capacidades intelectuales de mayor nivel.

- Se debería evitar un lenguaje abstracto y ambiguo:

Así, por ejemplo, se puede leer: “*¿Qué diferencias existen entre un cromosoma con dos cromátidas o con una sola?*” “*¿Qué repercusiones biológicas presentan?*” (Editorial D, 3º ESO, página 80). Si bien, sobre la primera cuestión se puede encontrar en el texto esas diferencias, sobre la segunda el alumno no podrá relacionar esta expresión con algún contenido del tema. Una situación similar sucede cuando se pregunta: “*Un verano seco, ¿a qué grupo de seres vivos y de qué medio afectará más y por qué?*” (Editorial C, 3º ESO, página 39, actividad 20).

Además, el texto de algunas actividades es tan ambiguo que no se reconocen sus objetivos como sucede cuando se pregunta, “*¿Qué ocurre con los elementos*

químicos que van en disolución en el agua formando la savia bruta?” (Editorial A, 2º ESO, página 210 actividad 2), cuando en el texto no se da ninguna orientación y no se refiere a la nutrición de las plantas sino a las propiedades químicas del suelo: *“los suelos tienen en su composición determinados elementos, tales como el calcio, el potasio, el sodio, el hidrógeno y algunos metales. La presencia de estos elementos en el suelo es muy importante porque son necesarios para las plantas. Las sales y elementos incorporados por las plantas, junto con el agua, forman la savia bruta”*. En el mejor de los casos el alumno no tendrá otra posibilidad que limitarse a copiar este texto.

- Las actividades deben tener un nivel de concreción adecuado:

A veces el texto es demasiado corto y por lo tanto, o se refieren a una información muy concreta que se identifica fácilmente o, en caso contrario, su formulación es demasiado general. Así, hay preguntas en las que el alumno puede responder con una frase genérica para “salir del paso”, por ejemplo: *“¿Qué medidas se podrían tomar para reducir la contaminación que produce la industria?”* (Editorial C, 3º ESO, página 166, actividad 37); si el profesor no tiene un papel activo induciendo sus respuestas se puede limitar a copiar la información que esté en el texto o contestar con una tautología.

Otras veces el objetivo de la actividad es demasiado ambicioso, como cuando se pide *“Elabora un resumen sobre el uso de los recursos petrológicos en nuestro país”* (Editorial C, 1º ESO, página 102, actividad 24), cuando en el texto apenas hay información sobre el petróleo ni se dan más orientaciones. O, cuando se solicita: *“Elabora un informe con las soluciones que propondrías tú en una reunión internacional de dirigentes políticos convocada para tratar el tema de la regeneración de los bosques”* (Editorial C, 3º ESO, página 175, actividad 61), ya que el alumno probablemente ni sabe lo que es un informe, ni se imagina qué se hace en esas reuniones, ni mucho menos las estrategias para regenerar un bosque. Estas actividades del tipo LP₂, en las que se debe de buscar información y elaborar un resumen o un informe, deberían de plantearse con algunas orientaciones para que los estudiantes puedan desarrollar los distintos aspectos a los que hacen referencia.

Las LP₁ y, sobre todo, las LP₂ deberían referirse a algún hecho científico del que el alumno tenga nociones y sea de su interés y no exclusivamente, como suele ocurrir, a la información del libro de texto, de forma que sirvan para sacar a luz sus ideas alternativas, expongan sus razonamientos y puedan transformarlas.

Respecto a las actividades del ámbito procedimental (LP₃ y TP):

- Las LP₃ deben ampliar sus objetivos de aprendizaje:

En general, las LP₃ se centran casi exclusivamente en la interpretación de gráficas –en menos ocasiones de tablas–, estando prácticamente ausentes las que proponen la elaboración de tablas y gráficas que, desde nuestro punto de vista, deberían ser más frecuentes. Además, debería aumentar también el número de aquellas que propongan el aprendizaje de otros contenidos procedimentales, planteándose a partir del análisis de textos sobre la metodología de una

investigación o la resolución de problemas en los que no sea necesario una actividad práctica.

Tanto esta clase de actividad como los trabajos prácticos deberían proponer tareas que permitan relacionar los contenidos conceptuales y actitudinales implicados, como señala la investigación educativa.

- Los objetivos de los trabajos prácticos deben ser adecuados al curso en el que se proponen:

De esta forma se evita que sean difícilmente realizables y que produzca desinterés en los estudiantes. Por ejemplo, al proponer: *“Tú mismo puedes estudiar el grado de contaminación del aire en diferentes puntos de tu comunidad, identificando los líquenes existentes sobre las rocas, los muros y los troncos de los árboles”*, (Editorial B, 1º ESO, página 163) sin proporcionarles ninguna guía para el trabajo, a no ser que el profesor reconvierta y oriente la actividad.

Una situación similar sucedería cuando se pide, por ejemplo, en la primera práctica de laboratorio que tienen que realizar en 1º ESO, que se utilice el microscopio con objetivo de inmersión para *“Observar bacterias del yogur”*, (Editorial C 1º ESO, página 145); el profesor y los alumnos se sentirán defraudados, al comprobar la dificultad de la experiencia, –en el caso de que el laboratorio escolar tuviera los medios adecuados-. También, cuando en esta misma editorial se les plantea: *“Investiga los cultivos más abundantes de la zona donde vives”* (2º ESO, página 140, actividad 29), sin dar más orientaciones; o en 3º ESO, página 101, en la que se propone la: *“Elaboración de un plan alimenticio semanal”*, donde deben de analizar individualmente tal cantidad de factores que resultaría de extrema complejidad para la mayoría de los estudiantes.

- No se debe hacer un uso confuso y equivocado de los términos que se utilizan para hacer referencia a las distintas fases del trabajo práctico:

Así, por ejemplo, los libros utilizan a menudo, el término de hipótesis cuando lo que se pide es una explicación a algún hecho, que generalmente el alumno encuentra en el texto, como en la editorial B, 2º ESO, página 177, actividad 3 señala: *“Formula una hipótesis que explique cómo se regula el equilibrio en una comunidad”*; o en esa misma editorial y curso, página 45, se puede leer: *“formula una hipótesis para explicar por qué los virus son siempre perjudiciales para el organismo que invaden; o cuando se propone: “Cita ejemplos de paisajes producidos por la erosión y la sedimentación marina y formula una hipótesis que explique cómo se han podido formar”* (Editorial D, 1º ESO, página 166, actividad 32).

También el término “investigación” se emplea erróneamente, por ejemplo, cuando se pregunta: *“Localiza algunas industrias en tu zona e investiga: ¿con qué materias primas trabajan?, ¿a dónde van? Juzga finalmente si son contaminantes o no”* (Editorial C, 1º ESO, página 104). En esta actividad los estudiantes deben obtener la información a partir de diversas fuentes (contenido

procedimental C2), pero no se puede considerar una verdadera investigación escolar. En esa misma editorial y curso, en la página 145, actividad 13, se sugiere: “*Investiga cuántos alimentos de tu dieta diaria han sido producidos por la acción de microorganismos*”; o “*Investiga qué superficie de tu provincia está formada por bosques naturales...*”, (3º ESO, página 175, actividad 56), cuyas respuestas requiere únicamente la búsqueda de la información correspondiente.

Además, en los libros de texto analizados se proponen actividades que se titulan como “Piensa e investiga” (Editorial B, 1º ciclo), Técnicas de trabajo e investigación (Editorial D), Investigación (Editorial A) o Actividad experimental (Editorial C), cuando, en muchos casos, la palabra a utilizar podría ser: averigua, determina, calcula, conoce... Aunque no podemos aportar datos relacionados específicamente con esta circunstancia, es posible que influya en la confusión que tienen los estudiantes en relación con el significado de algún proceso relacionado con la actividad científica, como pusimos de manifiesto en el capítulo anterior.

Por otra parte, cuando se pide “elaboración de informes” el alumno no encuentra orientaciones generales ni modelos y, generalmente, el texto no concreta qué aspectos deben desarrollar; por ejemplo, se propone: “... *tras consultar los gráficos correspondientes a la tensión arterial, compáralos con los valores que has determinado y realiza un informe sobre la presión arterial obtenida*” (editorial A, 3º ESO, página 94). Con la información que tiene el alumno, el único informe que podrá hacer –tras consultar los gráficos- es decir si están dentro de los valores normales o no.

Parece, por lo tanto, que basta con utilizar términos como “formula una hipótesis”, “investiga”, “debate”, “razona”... para que esas habilidades se desarrollen, sin tener en cuenta que para su aprendizaje es necesario, como en cualquier otra habilidad que se quiera mejorar, secuenciar múltiples actividades cada vez más complejas.

- Se debería proponer que los estudiantes evalúen los trabajos prácticos que desarrollan:

En ocasiones se describen con minuciosidad los materiales y los pasos para llevar a cabo cualquier actividad práctica, pero no se explica su fundamento, ni se pide al alumno que reflexione sobre el resultado final, las dificultades de llevarlo a cabo, la posibilidad de mejorarlo o los conceptos teóricos que habría que aprender, por lo que son actividades que carecen de significado para el estudiante y no proporcionan la autonomía necesaria para poder aplicar su experiencia en nuevas tareas.

De esta manera se conseguiría que los estudiantes adquieran una creciente autonomía para poder realizar trabajos prácticos con mayor nivel de indagación, que, como hemos comprobado son muy escasos en los libros de texto.

- El contenido procedimental también debe explicarse en el texto principal:

Sólo uno de los libros desarrolla en el texto principal –como una pregunta más del tema- el trabajo de los científicos (Editorial A, 1º ESO, página 8) y en un

tema de física. En general, no se explican los contenidos procedimentales ni su utilidad, por ejemplo, cómo elaborar una gráfica y sus distintos tipos, o el significado de los distintos tipos de variables; tampoco se hace referencia al trabajo científico ni a sus métodos -en el área de biología y geología sólo cuando se habla de las teorías evolucionistas, las investigaciones de Mendel o la tectónica de placas- con lo que se transmite una visión de la ciencia orientada solamente el aprendizaje del conocimiento declarativo.

Parece, pues, que una característica tan importante de los libros de texto, como es el conjunto de actividades para el aprendizaje de la materia por los alumnos, no ha cambiado lo suficiente como para que favorezca un aprendizaje de los contenidos procedimentales con los que facilitar el aprendizaje científico. Esta inadecuación de las actividades de los libros de texto ha sido resaltado por Roca (2005), después de analizar las actividades propuestas por libros de texto de segundo ciclo de ESO, planteando algunas características que deberían de tener: cuestiones productivas frente a cuestiones reproductivas; demanda clara y coherente frente a ambiguas; demandas que sitúen el nivel o modelo al que se hace referencia frente a aquellas otras que pueden tener distintos niveles de respuesta y cuestiones contextualizadas frente a cuestiones sin sentido.

El desarrollo del currículo, sin embargo, no debería ser sólo obra de las editoriales. Para Sánchez y Valcárcel (2000):

“Dejar la responsabilidad exclusiva de esta tarea (la de diseñar el currículo) a especialistas a través de los libros de texto llevará, por una parte, a una escasa contextualización del currículo, ya que sus propuestas se realizan para ámbitos educativos generalizados, y, por otra, lleva al peligro de que los profesores las utilicen de forma mecánica y acrítica sin llegar a comprender suficientemente los fundamentos de las mismas, a menudo no suficientemente explícitos en las propuestas que las editoriales realizan” (p. 423).

La labor de los profesores, por tanto, debe ser *determinante* para aproximar el currículo y las propuestas didácticas de los libros de texto hacia esa orientación que proponemos, adaptando la selección de los objetivos curriculares al contexto educativo de sus alumnos, aunque como decíamos en el capítulo 3, los resultados de la investigación muestran que entre los profesores están extendidas ideas incorrectas sobre el conocimiento científico y su aprendizaje, y los libros de texto pueden reforzar, en la práctica, esas ideas.

Nuestro análisis sobre lo que opinan los profesores de la enseñanza de los contenidos procedimentales -que exponemos en el capítulo 7- nos mostrará en qué medida los docentes asumen la importancia de su aprendizaje.

**CAPÍTULO 7. CONCEPCIONES Y PRÁCTICA DE LOS
PROFESORES DE CIENCIAS SOBRE LA ENSEÑANZA Y
APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS
PROCEDIMENTALES**

En el capítulo anterior hemos indicado que el aprendizaje de los contenidos procedimentales por parte de los estudiantes de nuestra muestra no es el adecuado, ya que no los libros de texto de Biología y Geología analizados no favorecen el aprendizaje de estos contenidos. Sin embargo, aunque esta circunstancia puede explicar en parte sus deficiencias, es la enseñanza que realizamos los profesores el factor que influye en mayor medida.

A lo largo de este capítulo vamos, por tanto, a completar nuestro estudio acercándonos a las concepciones y a la práctica docente de los profesores, tratando de aportar algunas respuestas al problema principal 3, que planteábamos al inicio de este trabajo: conocer su opinión sobre la importancia de este tipo de contenidos y, en la medida de lo posible, analizar el modo en que llevan a la práctica dichas opiniones (figura 7.1).

Aunque inicialmente pretendíamos obtener datos suficientes para intentar dar respuesta a este problema, somos conscientes de que la envergadura del trabajo habría exigido una mayor riqueza en los instrumentos de recogida de datos y en la muestra seleccionada. Sin embargo, hemos considerado oportuno presentar los resultados obtenidos, ya que pueden aportar información de interés sobre la práctica educativa de los profesores en relación con estos contenidos que, no obstante, deberá ampliarse en trabajos posteriores.

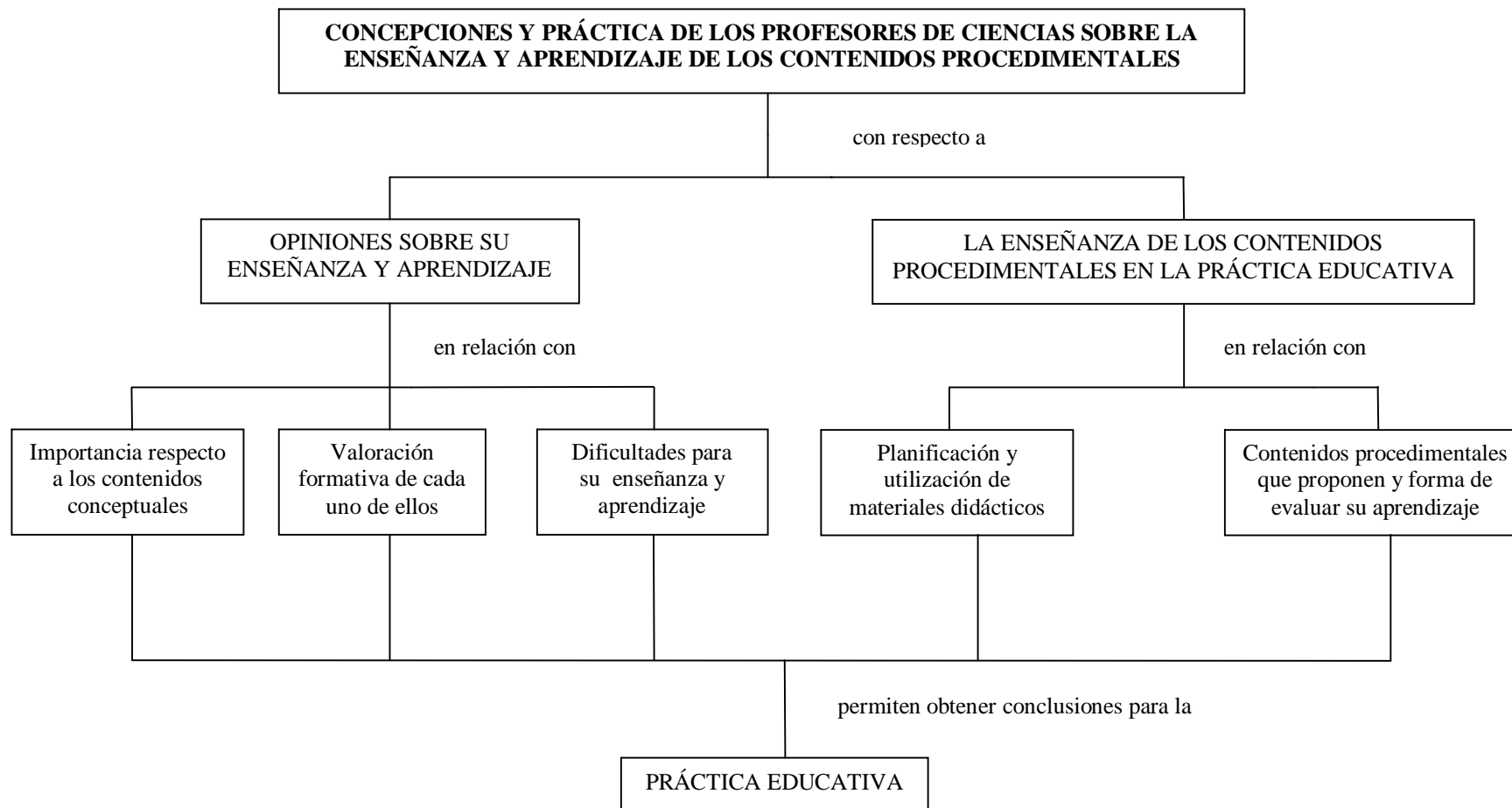


Figura 7.1. Esquema general del Capítulo 7

En el primer apartado se recogen las ideas más genéricas sobre la valoración de los contenidos procedimentales en relación con los contenidos conceptuales, y la importancia que les dan en su propia enseñanza. En el segundo apartado, mostramos algunos aspectos de la presencia de estos contenidos en su práctica docente, analizando cómo los tienen en cuenta en la planificación docente y cómo evalúan su aprendizaje. Finalmente expondremos las conclusiones obtenidas como consecuencia de los análisis realizados y las contrastaremos con la hipótesis y subhipótesis que establecimos para el problema principal 3.

7.1. OPINIONES DE LOS PROFESORES SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

Para conocer las opiniones de los profesores sobre la enseñanza y aprendizaje de estos contenidos se realizaron entrevistas (Anexo III) cuyas características se han expuesto en el capítulo 4. A partir de la información obtenida, mostramos las opiniones del profesorado sobre la importancia que conceden a la enseñanza y aprendizaje de los contenidos procedimentales en la formación de los estudiantes en relación con los conceptuales, así como la valoración que hacen de cada uno de ellos por su contribución a la educación científica en cada uno de los niveles educativos investigados; también se pregunta sobre las posibles dificultades que encuentran para la enseñanza de estos contenidos, así como sus puntos de vista sobre la evaluación.

7.1.1. Importancia que atribuyen los profesores a los contenidos procedimentales en relación con los contenidos conceptuales

Para conocer la valoración que hacen los profesores en relación con este aspecto se les planteó la pregunta que se muestra en el cuadro 7.1.

<i>Dejando aparte los llamados contenidos actitudinales, y teniendo en cuenta que los contenidos conceptuales y procedimentales están relacionados, ¿cuál es tu opinión sobre la importancia relativa de cada uno de estos contenidos en los diferentes niveles de enseñanza?:</i>					
<i>Marca en estas escalas un número en cada tipo de contenido, de forma que para cada nivel educativo sumen 6.</i>					
En Primaria/ESO/Bachillerato:					
Debería ser:					
- contenidos conceptuales:	1	2	3	4	5
- contenidos procedimentales:	1	2	3	4	5
Mi enseñanza creo que es:					
- contenidos conceptuales:	1	2	3	4	5
- contenidos procedimentales:	1	2	3	4	5
Razona tu elección:					

Cuadro 7.1. Cuestión referente a la valoración de los contenidos

Aunque entre los entrevistados sólo había cuatro maestros que, por lo tanto, no habían impartido nunca enseñanzas ni en segundo ciclo de ESO ni en Bachillerato, ya que su docencia se desarrolla en primaria y 1º ciclo de ESO, hemos optado por conocer las opiniones de ambos tipos de profesores con el fin de identificar las posibles diferencias de criterios que pudieran existir entre ambos. A la hora de analizar las respuestas hay que tener en cuenta que las puntuaciones que han atribuido a cada tipo de contenido en

cada nivel educativo podían ser como máximo de 5, y que los profesores de secundaria no contestaban a la pregunta de cómo era su enseñanza en primaria, ya que no imparten enseñanzas en ese nivel. De la misma forma, los maestros no contestaban a la misma pregunta referente a bachillerato.

En la tabla 7.1, donde se muestran las puntuaciones medias sobre la importancia que conceden a ambos tipos de contenidos, comprobamos que los dos tipos de profesorado consideran que los contenidos conceptuales deben de tener una importancia mayor conforme los estudiantes avanzan en sus estudios. Sin embargo encontramos diferencias entre ellos:

- En cuanto a lo que opinan sobre lo que “debería ser”, los maestros dan mayor importancia a los contenidos procedimentales que a los conceptuales en primaria, aunque esta importancia disminuye conforme aumenta el nivel educativo –la valoración para bachillerato es 1 punto menor-. En los profesores de secundaria, sin embargo, dan menor importancia a los contenidos procedimentales, incluso en primaria; esta valoración desciende más en ESO y llega a estar 1,40 puntos por debajo de la que dan a los contenidos conceptuales en bachillerato.
- No obstante, cuando valoran su propia enseñanza (columna “Es”), las diferencias son aún mayores ya que los profesores de secundaria manifiestan que dan todavía menor importancia a los contenidos procedimentales de la que “debería ser”; así esa diferencia aumenta desde 1,70 puntos en ESO a 2,40 en bachillerato; sin embargo, los maestros afirman que la importancia que dan a ambos tipos de contenidos en su enseñanza coincide con su opinión sobre cómo debería ser.

	E. PRIMARIA				ESO				BACHILLERATO			
	C.C.		C.P.		C.C.		C.P.		C.C.		C.P.	
	Debería ser	Es	Debería ser	Es	Debería ser	Es	Debería ser	Es	Debería ser	Es	Debería ser	Es
Maestros	2.75	2.75	3.25	3.25	3.25	3.25	2.75	2.75	3.50	-	2.50	-
Profesores ES	3.00	-	2.80	-	3.25	3.75	2.65	2.05	3.60	4.10	2.20	1.70

Tabla 7.1. Valoración de los contenidos procedimentales (C.P.) en relación con los conceptuales (C.C.)

Algunos argumentos que explican sus criterios son los siguientes: “*utópicamente en todos los niveles, la relación sería 3/3 pero no se puede reproducir todo lo teórico en procedimientos*”; “*no se puede en todos los temas hacer prácticas*” (profesor número 15); el profesor número 13 piensa que debería tener en la misma consideración los dos tipos de contenidos pero por falta tiempo, materiales y debido al bajo nivel académico de los alumnos, su enseñanza en ESO es más conceptual (valoración: 4) que procedimental (valoración: 2).

La mayor valoración que dan los maestros a los contenidos procedimentales en primaria es justificada por un maestro (profesor 5) en base a que los niños y niñas de esa edad no están preparados para “teorías” y que las actividades prácticas les motivan más; además,

según este mismo profesor, el progresivo aumento de la importancia de los contenidos conceptuales se basaría en que “*en cursos posteriores tienen más capacidad intelectual para asimilarlos*”.

Sin embargo, los profesores de secundaria, dan mayor valor formativo, en todos los niveles, a los contenidos conceptuales, creemos que, en coherencia con lo que afirman dos de ellos (profesores 10 y 12): en las Pruebas de Acceso a la Universidad los conocimientos que se exigen son, sobre todo, conceptuales.

7.1.2. Valoración de la importancia formativa de los diferentes contenidos procedimentales

Además de conocer sus opiniones sobre el peso que deben tener los contenidos procedimentales, queríamos comprobar la importancia que daban a cada uno de ellos y si consideraban que ésta debería variar en función del nivel académico. La pregunta que se formuló (cuadro 7.2), a la que contestaron 13 de los 15 profesores, fue la siguiente:

Señala con un número de 1 a 4, para cada uno de estos procedimientos (se presentan en la tabla 7.2), tu opinión personal sobre su importancia relativa en cada nivel de enseñanza.

1 (dejarlo para etapas posteriores), 2, 3, 4 (muy importante en ese nivel)

Cuadro 7.2. Cuestión referente a la valoración de los distintos contenidos procedimentales

En las tablas 7.2, 7.3 y 7.4 se muestra las puntuaciones medias obtenidas en cada procedimiento y nivel educativo, ordenados de menor a mayor importancia.

Como se puede observar, en primaria consideran menos adecuados para las edades de estos alumnos aquellos que requieren habilidades intelectuales para planificar y desarrollar investigaciones, más complejos para los estudiantes, si no poseen experiencia previa o son ayudados por el profesor, como son diseñar experimentos, formular hipótesis, elaborar informes, confeccionar e interpretar gráficas y plantear problemas científicos. Sin embargo valoran más procedimientos más concretos y ligados a actividades manipulativas en este nivel educativo: medir, adquirir habilidades manuales, observar, clasificar, realizar experimentos y tomar datos.

PROCEDIMIENTOS	PRIMARIA
diseñar experimentos	1.40
formular hipótesis	1.50
elaborar informes	1.60
confeccionar e interpretar gráficas	1.64
plantear problemas científicos	1.64
interpretar experimentos	1.77
confeccionar e interpretar tablas	1.82
elaborar conclusiones	1.95
tomar datos	2.45
realizar experimentos	2.50
clasificar	2.59
observar	2.64
adquirir habilidades manuales	2.73
medir	3.05

Tabla 7.2. Valoración relativa de procedimientos en Educación Primaria

En general, en ESO conceden mayor importancia a cada uno de los procedimientos, aunque siguen dando una valoración menor a los que se relacionan con habilidades de investigación como, formular hipótesis, plantear problemas científicos, diseñar experimentos y elaborar informes –como sucede en los libros de texto analizados-. Confeccionar e interpretar gráficas, adquirir habilidades manuales, tomar datos, observar y medir son los que se consideran de mayor relevancia para este nivel educativo, que coinciden en gran parte con los que se consideran más importante en primaria, a excepción de confeccionar e interpretar gráficas que en este nivel se valora como el procedimiento más importante, circunstancia que puede ser debida a que estas representaciones numéricas son, como hemos comprobado anteriormente, frecuentes en los libros de texto.

PROCEDIMIENTOS	ESO
formular hipótesis	2.81
plantear problemas científicos	2.88
diseñar experimentos	2.92
elaborar informes	2.92
interpretar experimentos	3.08
elaborar conclusiones	3.08
clasificar	3.15
confeccionar e interpretar tablas	3.19
realizar experimentos	3.19
medir	3.23
observar	3.25
tomar datos	3.31
adquirir habilidades manuales	3.15
confeccionar e interpretar gráficas	3.27

Tabla 7.3. Valoración relativa de procedimientos en Educación Secundaria

En Bachillerato, a excepción de observar y tomar datos, que consideran aprendizajes de menor importancia que en las etapas educativas anteriores, los demás procedimientos se valoran siempre con una puntuación mayor que en los niveles anteriores. Además, adquirir habilidades manuales y medir son los procedimientos que menos importancia relativa tienen para estos profesores, mientras que otorgan mayor puntuación a elaborar e interpretar tablas y gráficas, interpretar y diseñar experimentos. Es decir, para este nivel educativo, los profesores ponen en primer plano a las habilidades que sirven para

planificar y desarrollar una investigación, mientras consideran que el resto debe aprenderse y consolidarse en los niveles anteriores.

PROCEDIMIENTOS	BACHILLERATO
observar	2.44
tomar datos	3.25
adquirir habilidades manuales	3.30
medir	3.35
clasificar	3.35
formular hipótesis	3.45
realizar experimentos	3.45
plantear problemas científicos	3.50
elaborar conclusiones	3.55
elaborar informes	3.55
confeccionar e interpretar tablas	3.60
confeccionar e interpretar gráficas	3.60
interpretar experimentos	3.60
diseñar experimentos	3.72

Tabla 7.4. Valoración relativa de procedimientos en Bachillerato

De los resultados obtenidos deducimos que, si bien los entrevistados valoran de distinta forma la importancia de los procedimientos en función del nivel educativo, la opinión general apunta hacia que los contenidos procedimentales deberían adquirir mayor importancia conforme se avanza en la enseñanza. Sin embargo, en la pregunta anterior afirmaban lo contrario: que debe ser más conceptual y menos procedimental cuando el nivel académico es superior. Todavía resulta más llamativa esta contradicción si tenemos en cuenta que reconocen que en su enseñanza la importancia que dan a este tipo de contenidos es menor de la que consideran que debería ser.

Además, en general, señalan que los procedimientos de carácter más experimental – refiriéndose a la observación, medida, adquisición de habilidades manuales...- deben tener mayor importancia en primaria y en ESO, mientras que aquellos relacionados con las habilidades intelectuales deben dejarse, preferentemente, para Bachillerato. Sin embargo, son los profesores que imparten docencia en este nivel lo que reconocen la poca atención que prestan a estos contenidos, por lo que nunca llega la hora de ponerlos en práctica; o si lo hacen, no será con la dedicación que requieren. En resumen, como señala Banet (2007) el profesorado “*no habría hecho la transición intelectual que supone asumir que los objetivos educativos de la formación científica de los estudiantes no sólo supone la adquisición de conocimientos conceptuales*”.

7.1.3. Dificultades para la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales

En relación con estos aspectos las preguntas planteadas fueron las siguientes (cuadro 7.3).

Los profesores hemos tenido siempre en cuenta que la enseñanza tiene, además de una parte teórica o de conceptos, una parte práctica, de “saber hacer” que la LOGSE ha llamado “contenidos procedimentales” y que en el área de Ciencias Naturales se centran en las habilidades de investigación.

Respecto a los contenidos procedimentales:

a) ¿Qué dificultades hay para su enseñanza? Enumerarlas

b) ¿Cómo compruebas el aprendizaje de estos contenidos?

Cuadro 7.3. Cuestiones referentes a las dificultades y el aprendizaje de los contenidos procedimentales

Las dificultades que citan con mayor frecuencia se refieren siempre a situaciones externas al propio profesor, ya sean materiales o de la propia organización de la enseñanza, sobre las cuales no pueden intervenir; o bien, se relacionan con la falta de preparación de los alumnos:

- Falta de tiempo: esta causa es señalada por la mayoría de los entrevistados (11), especialmente en 3º de ESO donde sólo hay dos horas de Biología y Geología a la semana. Así, por ejemplo: “3º de ESO es el último curso de ciencias para muchos alumnos y hay que dar ciertos temas que luego no los van a ver” (profesor número 15).
- No contar con horas de desdoble: nueve profesores dicen que no siempre hay posibilidades de hacer prácticas de laboratorio ya que para ello suele ser necesario contar con otro profesor, y esto no ocurre en el 1º ciclo de ESO; a veces, tampoco en los demás niveles, lo que dificulta hacerlas.
- Los alumnos no tienen las capacidades ni el interés necesario: nueve profesores señalan que se hacen menos prácticas de las debidas ya que es necesario que los alumnos manifiesten cualidades positivas hacia el aprendizaje, como interés, motivación, esfuerzo o capacidades intelectuales. Así manifiestan que “no piensan por sí mismo”, “faltan habilidades en comprensión lectora, operaciones matemáticas, razonamiento lógico”, “faltan capacidades intelectuales”, “falta comprensión de conceptos y habilidades de investigación”, “sin una base conceptual no sirve de nada hacer procedimientos”, lo que justifica que el profesor no les proponga actividades en las que estén implicados contenidos procedimentales.
- Falta de recursos materiales: sólo tres de los entrevistados señalan que hay dificultades para la utilización del laboratorio, por lo que no parece que sea la causa principal para no enseñar contenidos procedimentales.
- Dos profesores se refieren al “peligro” que supone realizar actividades prácticas, aunque desde perspectivas diferentes. Así, un profesor señala que 3º ESO es el curso con más alumnos “objetores”, que no tienen un comportamiento adecuado en el laboratorio, y, además, sólo hay dos horas semanales “por lo que se ha decidido no hacer prácticas de laboratorio”; otro profesor dice que no hace salidas de campo

porque considera que el comportamiento de los alumnos puede ponerles en alguna situación de peligro.

- Los maestros aplican una enseñanza tradicional: Para el profesor 14 los alumnos vienen de los colegios o del primer ciclo de secundaria sin hábitos relacionados con este tipo de contenidos y achaca la culpa a los maestros que tienen una enseñanza tradicional. Dice: *“Aquí, por ejemplo, tenemos maestros que, siendo sinceros, no tienen ese hábito, el que tenemos, vamos a ser sinceros, no va al laboratorio si no lo matan, de forma que ellos se resisten, tienen una forma de trabajo de toda la vida, nada más que fotocopias. De vez en cuando con las actividades que preparamos para 3º y 4º se anima y va; en los colegios se les debería preparar a razonar... Hay centros donde el primer ciclo lo damos nosotros, pero aquí es que estamos totalmente compartimentados, los maestros el primer ciclo y nosotros el segundo y por más que nos reunimos y hablamos cómo obligas a alguien que no sabe y a lo que no le apetece someterse...”*.
- Por último, también en un caso, se admite que la causa de que su enseñanza sea más conceptual que procedimental, a pesar de que piensa que debería haber un equilibrio, es debida a que *“nuestra propia preparación es conceptual; las prácticas de la facultad eran “de visu”, un guión que había que seguir sin entender mucho y a ver quién era el primero que la acababa”* (profesor 1). Se señala, por lo tanto, que la razón principal de que no se ponga en un plano de igualdad a los contenidos conceptuales y a los procedimentales, son las propias concepciones docentes y la formación que han recibido, más que causas externas que los profesores no pueden modificar.

Como conclusión podemos indicar dos aspectos importantes que subyacen en los puntos de vista de los entrevistados: asocian los contenidos procedimentales exclusivamente a actividades prácticas (en el laboratorio o salidas de campo), a pesar de que previamente se les ha dicho que también pueden estar presentes en actividades de lápiz y papel, lo que muestra una visión errónea del papel de los contenidos procedimentales en el aprendizaje de las ciencias que hemos señalado en los capítulos 2 y 3. Además, aunque no lo afirmen ahora explícitamente, porque no se les ha preguntado, los argumentos que expresaban inducen a pensar que los consideran en un plano secundario, ya que señalan numerosas “excusas” para no llevar a cabo las actividades que afirman que pueden contribuir al aprendizaje de estos procedimientos.

7.2. LA ENSEÑANZA DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES EN LA PRÁCTICA EDUCATIVA DE LOS PROFESORES

Como hemos señalado en el capítulo 4, para obtener una información más completa sobre el modo en que los profesores llevan a cabo la enseñanza de los contenidos procedimentales, se les solicitó algunos documentos en los que quedan reflejados una parte de su práctica educativa. Aunque en este caso lo deseable sería realizar un análisis del seguimiento de su actividad docente a lo largo de un periodo dilatado del curso académico, como se realiza en los estudios de caso (Mellado, 1994) en los que se utilizan múltiples fuentes de obtención de datos, lo que hubiera supuesto un planteamiento distinto de nuestra investigación, por lo que optamos por un acercamiento más general como primer paso de lo que en un futuro podría constituir una nueva investigación.

En consecuencia, y considerando, como decíamos antes, que sólo pretendíamos realizar una primera aproximación a lo que piensan los profesores en relación con la enseñanza de estos contenidos, optamos por analizar en primer lugar la programación didáctica que cada Departamento elabora siguiendo las indicaciones que marca la administración educativa. Este documento contiene, entre otros elementos, los objetivos, contenidos y criterios de evaluación que han seleccionado los profesores para las distintas unidades didácticas que se desarrollan en cada curso. Por ello, se les solicitaba una Unidad Didáctica, a ser posible que estuviesen desarrollando en esos momentos, y responder a unas preguntas sobre su grado de implicación en la elaboración de la misma.

En segundo lugar nos proponíamos averiguar si en su práctica diaria eran coherentes e incluían actividades que favorecieran el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Para ello se les preguntó si utilizaban libro de texto –y, en este caso, por la editorial que utilizaban-; también si, además, empleaban otros materiales didácticos. Finalmente, para comprobar si evaluaban los contenidos procedimentales planificados, a un nivel similar a los contenidos conceptuales se les pidió que entregasen algún examen reciente.

7.2.1. Planificación y utilización de materiales didácticos

El currículo LOGSE, vigente en el momento de realizar las entrevistas, propone que los profesores, atendiendo a su papel de elemento central del proceso de enseñanza y aprendizaje y a la autonomía pedagógica de los centros, elaboren las unidades didácticas en las que se concretan sus intenciones educativas y cómo llevarlas a la práctica. Su análisis nos puede indicar las concepciones científicas y didácticas de los profesores o su experiencia profesional (Pro, 1999), en la medida en que han sido elaboradas por el profesor o el equipo de profesores tras un análisis y reflexión sobre las necesidades educativas de sus alumnos y, este autor, contrasta cómo la llevan a la práctica los profesores.

a) Planificación didáctica

Con las preguntas que se presentan a continuación (cuadro 7.4) pretendíamos conocer si sus programaciones didácticas se planifican y elaboran para servir de guía a su actuación didáctica o bien para cumplir una obligación administrativa.

Programación de la asignatura en el curso 2001-2002:

¿Has participado activamente en su elaboración?

¿Está basada en la del libro de texto? ¿Hasta qué punto?

¿Te parece que es adecuada? ¿Por qué?

Cuadro 7.4. Cuestiones referentes a la planificación didáctica

De los quince profesores, cuatro reconocen que no han participado en la elaboración de la programación didáctica y que no la poseen, por lo que no la entregan. De los once restantes, dos de ellos no la entregan y apenas responden a las preguntas formuladas; otros nueve, sin embargo, indican que han participado activamente, por lo menos en la

redacción de alguna de las materias que imparte el departamento. Así, el profesor número 10 señala: *“He participado sólo en la elaboración de la asignatura de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente ya que las otras están ya hechas y como es mi primer año en el instituto en esas sólo he intervenido para hacer algunos pequeños cambios”*. El profesor número 13 dice: *“Sí, está muy trabajada pues los dos últimos años he sido jefe de departamento y además, con tantos cambios que ha habido la hemos tenido que hacer porque antes era un compendio de fotocopias y este año la he hecho completa”*

Mediante la segunda pregunta se quería conocer si sus programaciones se basaban, principalmente, en las que hacen las editoriales de los libros de texto, o bien eran desarrolladas por los profesores teniendo en cuenta el currículo oficial y sus propios criterios pedagógicos.

Sólo un profesor afirma que no se sigue la programación del libro de texto, mientras que los demás señalan que, aun utilizándose como punto de partida, especialmente en ESO, la van modificando para adecuarla a las necesidades propias del alumnado. Así la profesora número 9 dice: *“Sí, pero con carácter orientativo tanto para mí, como para el alumnado. Nos ayuda para tener claro el temario del curso y la temporalización del mismo. También para que el alumno tenga un material de ciencias de referencia”*.

Finalmente, se les pedía una valoración sobre la adecuación de la programación didáctica a las necesidades de los profesores y de los alumnos. La mayoría contestan que son adecuadas ya que se van modificando para que así sea. Así, por ejemplo, en las correspondientes a la ESO, con frecuencia se eliminan aquellos temas que se creen menos adecuados, ya que reconocen que ningún año pueden desarrollar todos los contenidos que se han programado anteriormente; o bien se adaptan a la realidad de los grupos, incluyendo más o menos contenidos y cambiando las actividades y la metodología, por lo que es más una guía que una receta. Por ejemplo, un profesor señala lo siguiente: *“Sí, pero no hay una fidelidad absoluta, sobre eso se introducen matices o se añaden actividades que no están contempladas.... En bachillerato la sigo con más fidelidad pues la he hecho yo”* (profesor 11). Sin embargo, la profesora número 6 señala la “distancia” entre lo programado y la realidad: *“En parte. Creemos que es adecuada a la edad y a los conocimientos previos que deberían tener los alumnos, pero la realidad es otra con parte del alumnado”*.

En definitiva, aunque la programación didáctica es un elemento de planificación y de reflexión en el que se concretan, entre otros aspectos, los contenidos que deberían ser aprendidos por los estudiantes, bastantes profesores de la muestra (6) muestran desconocimiento y desinterés. Para los nueve profesores restantes son una referencia para su enseñanza, ya que las adaptan en mayor o menor medida a las necesidades educativas de los alumnos, y no sólo son una obligación que deben cumplimentar. Sin embargo, ya que sus programaciones se basan en gran medida en las que proporciona el libro de texto que utilizan, que, como hemos comprobado en el capítulo anterior, no favorecen el aprendizaje de contenidos procedimentales, podemos esperar que no propondrán los contenidos procedimentales necesarios para estos aprendizajes.

b) Utilización de materiales didácticos

De los elementos que conforman la programación didáctica nos ha interesado la planificación de una Unidad Didáctica, de la que hemos analizado los contenidos

procedimentales que incluyen –que expondremos en el apartado siguiente-, y alguna información relativa a su puesta en práctica, con las preguntas del cuadro...:

Libro de texto que siguen los alumnos:

Contenidos que son objeto de enseñanza:

Actividades del libro que se han hecho:

Actividades complementarias que se han hecho:

Cuadro 7.5. Cuestiones referentes a la utilización de materiales didácticos

En relación con el primero de los aspectos, todos los profesores utilizan el libro de texto como principal fuente de contenidos y actividades, aunque también se refieren a diversos materiales como otros libros, vídeos formativos, fotocopias de noticias de la prensa, etc., sin poder precisar por nuestra parte el grado de utilización y el papel que cumplen en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Los profesores manifiestan que el desarrollo de las clases consiste en general en la explicación del contenido informativo del libro de texto y en la realización de las actividades que proponen para su aprendizaje, aunque todos ellos indican que se eliminan algunos contenidos y actividades en función de la dificultad que tengan para los alumnos, de la falta de tiempo para acabar el temario, o bien los amplían por medio de “apuntes” según la importancia que el profesor les atribuye. Así, por ejemplo, la profesora número 12 señala: “*Se quitan algunas preguntas, por ejemplo, si es de historia se leen pero no van para el examen*”. Sin embargo, la profesora número 1 dice: “*Utilizo el McGraw Hill pero no me gusta por lo que quito preguntas del libro y añado de otros*”; El profesor número 14 en la Unidad Didáctica “La reproducción humana” indica que: “*La sexualidad humana se debate pero no va para el examen; lo demás sí*”.

Las actividades que proponen a los alumnos son, fundamentalmente, las del libro de texto, pero doce de los profesores manifiestan que además realizan otras ocasionalmente, como: prácticas de laboratorio, visitas de campo, encuestas, trabajos individuales o por parejas, confección de murales, programa de ordenador con preguntas, visionado de películas, etc.; además, deben contestarlas en el cuaderno de ciencias que será evaluado.

Por lo tanto, los libros de texto son utilizados por los profesores para elaborar las programaciones didácticas y como guía diaria para la enseñanza y el aprendizaje en las clases de ciencias, en vez de ser ellos los verdaderos protagonistas en el diseño didáctico del currículo, para hacerlo adecuado a sus alumnos y a sus propios estilos y cualidades (Sanmartí, 2000). Sin embargo, la mayoría interpretan y modifican en alguna medida el libro de texto, para adaptarlos a sus necesidades, sin que hayamos comprobado si de esta manera mejoran las posibilidades del aprendizaje de los contenidos procedimentales.

7.2.2. Contenidos procedimentales que proponen los profesores y forma de evaluar su aprendizaje

Como hemos señalado en los apartados anteriores, las programaciones didácticas que deben elaborar los profesores están mediatizadas por las prescripciones administrativas que indican los contenidos que se deben impartir en cada nivel educativo, y por la interpretación que realizan las editoriales de los libros de texto. Aunque estas orientaciones son, en buena medida un indicativo de las orientaciones que pueden guiar la enseñanza de los profesores en cada centro educativo, cuando realmente podemos deducir el lugar que ocupan los contenidos procedimentales en su enseñanza es al analizar hasta qué punto éstos son incluidas en las unidades didácticas que desarrollan los profesores; desde la perspectiva de nuestro estudio, en el ejemplo que se les pidió.

Además, también optamos por comprobar si los profesores tienen en cuenta estos contenidos en la evaluación de los estudiantes, y, en caso de que lo hicieran, qué procedimientos consideran en las pruebas correspondientes, ya que pensamos que de hacerlo así, se están reflejando sus valoraciones de los aprendizajes que deben conseguir sus alumnos. A continuación presentamos los resultados obtenidos en relación con estos aspectos:

a) *Contenidos procedimentales incluidos en las unidades didácticas*

En las diez unidades didácticas entregadas (tabla 7.5) –cinco profesores no lo hicieron-, aparecen los objetivos, los tres tipos de contenidos y, generalmente, los criterios de evaluación, aunque el nivel de concreción no es el mismo en todas ellas.

Profesor número	Curso	Unidad Didáctica
2	4º ESO	La evolución
3	3º ESO	La célula: unidad de vida
6	3º ESO	El funcionamiento del cuerpo humano
7	3º ESO	La alimentación y la nutrición en el ser humano
9	2º ESO	La función de nutrición
10	4º ESO	Estructura y energía interna de la Tierra
11	1º BACH	Nutrición animal I
13	1º ESO	La parte líquida de la Tierra
14	3º ESO	La reproducción humana
15	3º ESO	Las persona y la salud

Tabla 7.5. Unidades didácticas analizadas

En las unidades didácticas de nuestra muestra observamos cierta confusión en el profesorado a la hora de redactar contenidos procedimentales (Anexo IV), en ocasiones se transcriben tal como aparecen en el currículo LOGSE, por ejemplo, “*Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de nutrición, reproducción o relación*”; en otros casos se formulan de manera tan genérica, que aluden, más bien a actividades de enseñanza, por ejemplo, “*Utilización de técnicas en orden a la elaboración de dietas equilibradas, a la conservación de alimentos y a la detección de fraudes*”, “*Estudio de aglutinación de la sangre*”. Otras veces se redactan como contenidos conceptuales, por ejemplo: “*Las ondas sísmicas y el modelo de la estructura interna de la Tierra*”.

En la tabla 7.6 se muestran los porcentajes de las referencias que aparecen en las diez unidades didácticas que corresponde a cada uno de los procedimientos.

A. HABILIDADES DE INVESTIGACIÓN	%
A.1. Identificación de problemas	0.0
A.2. Predicciones e hipótesis	1.2
A.3. Relaciones entre variables	0.0
A.4. Diseños experimentales	1.2
A.5. Observación	7.4
A.6. Medición	2.5
A.7. Clasificación y seriación	1.2
A.8. Técnicas de investigación	17.3
A.9. Transformación e interpretación de datos	1.2
A.10. Análisis de datos	11.1
A.11. Utilización de modelos	0.0
A.12. Elaboración de conclusiones	0.0
B. DESTREZAS MANUALES	
B.1. Manejo de material y realización de montajes	0.0
B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...	0.0
C. COMUNICACIÓN	
C.1. Análisis de material escrito o audiovisual	38.3
C.2. Utilización de diversas fuentes	4.9
C.3. Elaboración de materiales	13.6

Tabla 7.6. Porcentaje de cada procedimiento en las unidades didácticas

De los 81 contenidos procedimentales que aparecen en las Unidades didácticas revisadas, el 56,8% tienen que ver con aquellos relacionados con la comunicación, el 43,2% son habilidades de investigación y no hay ninguno sobre destrezas manuales, lo que resulta sorprendente. Aunque podemos suponer que las técnicas de investigación suelen requerir este último tipo de procedimientos, no hacerlos explícitos supone un olvido de la importancia que tiene la actividad manipulativa para la construcción del conocimiento científico (Sanmartí, 2002)

En cuanto a los contenidos procedimentales relacionados con el desarrollo de las habilidades de comunicación, el 63,0 % se orientan a que los estudiantes observen e interpreten las imágenes de distinto tipo que tan abundantemente se presentan en los libros de texto (C1), ya sean fotografías, dibujos, esquemas...; en menor medida se refieren a textos escritos. Algún ejemplos son: “*Observación e interpretación de dibujos, gráficos, esquemas y fotografías*”; “*Estudio del bloque diagrama de un pliegue*”; “*Lectura del texto: Así estalló el Krakatoa*”, etc.

El procedimiento C2 (utilización de diversas fuentes) es poco frecuente, y la elaboración de materiales (C3) se reduce a resúmenes, esquemas o mapas conceptuales, por ejemplo: “*Confección de una tabla comparando el anabolismo y el catabolismo*”; “*Elaboración de resúmenes y mapas conceptuales*”; “*Realización de esquemas que resuman el funcionamiento de la nutrición, reproducción y coordinación humana*”.

Es decir, aunque los procedimientos que tienen que ver con la comunicación son los que predominan en las programaciones de los profesores, los contextos en los que se aplican no están en relacionados con algún trabajo práctico o con actividades de lápiz y papel relacionadas con el trabajo científico, sino con los contenidos conceptuales del libro de texto.

Los procedimientos relacionados con las habilidades de investigación se refieren a técnicas de investigación (A8), que, generalmente, tienen que ver con actividades de laboratorio, como: *“Realización de prácticas de laboratorio”, “Estudio de la aglutinación de la sangre”, o “Utilización de procedimientos para medir las constantes vitales en diferentes situaciones de actividad corporal”*. En segundo lugar al análisis de datos (A10): *“Análisis de tablas y gráficas”*; *“Interpretación de análisis de sangre y orina”*, y la observación: *“Observación estereoscópica de pliegues”* u *“Observación y descripción de preparaciones microscópicas”*.

Finalmente, las habilidades de investigación de mayor nivel de indagación -como la identificación de problemas (A1) y relaciones entre variables (A3)- no aparecen, mientras que predicciones e hipótesis (A2) y diseños experimentales (A4) sólo lo hacen en una ocasión (*“Elaboración de hipótesis utilizando datos aprendidos; “Diseño de estrategias para contrastar algunas explicaciones dadas ante un problema de salud individual, escolar o de comunidad”*); aunque en 3 de las 14 situaciones relacionadas con las técnicas de investigación se incluye la necesidad de contrastar hipótesis (*“Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de nutrición”*). Es decir, los profesores no hacen explícitos estos procedimientos, de gran valor formativo, como hemos comprobado que también sucede en los libros de texto analizados.

Llama la atención que en la parte de la entrevista en la que valoraban la relación entre los contenidos conceptuales y procedimentales, para justificar que su enseñanza es menos “procedimental” de lo que desearían, señalaban, como una de las causas, las dificultades asociadas a la realización de las prácticas de laboratorio; sin embargo, en sus programaciones didácticas los contenidos procedimentales que predominan no se aprenden en el laboratorio, sino que son actividades que requieren obtener información conceptual del texto.

Aunque la formulación de cada uno de los procedimientos es ambigua y las actividades que se pueden proponer a partir de ellos nos indicarían, con más fiabilidad, los diversos tipos de contenidos procedimentales que se pretenderían desarrollar, y por lo tanto, la importancia relativa que los profesores dan a cada uno de ellos, podemos concluir que se muestra una visión de la enseñanza de las ciencias centrada más en técnicas que refuerzan el aprendizaje conceptual que en el desarrollo de habilidades de investigación.

b) Evaluación del aprendizaje de los contenidos procedimentales

Conocer los criterios que utilizan los profesores para evaluar los aprendizajes procedimentales es un indicador relevante a la hora de valorar la importancia que se concede a la enseñanza de estos contenidos. En nuestro estudio hemos obtenido información sobre distintas estrategias que dicen utilizar los profesores:

- Una forma de hacerlo es evaluando el cuaderno de los alumnos, como indican once de los profesores entrevistados. Este cuaderno contiene las actividades que diariamente van realizando, las respuestas a las cuestiones de cada uno de los temas del libro de texto, como el desarrollo de aquellas otras actividades complementarias propuestas por el profesor: prácticas de laboratorio, resúmenes y esquemas, etc. Cuatro de los profesores afirman que consideran importante que los alumnos cumplimenten un cuestionario cada vez que realizan una práctica de laboratorio, que

queda incluido en el cuaderno y trece de ellos dicen que les sube la calificación de la asignatura si hacen ciertos trabajos específicos, que suponen que son vehículo para el aprendizaje de algunos contenidos procedimentales.

Como ejemplo de estas ideas el profesor número 11 dice: *“Los materiales que se dan a los alumnos con cuestionario los pasan al cuaderno; de las actividades prácticas facilitamos material escrito, independientemente de que estén en el libro, y aparece un recuadro de recogida de datos, observaciones finales y eso lo van integrando en un cuaderno que se revisa; la valoración objetiva de los resultados es lo que siempre cuenta pues sólo algunas persona pueden llegar por su cuenta”*

Sin embargo, más que realizar una evaluación de los contenidos procedimentales que los alumnos han tenido que poner en práctica en las distintas actividades, lo que en realidad hacen los profesores es valorar el trabajo personal de cada alumno al contestar a las actividades propuestas.

- Otra forma de evaluar estos aprendizajes es incluyéndolos en los exámenes, pero solamente seis de ellos afirman, de forma general, que lo hacen; aunque ningún profesor indica si en la calificación de los exámenes hay un determinado porcentaje para los contenidos procedimentales o para las prácticas de laboratorio.

En relación con los tipos de contenidos de las pruebas escritas de evaluación se pidió a los profesores algún examen o prueba de evaluación que hubieran elaborado sobre la UD que habían entregado. De los quince profesores entrevistados, tres entregan más de un examen, pero otros tres no entregan ninguno, por lo que el análisis se hace sobre 17 pruebas escritas (Anexo V).

De los resultados que se presentan en la tabla 7.7 se deduce que lo que se evalúa fundamentalmente son contenidos conceptuales -a pesar de que en la entrevista seis de ellos decían que en los exámenes incluyen preguntas sobre contenidos procedimentales- con preguntas para relacionar mediante flechas conceptos, indicar si determinadas frases son verdaderas o falsas, diferenciar pares de conceptos, describir el funcionamiento de un órgano..., explicar un proceso..., definir, completar frases,.. . Por ejemplo: *“Explica la diferencia que existe entre un delta y un río”, “Puntos en que se basa la Teoría Celular”, “Característica de los alveolos pulmonares”, “Dibuja el esquema de una mitocondria y de un cloroplasto, diciendo cada una de sus partes así como su función”; “¿Qué es la densidad de un cuerpo. Escribe su fórmula”, etc.*

Las escasas preguntas que podrían requerir la puesta en práctica de contenidos procedimentales sólo representan el 9,6% del total y se reducen a problemas de genética de los llamados “tradicionales” que, como indicábamos en el capítulo 2, se presentan como “ejercicios” o problemas cerrados que no permiten que los estudiantes traten situaciones relacionadas con el verdadero trabajo científico. Como ejemplo de este tipo de problemas *“En los ratones el pelo rizado (R) domina sobre el pelo liso (r); y el pelo negro (N) sobre el pelo blanco (n). Si cruzamos un ratón de raza pura rizado y negro, con otro, también de raza pura, blanco y liso, indica cuáles serán los genotipos de la F1 y de la F2 (realiza todos los cruzamientos).*

Profesor	Curso	Conceptos	Procedimientos
1	3º ESO	10	0
	3º ESO	5	0
	1º Bach	6	0
2	4º ESO	1	2 problemas clásicos de genética
3	3º ESO	4	0
	3º ESO	8	0
6	3º ESO	6	0
	4º ESO	8	0
8	1º ESO	3	0
9	2º ESO	10	0
10	4º ESO	3	3 problemas clásicos de genética
	1º Bach	7	4 problemas clásicos de genética
11	1º Bach	4	0
12	1º Bach	5	0
13	1º ESO	6	0
14	3º ESO	6	0
15	3º ESO	12	1 sobre una práctica de laboratorio
TOTAL		104	10

Tabla 7.7. Distribución de las preguntas de los exámenes

Estos planteamientos ratifican la situación que se produce en la enseñanza de los problemas de la Genética; como indican Ayuso et al. (1996) y Banet y Ayuso (1998), los libros de texto de secundaria, de los que los profesores extraen los problemas para las pruebas de evaluación, fomentan una resolución algorítmica, renunciando a abordar estas situaciones como pequeñas tareas de investigación, de manera que no contribuyen a poner en práctica procedimientos característicos de la actividad científica.

Sólo en un caso hay una cuestión que se relaciona con una práctica de laboratorio: “*El almidón se tiñe con..... dando un color..... aparece en un alimento: Las proteínas se tiñen con..... y dan un color Aparecen en un alimento.....*” (los alumnos y alumnas habían realizado anteriormente una práctica de laboratorio de las sustancias de los alimentos). Sin embargo, la forma de plantearla se limita a la memorización de algunos aspectos de la práctica que podrían aprenderse sin necesidad de haberla realizado.

Podemos pensar, por lo tanto, que si los exámenes son un reflejo de los aprendizajes que se quiere conseguir, los contenidos procedimentales o no han sido un objetivo de enseñanza o no se les ha tomado en la misma consideración que los contenidos conceptuales. Ello a pesar de que en sus Unidades didácticas se contemplan todos los tipos de contenidos, y, en consecuencia la necesidad de enseñarlos.

7.3. CONCLUSIONES SOBRE LAS CONCEPCIONES Y LA PRÁCTICA DOCENTE DE LOS CONTENIDOS PROCEDIMENTALES

Aun considerando que el tamaño de la muestra de nuestra investigación ha sido bastante reducido y que los resultados que hemos presentado en este capítulo sólo pretenden ser una primera aproximación a las concepciones que tienen los profesores sobre los contenidos procedimentales y a la repercusión que éstos tienen en su práctica habitual que debe ser punto de partida para futuras investigaciones en esta línea, a partir del análisis de las opiniones recogidas podemos señalar lo siguiente:

- En primer lugar, hemos podido constatar que parece existir cierta confusión entre el profesorado en cuanto a la naturaleza de los contenidos procedimentales. Es decir, los intentos llevados a cabo por las administraciones educativas para explicar su significado, tanto en los documentos curriculares, como mediante los materiales que se han desarrollado a partir de la LOGSE, la realización de numerosos cursos de formación, la atención que la investigación educativa ha prestado a esta dimensión formativa, no han logrado que, en general, los profesores diferencien entre contenidos procedimentales y actividades prácticas (muy en particular, las de laboratorio).
- Esta percepción, frecuente entre el profesorado, sin duda dificulta la apreciación sobre las posibilidades de que la enseñanza de las ciencias se ocupe de esta clase de contenidos, constituyendo una *“buena excusa” para soslayar la enseñanza de procedimientos*. Es decir, la relativa importancia que atribuyen a estos aprendizajes no se podrían reflejar en su práctica educativa, ya que reconocen que diversas e importantes causas externas (falta de tiempo, dificultades para hacer prácticas de laboratorio, incapacidad de los alumnos...), impedirían que su enseñanza diaria se ocupe, con mayor consideración, de los contenidos procedimentales.

Es decir, como se señala desde la investigación educativa, en general, se hacen pocas prácticas (Martínez y García, 2002; Sanmarti, 2002; Nieda, 2006) a pesar de que los docentes les conceden un valor extraordinario (Gil et al, 1991; Martínez et al., 1993; García et al., 1995; Campanario y Moya, 1999; Romero, 2006).

- En consecuencia, y aunque, en general los profesores valoran de manera importante su papel en la formación de los estudiantes de los distintos niveles educativos, en su práctica educativa consideran *los contenidos procedimentales subordinados a los de carácter conceptual*. Aunque esta mayor incidencia en la enseñanza que conceden al aprendizaje de conceptos suele responder a la preparación que necesitan los estudiantes para cursar estudios superiores, estos criterios, que no compartimos, y que pueden justificar, en alguna medida, esta orientación educativa –en particular, en Bachillerato, debido a la presión que ejercen las Pruebas de Acceso a la Universidad-, tienen poco sentido en primaria y en ESO, sobre todo por la importancia de la formación en el ámbito de los procedimientos en el desarrollo intelectual de los estudiantes a estas edades.
- Esto sucede con independencia de que los contenidos procedimentales se reflejen, en mayor o menor medida, en la planificación educativa; circunstancia que se ve confirmada por el hecho de que, en muchos casos, éstas son desconocidas para algunos profesores o tienen un interés muy relativo para ellos; también porque, con frecuencia, el desarrollo de la enseñanza tienen como una de sus referencias importantes los libros de texto que, como hemos comentado en el capítulo anterior, prestan una atención educativa poco adecuada a estos contenidos de enseñanza.
- Además, cuando éstos son considerados, en las unidades didácticas que elaboran los profesores, *son escasos aquellos relacionados con el desarrollo de habilidades de investigación o de destrezas manuales*. Es decir, predominan contenidos procedimentales que tienen que ver con el análisis de material escrito o la búsqueda de información, generalmente, referida a los contenidos conceptuales de la unidad didáctica.

- Por último, *los contenidos procedimentales no suelen ser considerados en los criterios de evaluación*. En este sentido, las escasas cuestiones que incluyen en los exámenes que podrían ser consideradas del ámbito procedimental, se refieren a actividades para comprobar la memorización de datos o se relacionan con la resolución de problemas de Genética, con planteamientos clásicos, que no desarrolla habilidades procedimentales, a semejanza de los problemas que proponen los libros de texto.

Parece, por tanto, que los profesores tampoco facilitamos el aprendizaje de los contenidos procedimentales, sobre todo porque no les prestamos la debida atención en nuestra práctica educativa y, en el caso de hacerlo, apenas los tenemos en cuenta en la evaluación, con lo que transmitimos a los estudiantes la idea de su escasa importancia.

En definitiva, podríamos señalar que son, por tanto, las concepciones docentes uno de los principales obstáculos para fomentar aprendizajes en el ámbito de los procedimientos, ya que los profesores, como dice Sanmartí (2002), se guían más por su propia visión de la enseñanza y el aprendizaje que por las orientaciones curriculares prescritas, lo que hace que consideren a los trabajos prácticos, como señalan Cano y Cañal (2006), en un lugar secundario, y que los contenidos procedimentales no se tengan en cuenta en la planificación de su enseñanza, y en particular, en la evaluación de los estudiantes (Romero, 2006).

Esta situación se podría evitar si mejorase la formación didáctica inicial y del profesorado en ejercicio de secundaria, pues se considera que sus preparación psicopedagógica y didáctica no son las adecuadas (Mellado y González, 2000). También se mejoraría si los libros de texto, principal recurso –casi el único- que utilizan los profesores, tuvieran en cuenta el papel fundamental de los contenidos procedimentales en el aprendizaje de las ciencias.

Al contrastar nuestras conclusiones con las subhipótesis que formulábamos en relación con el problema 3, podemos deducir que, teniendo en cuenta el reducido tamaño de la muestra de nuestra investigación:

- La subhipótesis 3.1 -los profesores manifiestan verbalmente su compromiso con una enseñanza que tenga en cuenta un papel destacado de los contenidos procedimentales- no se confirma.
- Mientras que la subhipótesis 3.2 -la enseñanza real de los profesores no tiene en cuenta el papel destacado que atribuyen a los contenidos procedimentales- podemos considerar que se confirma.

Una vez finalizado en análisis de los resultados de nuestra investigación, en el siguiente y último capítulo pasamos a presentar las principales conclusiones *obtenidas*.

PARTE V: CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez finalizada la descripción de esta investigación, y como recapitulación del trabajo realizado y reflexión sobre los resultados obtenidos, presentamos las conclusiones más relevantes obtenidas en relación con los distintos problemas que nos habíamos formulado, prestando particular atención a aquellas que se refieren con las implicaciones que se pueden derivar de nuestro estudio para la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales. También señalaremos ciertas limitaciones que somos conscientes que ha tenido esta investigación, sobre las que consideramos necesario profundizar; a la vez que plantearemos, como perspectivas de futuro, algunas propuestas de investigación que podrían aportar una información de notable relevancia para continuar los estudios que se desarrollan en estos ámbitos.

Cuando iniciamos esta Memoria planteábamos el problema principal bajo el siguiente interrogante: *¿Cuál es la situación actual en relación con la enseñanza y aprendizaje de procedimientos en la ESO, desde la perspectiva de las Ciencias de la Naturaleza?*, que nos formulamos, como señalamos en la introducción, como consecuencia de nuestro interés profesional por intentar que los estudiantes, más allá de la memorización, sean capaces de aplicar los conocimientos que aprenden para resolver los problemas que se presentan en el ámbito escolar o en su vida cotidiana.

Con estos propósitos, decidimos, como primera aproximación, analizar tres aspectos que consideramos que podrían aportar algunas claves que dieran respuesta a esta cuestión: los aprendizajes que demuestran haber conseguido los estudiantes como consecuencia de la enseñanza habitual; el tratamiento que estos contenidos reciben en los libros de texto; y, por último, los puntos de vista y las tareas de planificación del profesorado en relación con la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos.

Como también decíamos en la introducción, los resultados que pudiéramos obtener en relación con estos aspectos nos deberían proporcionar algunos criterios relevantes para realizar propuestas para la enseñanza de procedimientos científicos en la ESO, en respuestas a preguntas como: ¿qué dificultades plantea en las aulas el aprendizaje de estos contenidos?; ¿qué orientaciones educativas podrían contribuir a mejorar la formación de los estudiantes en el ámbito de las habilidades que caracterizan a la investigación científica?

Conclusiones que, en lugar de presentar de manera ordenada según los distintos problemas que han orientado este estudio, hemos preferido desarrollar de manera integrada, haciendo referencia a sus dos aspectos importantes:

- La importancia de los procedimientos como contenidos de enseñanza.
- Las dificultades que encuentran los estudiantes a la hora de aprender en relación con este ámbito formativo, así como las posibles causas de las mismas; en particular, la incidencia de los libros de texto.

A continuación, y con la intención de que este mayor conocimiento sobre los distintos problemas de investigación se pueda concretar en implicaciones educativas de interés, analizaremos:

- En primer lugar, las alternativas que, como consecuencia de nuestros resultados, se podrían plantear para mejorar la formación de los estudiantes en relación con las habilidades que caracterizan a la investigación científica.
- En segundo término, las limitaciones que ha tenido nuestro estudio y las perspectivas que podrían orientar futuras investigaciones en relación con esta problemática, sin duda, importante desde el punto de vista educativo.

Importancia de los procedimientos como contenidos de enseñanza

Como han puesto de manifiesto los resultados de investigación presentados en esta Memoria, los contenidos procedimentales tiene un carácter subsidiario de los contenidos conceptuales, y, precisamente por no desarrollarse de forma adecuada, en general, los estudiantes no suelen adquirir las capacidades necesarias para su puesta en práctica. Sin embargo...

- Desde perspectivas psicológicas, epistemológicas, sociológicas y curriculares, los contenidos procedimentales deben ocupar un lugar relevante en la enseñanza de las ciencias que se lleva a cabo en los diferentes niveles de la educación obligatoria.

Desde la psicología educativa, muy especialmente desde planteamientos piagetianos, se ha destacado el papel de la enseñanza para contribuir al desarrollo de aquellas estructuras y esquemas operatorios que constituyen un determinado estadio, como por ejemplo el de las operaciones formales. Algunos autores han relacionado dichos esquemas con el conocimiento procedimental, haciendo referencia a habilidades o destrezas características de la metodología científica, entre otras, la formulación de predicciones lógicas, la planificación de experimentos para someter a prueba hipótesis

alternativas, la recogida, organización y análisis de datos experimentales y correlaciones relevantes, o la obtención y aplicación de conclusiones razonables.

Por su parte, la Didáctica de las Ciencias ha justificado la importancia de los contenidos procedimentales, entre otras razones porque permiten a los estudiantes una mejor comprensión de los hechos y conceptos científicos y porque ofrece una visión de la naturaleza de la ciencia y de la metodología científica coherente con las teorías epistemológicas actuales. Las nuevas perspectivas de la enseñanza, orientadas a lo que se ha llamado alfabetización científica o ciencia para todos, incorporan estas propuestas al reivindicar un tratamiento integrado de los tres ámbitos del conocimiento: el aprendizaje de los contenidos conceptuales básicos; el desarrollo de destrezas cognitivas, el razonamiento científico, destrezas experimentales y de resolución de problemas; y el fomento de actitudes y valores acordes con una imagen actual de la ciencia y su aplicación a la vida cotidiana.

Además, en la actual sociedad del conocimiento y de la información, los contenidos procedimentales tienen un papel esencial por su capacidad pragmática, comunicativa, expresiva, cognitiva y metacognitiva. Los ciudadanos del siglo XXI tienen que estar capacitados para comprender los mensajes de los medios de comunicación y para poder utilizar los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías, todo lo cual requiere el dominio de una serie de técnicas y habilidades, a cuyo desarrollo puede contribuir la enseñanza de las ciencias.

Esta triple perspectiva (psicológica, epistemológica y sociológica) ha sido tenida en cuenta a la hora de diseñar el currículo escolar, especialmente en los niveles básicos de enseñanza. Al respecto hemos indicado que el currículo correspondiente a la LOGSE (ley que estaba vigente cuando se desarrolló este trabajo), incorporaba los contenidos procedimentales de manera implícita en los objetivos generales del área de Ciencias de la Naturaleza y de manera más específica en los diferentes bloques de contenidos, al entender que la enseñanza de las ciencias debe ser consecuente con los actuales planteamientos sobre la naturaleza de la ciencia y con la metodología que se utiliza en la construcción del conocimiento científico.

Dado el carácter normativo y orientador del currículo, los profesores deberían incluirlos en sus programaciones y llevar a cabo una enseñanza que posibilitara su aprendizaje a un nivel similar al de los conceptuales y los actitudinales. Del mismo modo, los libros de texto y otros materiales didácticos aprobados por las administraciones educativas deberían reflejar las propuestas curriculares referidas a este tipo de contenidos, al modo en que deben secuenciarse a lo largo de los diferentes niveles educativos y las propuestas metodológicas que mejor pueden contribuir a su aprendizaje. En ese sentido, hemos indicado que, además de posibilitar la comprensión de hechos y conceptos científicos, los procedimientos tienen un valor formativo en sí mismos, por lo cual deberían tener el mismo carácter propedéutico que éstos.

A pesar de que la LOGSE ha estado vigente durante más de una década, la investigación en el campo de los contenidos procedimentales ha sido minoritaria, limitándose casi exclusivamente a analizar el tipo de actividades que predomina en las clases de ciencias, con un énfasis especial en los trabajos prácticos y la resolución de problemas. Además, buena parte de ella se ha desarrollado en contextos teóricos (naturaleza, clasificación,

circunstancias que favorecen su aprendizaje...), sin duda importantes para orientar los procesos educativos, pero sin suficiente respaldo experimental.

Es decir, en nuestro ámbito educativo, disponemos de muy pocas investigaciones, que aporten resultados dignos de mención, entre cuyos objetivos se encuentren: el diagnóstico de los aprendizajes que han alcanzado los estudiantes de distintos niveles educativos en relación con estos contenidos; el análisis de su evolución como consecuencia de la enseñanza; o la evaluación de la repercusión de determinadas intervenciones educativas, diseñadas al efecto, en la progresión de los estudiantes en relación con estas habilidades intelectuales y destrezas. Tampoco disponemos de información contrastada sobre el diseño de instrumentos para llevar a cabo estos diagnósticos.

Es por ello que nuestro trabajo ha tratado de abordar la cuestión de una manera más global, integrando estas perspectivas, cuyo análisis nos han permitido identificar dificultades de aprendizaje, sus posibles causas, así como proponer alternativas para la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos.

Dificultades que encuentran los estudiantes para el aprendizaje de los contenidos procedimentales

Los resultados que hemos descrito pormenorizadamente en el capítulo 5 indican que los estudiantes que finalizan la Educación Primaria y los que cursan la Educación Secundaria Obligatoria tienen numerosas dificultades para el aprendizaje de los contenidos procedimentales de Ciencias Naturales que han sido objeto de esta investigación: la representación de datos a través de tablas y gráficas, y aquellos que forman parte del proceso de investigación (formulación del problema, planteamiento de hipótesis, diseño experimental incluyendo la identificación y el control de variables, así como la obtención de conclusiones de la investigación a la luz de los resultados de su puesta en práctica).

- Los estudiantes muestran escasa capacidad para identificar la naturaleza de los distintos contenidos procedimentales

Aunque las dificultades son diferentes si se trata de reconocer ejemplos de tablas y gráficas que si se les pide definir o identificar una determinada fase o etapa del proceso de investigación, constatamos que los estudiantes no perciben los contenidos procedimentales como contenidos objeto de aprendizaje al mismo nivel que lo hacen con los conceptuales, hasta el punto de no recordar ejemplos de actividades realizadas en cursos anteriores en los que se hubieran utilizado. Es decir, a pesar de que reconocen haber elaborado e interpretado tablas y gráficas, o que en algunas actividades de enseñanza han tenido que identificar o proponer hipótesis, diseñar un experimento u obtener conclusiones, no han adquirido los conocimientos que les permitan aprender la utilidad y las características elementales de estos contenidos procedimentales.

En relación con tablas y gráficas, salvo los que finalizaron la ESO, la mayoría de los estudiantes son incapaces de poner ejemplos y de explicar su utilidad de manera aceptable (utilizan un lenguaje impreciso o confunden su utilidad con la información que suministran), resultando sorprendente que un porcentaje importante de ellos equiparen ambas formas de representación (cuando se les pide que pongan un ejemplo

de tabla dibujan una gráfica). En general, se identifican mejor las gráficas que las tablas, como señalaremos más adelante, debido a que los estudiantes están más familiarizados con ellas a través del libro de texto y de los medios de comunicación. Evidentemente, estas dificultades suponen un hándicap importante para la elaboración e interpretación de tablas y gráficas, tareas bastante habituales en la enseñanza de las ciencias.

Por lo que se refiere a los procesos que forman parte de una investigación, el grado de conocimiento que muestran los estudiantes es significativamente menor que en relación con tablas y gráficas, especialmente cuando se les pide abiertamente que pongan ejemplos de cada uno de ellos y cuando se les propone identificarlos en contextos de investigación concretos. En este último caso, las mayores dificultades de los estudiantes estriban en la confusión de términos (hipótesis con problema o conclusión, problema con diseño experimental...), que al margen de indicar un escaso dominio del vocabulario “científico” (por otra parte, no tan específico de este ámbito de conocimientos), pone de manifiesto una evidente falta de comprensión de su significado que repercutirá negativamente al realizar actividades relacionadas con la resolución de problemas. Aunque estas dificultades son más habituales entre los alumnos que finalizaron la Educación Primaria y el 1º ciclo de la ESO, resulta llamativo que entre los que se encontraban en 1º de Bachillerato persistan algunas de ellas, como no identificar las variables de una investigación (sobre todo si son cualitativas) o no saber poner ejemplos de hipótesis o diseños experimentales utilizados en cursos anteriores.

- En general, tienen más dificultades para elaborar una tabla o una gráfica que para su interpretación, salvo cuando se trata de obtener información global

Si el grado de conocimiento que muestran los alumnos sobre el significado y las características básicas de los contenidos procedimentales investigados es escaso, sus dificultades son aún mayores con respecto a su puesta en práctica en un contexto científico que a priori consideramos asequible al nivel educativo en el que se encuentran.

La mayor parte de los estudiantes de los niveles educativos investigados demuestran muchas dificultades para la puesta en práctica de las formas de representación numérica, como se desprende del reducido porcentaje de los que elaboran e interpretan correctamente una tabla y una gráfica sencilla o de un nivel de dificultad intermedio (en el caso de los alumnos que finalizan la ESO, encontramos resultados similares cuando se trata de ejemplos de mayor complejidad pero que consideramos asequibles para ellos). No obstante, es preciso realizar algunas matizaciones en cuanto a las diferencias existentes entre las capacidades de elaboración e interpretación. Con carácter general, podemos afirmar que los alumnos tienen más facilidad para interpretar que para elaborar. Dicha interpretación resulta más asequible cuando la información que se demanda se refiere a datos fácilmente deducibles de la tabla o de la gráfica (información local), que si se pide a los estudiantes que encuentren relaciones entre ellos o que obtengan conclusiones no observables directamente (información global). En cuanto a la elaboración, los alumnos tienen más dificultades para transformar una tabla de datos en una gráfica que para confeccionar ésta a partir de los datos de una situación problemática.

La mayor dificultad a la hora de elaborar una tabla estriba en ordenar los datos, ya que cuando se les facilitan de forma desordenada los estudiantes tienden a colocarlos en el

orden que aparecen en el texto; en menor medida, también suelen olvidarse de poner el encabezamiento indicando el nombre de las variables. Estas dificultades se incrementan cuando las tablas se componen de más de dos variables.

En cuanto a la elaboración de una gráfica, las dificultades son mucho más numerosas, especialmente para los estudiantes que han finalizado la Educación Primaria y para los que han hecho lo propio con el 1º ciclo de la ESO. Entre ellas cabe destacar algunas características elementales de una gráfica, como la colocación de los valores en los ejes de coordenadas siguiendo criterios de proporcionalidad y la finalización de la gráfica mediante el correspondiente diagrama (en ocasiones dejan de unir los puntos o dibujan un tipo de diagrama que no es el más adecuado a los datos de la tabla).

El modo de interpretación que hemos denominado “obtención de información local”, el cual incluye tareas como reconocer filas, columnas y variables, para las tablas, y la búsqueda de valores puntuales o interpolar datos para las gráficas, no suele presentar especiales dificultades para el alumnado, con excepción de esta última cuestión, debida más a errores de cálculo matemático que al desconocimiento de la técnica concreta. Sin embargo, la “obtención de información global” resulta mucho más problemática para los estudiantes de todos los niveles investigados. En particular hay que significar las dificultades que encuentran para comparar tramos de una misma línea de la gráfica, inferir su tendencia o ponerle un título, con porcentajes de respuestas correctas que no llegan al 10% en 1º de ESO, al 30% en 3º de ESO y al 60% en 1º de Bachillerato.

- Una amplia mayoría de estudiantes muestran pocas capacidades para deducir y aplicar correctamente los procedimientos implicados en la planificación y desarrollo de una investigación científica

Aunque como hemos indicado en sucesivas ocasiones, el nivel al que se han investigado las habilidades y destrezas de los estudiantes para planificar una investigación se ha limitado al planteamiento de situaciones problemáticas habituales en las clases de ciencias desde un plano más teórico que práctico (germinación de semillas, experiencia de Redi sobre generación espontánea, experiencia de Van Helmont sobre la nutrición de las plantas...), los resultados obtenidos indican que los alumnos no han llegado a adquirir ni tan siquiera unas capacidades elementales o iniciales para aplicar adecuadamente los procedimientos científicos vinculados con las fases o etapas de una investigación. En consecuencia, tendrán muchas dificultades para realizar con éxito actividades experimentales como los trabajos prácticos o la resolución de problemas (en el caso de que se las proponga el profesor), para comprender determinados hechos y conceptos científicos que difícilmente se pueden aprender mediante actividades de lápiz y papel, y, en definitiva, para desarrollar las capacidades que prescribe el currículo de Educación Secundaria Obligatoria en relación con este tipo de contenidos.

Los estudiantes tienen más dificultades para planificar una investigación que para deducir y expresar los procesos que forman parte de una situación problemática dada, aunque en ambos casos sus capacidades son muy limitadas, menores aún que las demostradas para la elaboración e interpretación de tablas y gráficas: el porcentaje de los que resuelven correctamente las tareas referidas a cada uno de los procedimientos por separado (identificación del problema, formulación de hipótesis, identificación y control de variables, diseño experimental, obtención de conclusiones), oscilan en torno al 10%-15% en 1º de ESO, al 20%-30% en 3º de ESO y al 40%-50% en 1º de

Bachillerato, mientras que el de los que planifican adecuadamente una investigación (si exceptuamos la referida al comportamiento de los caracoles, de escasa complejidad) no llega en ningún caso al 20%.

Los resultados parecen indicar que los alumnos desconocen el significado de cada uno de los procesos, que en muchos casos confunden entre sí, y probablemente el sentido de las situaciones problemáticas utilizadas, a pesar de que generalmente son habituales en las clases de ciencias. En particular llama la atención las dificultades que tienen los estudiantes que han finalizado el 1º ciclo de la ESO y los que se encuentran en 1º de Bachillerato para identificar las variables que intervienen en una experiencia determinada y para reconocer la necesidad de efectuar un experimento control, pues cabría suponer que tras diversos cursos estudiando ciencias estuvieran más familiarizados con ese tipo de tareas que las que demuestran. Por el contrario, ya no resulta tan sorprendente que no sean capaces de planificar adecuadamente una investigación destinada a resolver un problema o contrastar una hipótesis, ya que se trata de un procedimiento más complejo, que a su vez integra a varios de los anteriores, con respecto a los cuales muestran numerosas deficiencias.

- Muchas de las dificultades de los estudiantes persisten a lo largo de los cursos siguientes, no observándose durante la ESO la progresión que cabría esperar ni desde el punto de vista cuantitativo ni desde una perspectiva cualitativa

Si las propuestas curriculares sobre los criterios de secuencia que se deben tener en cuenta en la enseñanza de los contenidos procedimentales se aplicaran correctamente, los resultados deberían indicar una progresión importante en las capacidades de los estudiantes conforme se avanza en el sistema educativo. Sin embargo, los resultados que hemos mostrado a lo largo de este trabajo ponen de manifiesto que, en general, no se producen avances destacables y que en algunos casos se detectan ciertos retrocesos difíciles de justificar.

Cuando decimos que no se producen avances destacables nos referimos sobre todo a aquellas capacidades en las que a priori deberían darse mayores diferencias entre niveles educativos, bien porque se comparan tareas de escaso grado de complejidad, o porque se trata de procedimientos más adecuados para su desarrollo cognitivo y bagaje de conocimientos. Así, aunque los datos indican que, en términos generales, los estudiantes de 3º de ESO muestran más capacidad para la identificación y puesta en práctica de procedimientos que los de 1º de ESO, y los de 1º de Bachillerato más que aquellos, cuando se les presentan las mismas tareas (elaborar e interpretar tablas y gráficas sencillas; identificar determinados procedimientos en ciertas situaciones problemáticas), sus dificultades son similares cuando se trata de tareas más complejas que consideramos adecuadas para su edad. Entre otros ejemplos, comprobamos que los estudiantes de 3º de ESO y 1º de Bachillerato cometen errores similares al elaborar una tabla o una gráfica de un nivel de complejidad intermedio, al deducir y expresar procedimientos implícitos en una investigación de mayor dificultad, para las cuales suponemos deberían estar suficientemente capacitados, o al planificar una investigación.

De modo similar, tampoco se producen resultados muy positivos en relación con aquellas tareas que hemos presentado exclusivamente a determinados cursos por considerar que no eran apropiadas para los anteriores, como por ejemplo, interpolar datos en una gráfica (3º de ESO y 1º de Bachillerato), comparar tramos de líneas

distintas y describir una tabla o una gráfica (1º de Bachillerato), identificar y escribir el significado de las variables de un experimento o de un diseño experimental (3º de ESO y 1º de Bachillerato), poner ejemplos de hipótesis, variables y diseño experimental (1º de Bachillerato), deducir y expresar procedimientos en experiencias complejas como la de Van Helmont (1º de Bachillerato), identificar variables de un experimento (1º de Bachillerato) o la necesidad de un experimento control (3º de ESO y 1º de Bachillerato).

También se han encontrado retrocesos en procedimientos concretos (poner ejemplos de tablas y gráficas, extrapolar datos, inferir la tendencia en una gráfica sencilla), que podemos interpretar como continuidad o no superación de las dificultades que tenían en cursos anteriores, o que en todo caso podrían achacarse a apreciaciones erróneas por nuestra parte a la hora de considerar la dificultad de las tareas que se han empleado en los cuestionarios utilizados para cada uno de los niveles educativos que han sido investigados.

Algunas causas que explican las dificultades de los estudiantes en relación con el aprendizaje de los contenidos procedimentales

Aunque algunas de las dificultades que tienen los estudiantes para identificar y poner en práctica los contenidos procedimentales pueden relacionarse con causas como la propia naturaleza de los mismos por requerir el desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo, o la ausencia de determinadas capacidades lingüísticas y matemáticas, en general son debidas a una enseñanza inadecuada, orientada fundamentalmente al ámbito conceptual a través de actividades rutinarias y repetitivas que no favorecen el desarrollo de las capacidades, habilidades y destrezas que requiere el dominio de los contenidos procedimentales.

- El inadecuado desarrollo de determinadas capacidades intelectuales de los estudiantes dificulta el aprendizaje de algunos procedimientos

Desde la psicología piagetiana se argumenta que la comprensión de la mayor parte de los hechos y conceptos científicos no se puede lograr hasta que los estudiantes han adquirido el pensamiento hipotético-deductivo, es decir hasta que se encuentran en la etapa de las operaciones formales, que entre otros rasgos se caracteriza por el desarrollo de esquemas operatorios como las proporciones, la coordinación de dos sistemas de referencia, las operaciones combinatorias, la noción de probabilidad, la noción de correlación, las compensaciones multiplicativas y las formas de conservación que van más allá de la experiencia.

En consecuencia, se podría argumentar que muchas de las tareas que hemos propuesto a los alumnos serían de naturaleza hipotético-deductiva (por ejemplo, las relacionadas con la identificación y/o la planificación de los procesos de una investigación), y podrían explicar las dificultades encontradas, ya que por su edad (entre los 12 y los 16 años) muchos de ellos aún no han alcanzado ese tipo de pensamiento.

Sin embargo, este “determinismo” ligado a la edad de las personas ha sido muy cuestionado desde diferentes campos (entre ellos, la Didáctica de las Ciencias) afirmando que las edades a las que se alcanza el pensamiento formal no son invariables y que las capacidades relacionadas con el pensamiento hipotético-deductivo pueden adquirirse a través de la enseñanza, en contextos específicos, como el de las ciencias

experimentales. En consecuencia, sin descartar que estas circunstancias puede limitar el aprendizaje, consideramos que muchas de las dificultades que hemos encontrado, son debidas, como analizaremos a continuación, a causas relacionadas con la enseñanza recibida por los alumnos, y no exclusivamente en las clases de ciencias.

- Parte de las dificultades que muestran los alumnos son consecuencia del escaso dominio de determinadas capacidades lingüísticas y matemáticas

El éxito de instrumentos como los cuestionarios exige que el vocabulario y las cuestiones experimentales que se plantean sean comprendidas por los estudiantes. A pesar de que se elaboraron partiendo de entrevistas a una muestra reducida de alumnos de cada uno de los niveles educativos investigados, y de que se llevó a cabo un ensayo piloto para garantizar su fiabilidad, es posible que algunos resultados estén mediatizados por problemas lingüísticos como falta de capacidad expresiva, escaso dominio del vocabulario específico o insuficiente comprensión lectora, que a su vez puede estar relacionada con dificultades conceptuales.

La falta de capacidad expresiva se comprueba en cuestiones abiertas a través de las cuales los estudiantes deben definir, explicar o poner ejemplos, utilizando un vocabulario adecuado y construyendo las frases y los argumentos correctamente. Este problema se detecta especialmente en los alumnos de 1º y 3º de la ESO, cuando se pide que expliquen la utilidad de tablas y gráficas, que pongan título a una tabla o a una gráfica, o que describan la información que éstas proporcionan.

En cierto modo, parte de la confusión que muestran los alumnos a la hora de identificar un determinado procedimiento en el marco de situaciones experimentales que les deberían resultar familiares, podrían deberse a un escaso dominio del vocabulario específico (algunos términos, como problema, hipótesis, experiencia, no tienen el mismo significado en la vida cotidiana que en un contexto científico).

Junto al problema anterior, hemos comprobado que algunos de los textos empleados para la identificación y puesta en práctica de procesos relacionados con la investigación, en particular las experiencias de Redi sobre la generación espontánea y Van Helmont sobre la nutrición vegetal, han resultado mucho más difíciles de resolver que los restantes, quizás porque los estudiantes no los hayan comprendido debido al vocabulario empleado o a los conceptos que subyacen en ellos.

Finalmente hay que significar la influencia que ha podido tener el escaso dominio de determinadas habilidades matemáticas por parte de los estudiantes en las tareas relacionadas con la elaboración e interpretación de tablas y gráficas. Aunque se trata de formas de representación que se utilizan en la mayor parte de las áreas, requieren el dominio de capacidades como el cálculo matemático, la proporcionalidad o la representación gráfica, que supuestamente se deberían aprender en las asignaturas de Matemáticas que cursan a lo largo de su etapa escolar. Y probablemente, la ausencia de estos aprendizajes, teóricos y prácticos, expliquen algunas de las dificultades anteriormente comentadas a la hora de dibujar correctamente los ejes de coordenadas, utilizar el tipo de gráfica adecuado a los datos, comparar puntos y tramos de una línea, interpolar o extrapolar información.

- La enseñanza que llevan a cabo los profesores está orientada prioritariamente al ámbito conceptual

Para tratar de analizar la influencia que pueda tener la enseñanza en las dificultades de los estudiantes en relación con la identificación y puesta en práctica de los contenidos procedimentales hemos entrevistado a una muestra de profesores que imparten las asignaturas de ciencias experimentales en la etapa de Educación Secundaria.

En general, los profesores son conscientes de la obligatoriedad de incorporar los contenidos procedimentales a su enseñanza ya que forman parte del currículo oficial (al menos cuando se llevó a cabo este trabajo), y así se comprueba al revisar las programaciones correspondientes a las unidades didácticas. Pero aunque teóricamente les conceden importancia, su práctica habitual se orienta prioritariamente al ámbito conceptual.

Esta contradicción entre la sobrevaloración de los contenidos procedimentales y su enseñanza básicamente conceptual se observa en datos como los siguientes:

- Opinan que a medida que se avanza en el sistema educativo, los contenidos conceptuales deberían tener mayor “peso” que los procedimentales.
- Consideran más adecuados para los niveles básicos aquellos procedimientos que se relacionan con destrezas y habilidades experimentales (observar, medir, clasificar, realizar montajes, etc.), y afirman que dejarían para Bachillerato las capacidades más ligadas al ámbito intelectual (diseñar e interpretar experimentos, confeccionar e interpretar tablas y gráficas, elaborar informes, etc.), pero en sus programaciones predominan los relacionados con la comunicación (analizar material escrito, elaborar informes sobre información conceptual...).
- Reconocen que en su práctica habitual prestan menos atención a los procedimientos de lo que deberían, en cierto modo, porque, en la mayoría de los casos, la programación real es la del libro de texto y, como veremos, esta no se caracteriza por favorecer una enseñanza equilibrada de este tipo de contenidos.
- La evaluación del aprendizaje se centra exclusivamente en los conceptos planificados, ya que en los exámenes no aparecen cuestiones referidas a los procedimientos, que como mucho valoran al calificar las actividades de clase o las prácticas de laboratorio.

Probablemente, estas contradicciones son consecuencia de cierta confusión entre procedimientos y actividades, y/o entre procedimientos y trabajos prácticos, que comprobamos en el modo de redactar este tipo de contenidos en las unidades didácticas y en las razones que dan para justificar la poca atención que les prestan en su enseñanza habitual: el argumento más utilizado es que no enseñan procedimientos porque no pueden hacer prácticas de laboratorio y que no pueden hacer prácticas de laboratorio porque no cuentan con profesores de apoyo, por falta de tiempo para desarrollar todos los contenidos conceptuales planificados, porque los estudiantes no se comportan adecuadamente en este tipo de actividades o porque no están capacitados para realizarlas.

A pesar de que nuestros resultados se basan únicamente en las opiniones de los profesores y en algunos de los materiales que utilizan (programaciones y exámenes), y, por tanto, desconocemos el tratamiento que dan en su práctica habitual a la enseñanza de los contenidos procedimentales, intuimos que, difícilmente, ésta proporcionará a los estudiantes las capacidades necesarias para su aprendizaje y, en definitiva, no favorecerán la superación de las dificultades que encuentran y probablemente originarán o reforzarán algunas de ellas.

- Los libros de texto no contribuyen al aprendizaje de los contenidos procedimentales y en gran medida explican parte de las dificultades que encuentran los estudiantes para su identificación y su puesta en práctica

Una de las maneras más fiables de averiguar el modo en que los profesores de secundaria llevan a cabo la enseñanza de los contenidos procedimentales es analizar los libros de texto que utilizan, ya que, como reconocen los que hemos entrevistado, este es el medio que suelen emplear para seleccionar los contenidos y las actividades de enseñanza. El análisis de las actividades que proponen a los alumnos nos ha permitido, aunque sea de forma aproximativa, explicar las dificultades anteriormente comentadas, pues nos aporta información sobre los contenidos procedimentales que pueden aprender y sobre el grado de continuidad y progresión que establecen a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Como indicamos en el capítulo 6, en los libros de texto de Ciencias Naturales (Biología/Geología) de Educación Secundaria Obligatoria analizados predominan las actividades que hemos denominado “de lápiz y papel”, mientras que los trabajos prácticos ocupan un papel secundario en la mayoría de ellos. Entre las primeras, son mayoritarias las típicas actividades rutinarias y reproductivas (solo exigen que el alumno busque la información en el texto escrito), cuya finalidad es reforzar (o a lo sumo completar) el aprendizaje conceptual; las que demandan del alumnado una mayor capacidad de actuación, análisis o comunicación (LP3), son muy escasas y se limitan a ampliar información, a interpretar o transformar datos numéricos (cálculos, tablas y gráficas), o a analizar parcialmente una investigación desde el plano teórico (identificar una hipótesis, obtener una conclusión, etc.). Los trabajos prácticos, en porcentaje inferior al 10%, se caracterizan por ser excesivamente dirigidos desde el libro de texto (a modo de “recetas de cocina”) y por limitar la participación y autonomía del alumno; de ahí que los de mayor nivel de indagación (T3, T4 y T5) tengan una participación irrelevante.

Suponiendo que el aprendizaje de los contenidos procedimentales estuviera limitado al que se obtiene al realizar las actividades del libro de texto, podemos afirmar que, en general, éstos prestan muy poca atención a este ámbito del contenido ya que están orientados al aprendizaje de conceptos mediante actividades que se identifican fundamentalmente con modelos de enseñanza por transmisión-recepción. En consecuencia, difícilmente van a favorecer que los estudiantes adquieran las capacidades (habilidades, técnicas, destrezas...) que caracterizan los procesos relacionados con la actividad científica, lo que quizás influya en que el aprendizaje conceptual sea más memorístico que realmente significativo, en que los alumnos tengan una visión equivocada de la naturaleza de la ciencia y del trabajo que llevan a cabo los científicos, además de limitar las actitudes de los alumnos hacia este ámbito de conocimientos.

Un análisis más detallado de los contenidos procedimentales que permiten aprender las actividades de los libros de texto (aunque sea de manera aislada y puntual) pone de manifiesto la existencia de un desequilibrio importante entre los tipos de procedimientos que el currículo prescribe para la Educación Secundaria Obligatoria, favoreciendo la utilización de procedimientos orientados a clarificar y completar los contenidos conceptuales (interpretación de tablas y gráficas, análisis de material escrito...), o en todo caso al desarrollo de destrezas o técnicas instrumentales muy específicas (manejo de instrumentos, montajes experimentales) y a la búsqueda de información directa (observación, clasificación, técnicas de investigación) o documental (utilización de fuentes de información, obtención de conclusiones). Por el contrario, los procedimientos que son necesarios para la planificación, desarrollo y análisis de una investigación o para la resolución de problemas (identificación del problema, predicciones e hipótesis, relaciones entre variables, diseños experimentales, elaboración de conclusiones) tienen una presencia irrelevante.

Las características de los libros de texto que acabamos de describir nos permiten explicar muchas de las dificultades que encuentran los estudiantes para identificar y aplicar los contenidos procedimentales. En relación con la identificación de procedimientos, porque los libros de texto no les dan un tratamiento adecuado, como contenidos objeto de enseñanza y, en consecuencia, los alumnos no son conscientes de que están aprendiendo otro tipo de contenidos que no sean los conceptuales. Por lo que se refiere a su puesta en práctica, porque el formato de actividades de los libros de texto es mucho más teórico que práctico y no sigue unas pautas coherentes que permitan el desarrollo progresivo de las capacidades que requiere cada uno de los procedimientos incluidos en el currículo escolar.

Así como para el aprendizaje de los contenidos conceptuales, los libros de texto disponen de una estructura, que aunque puede variar de unas editoriales a otras, suele incluir los objetivos y contenidos del tema, el desarrollo de la información conceptual de acuerdo con lo que los alumnos han estudiado en cursos anteriores y a su nivel de comprensión, y se proponen actividades que ayuden a consolidar y reforzar los conocimientos planificados, no contemplan ningún tipo de estructura organizada que posibilite aprender los contenidos procedimentales. De ahí que, cuando pedimos a los estudiantes que pongan ejemplos de tablas o gráficas, que escriban el significado de hipótesis o problema, o que identifiquen estos u otros procesos en un contexto de experiencia científica, no dispongan “en su memoria” de suficientes recursos para hacerlo correctamente; es decir, no son conscientes de que lo hayan estudiado en cursos anteriores, porque apenas si han dejado huella alguna: interpretaron alguna gráfica, comentaron y, en algún caso, realizaron algún trabajo práctico, pero su utilización fue subsidiaria de la información conceptual, sin que hubiera tiempo para adquirir las habilidades y destrezas relacionadas con éstos y otros procedimientos y para reflexionar sobre su significado, sus características o su funcionalidad.

De forma similar, las dificultades que tienen los estudiantes a la hora de poner en práctica los contenidos procedimentales están mediatizadas por las escasas ocasiones que lo permiten las actividades de los libros de texto, por el desequilibrio en tipos de actividades y procedimientos que éstos propician, así como por el escaso grado de participación y nivel de indagación que éstas presentan. Por ejemplo, los alumnos tienen más facilidad para interpretar tablas o gráficas que para elaborarlas, porque los libros de texto apenas si contienen actividades en las que ellos deban recoger datos, organizarlos

y representarlos. Los estudiantes suelen confundir los procesos que forman parte de una investigación y tienen muchísimas dificultades para planificarla porque los libros de texto no incluyen suficientes trabajos prácticos que posibiliten su empleo en diferentes contextos, de manera reiterada y progresiva, y porque no están orientados a la resolución de problemas más o menos abiertos que requieran tareas de diseño, desarrollo y análisis (normalmente están muy dirigidos y solamente demandan del alumno tareas que inciden en fases aisladas de la investigación).

En ningún caso, los libros de texto analizados tienen en cuenta las recomendaciones que se hacen desde la Didáctica de las Ciencias o desde la propia administración educativa, sobre el modo en que debe favorecerse el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Entre otras propuestas se argumenta que los procedimientos no se aprenden por casualidad, sino que deben enseñarse conjuntamente con los conceptuales y los actitudinales a través de secuencias de enseñanza basadas en planteamientos constructivistas que favorezcan su aprendizaje de forma significativa (por ejemplo, el modelo de enseñanza como investigación puede ser muy adecuado para la ESO) a cuya finalidad pueden contribuir actividades experimentales como los trabajos prácticos y la resolución de problemas. Generalmente, el aprendizaje de procedimientos requiere el dominio de ciertas técnicas y destrezas, que pueden adquirirse a través de unas instrucciones y mediante su práctica repetitiva en contextos diferentes, una serie de recursos cognitivos que permitan comprender su funcionalidad (en qué condiciones debería utilizarse), y la autonomía suficiente para integrarlos según el contexto de la situación experimental o problema (planificando la actividad, regulando y evaluando su ejecución). Recomendaciones que en ningún caso tienen en cuenta los libros de texto.

Como tampoco toman en consideración las propuestas curriculares sobre el modo en que deberían secuenciarse los contenidos procedimentales a lo largo de toda la etapa, lo cual explicaría que no se aprecien progresos importantes en las capacidades que muestran los estudiantes investigados, más allá de ciertos avances lógicos en procedimientos o tareas específicas, a las que nos referimos anteriormente. El estudio comparativo de libros de texto de diferentes cursos de la ESO ha puesto de manifiesto que estos materiales de enseñanza no siguen criterio alguno a la hora de seleccionar las actividades de aprendizaje (y, supuestamente, los procedimientos que permitirían desarrollar), resultando imposible deducir una determinada secuencia, y mucho menos la misma para todas las editoriales. A lo sumo se observa algún tipo de progreso puntual en editoriales concretas (por ejemplo, incrementar en el 2º ciclo procedimientos relacionados con la planificación de una investigación), que a nuestro juicio sería fruto de la casualidad o como consecuencia de los contenidos conceptuales con los que se relacionan. Desde luego no se observa que haya continuidad y progresión en la línea de las recomendaciones curriculares que comentamos en el capítulo 2.

A propósito de esta incongruencia entre los libros de texto y las prescripciones curriculares, entendemos que es obligación de la administración educativa velar porque los que se aprueban reúnan todos los requisitos legales. Como lo es (o debió ser) poner todos los medios para que el profesorado comprenda el sentido de los cambios educativos y reciba la formación necesaria para ponerlos en práctica. Indudablemente, el problema es mucho más complejo y las soluciones diversas, entre las cuales, no podemos eludir las relacionadas con la formación inicial del profesorado.

Como señalamos al comenzar este capítulo, a partir de los resultados de nuestra investigación, así como de las conclusiones que ya hemos señalado, creemos estar en condiciones de formular como alternativas a los enfoques que predominan en el tratamiento educativo que reciben estos contenidos -y, también, como conclusiones que necesitarían ser contrastadas en las aulas-, una amplia y detallada propuesta que oriente a profesores y a los autores de materiales didácticos a la hora de intentar que los estudiantes progresen en sus capacidades de comprensión y dominio en relación con las distintas habilidades intelectuales que han sido consideradas en esta investigación; aportaciones que, desde nuestro punto de vista, pueden contribuir a mejorar la formación que, en el ámbito de los contenidos procedimentales, reciben los estudiantes durante la educación obligatoria.

Alternativas educativas para mejorar la formación de los estudiantes en el ámbito de las habilidades de investigación

Desde nuestro punto de vista, también las consideraciones que presentamos a continuación, son aportaciones novedosas que hunden sus raíces en los análisis realizados en relación con: las dificultades de aprendizaje que hemos encontrado por parte de los estudiantes; con el tratamiento educativo que éstos contenidos reciben en los libros de texto; y también, en parte, su repercusión en la práctica educativa de los profesores.

Las dos primeras reflexiones tienen que ver con dos ideas que, desde ciertos planteamientos teóricos, se han dado por supuestas a la hora de plantear el aprendizaje de los contenidos procedimentales, y que ahora analizamos como consecuencia de los resultados de nuestra investigación: es posible y necesario identificar distintos niveles de dificultad a la hora de desarrollar las capacidades de los estudiantes en relación con las distintas habilidades de investigación; además, unos procedimientos resultan más complejos de aprender que otros.

La tercera se refiere, de manera más específica, a algunas consideraciones que podrían contribuir a mejorar su enseñanza. Como alternativa a la evidencia de que los libros de texto disponibles no parecen plantear las distintas actividades que proponen a lo largo de los distintos cursos de ESO, de acuerdo con una secuencia razonable, para que los estudiantes aprendan en relación con las estrategias que caracterizan a la investigación científica, nos parece necesario adoptar iniciativas que, por una parte, contribuyan a la elaboración de materiales didácticos más adecuados y, por otra, que vayan orientadas a que el profesorado comparta y asuma, en su práctica educativa, la importancia de esta dimensión formativa.

- Es necesario cambiar los criterios que se aplican para secuenciar el desarrollo de las capacidades de los estudiantes en relación con los contenidos procedimentales.

Las propuestas que realizamos a continuación para introducir a los estudiantes, de manera progresiva, en el desarrollo de sus capacidades en relación con cada uno de los procedimientos objeto de nuestro estudio, constituyen, desde nuestro punto de vista, aportaciones importantes de nuestra investigación.

Las alternativas que presentamos a continuación, amplían y matizan las conclusiones que, en su momento, presentamos en el capítulo 5 (disponemos ahora de una perspectiva más completa).

Así, por ejemplo, como se podrá apreciar, un buen número de las sugerencias que realizamos a continuación, tienen que ver con algunas circunstancias que hemos comprobado en el análisis de los libros de texto: por una parte, la aleatoriedad con la que secuencian las limitadas actividades que proponen (más vinculadas a la naturaleza de los contenidos conceptuales “que tocan”, que a una secuencia razonable); por otra, a la ausencia que, según los resultados de nuestra investigación se detecta en estos materiales, en cuanto a la clarificación del significado de las distintas habilidades de investigación que proponen desarrollar a los estudiantes; también a las escasas o nulas oportunidades que les proporcionan para comprender y ponerlas en práctica, inicialmente, de una manera orientada, para favorecer, posteriormente, mayores grados de autonomía.

Antes de entrar en la descripción de estas secuencias, conviene insistir en el hecho de que presentar por separado las conclusiones que se refieren a cada uno de los procedimientos, responde a la necesidad de expresar, con mayor claridad, nuestros puntos de vista. Mediante ellos, queremos destacar la importancia de que las tareas que proponemos realizar a los estudiantes -en las que se encuentren implicadas habilidades relacionadas con las representaciones numéricas, formulación de hipótesis, diseños experimentales...-, no requieran la puesta en práctica de destrezas que todavía no han alcanzado, como consecuencia de que no han sido entrenados en ellas (dominio de los niveles anteriores).

Por otra parte, el orden en el que se desarrollan no debe ser, en absoluto, interpretado como una propuesta para introducir los distintos procedimientos a los que nos referimos, aspecto que comentaremos después.

Así, en relación con el significado, la utilidad y el dominio de las *tablas*, nuestra propuesta establece, de menor a mayor grado de dificultad, las siguientes fases:

1. Iniciar estos conocimientos y habilidades planteando, de manera explícita, las diferencias entre las tablas de datos y otras formas de representación numérica; prestando particular atención a los elementos que forman parte de las mismas, a su significado y utilidad.
2. Introducir a los estudiantes en las tareas de elaboración de tablas sencillas, desarrollando actividades en las que lleven a cabo esta tarea a partir de una serie de datos familiares para ellos, comenzando con dos variables que sean comprensibles, dedicando suficiente atención y tiempo al aprendizaje de la estructura formal de las tablas (necesidad de título, encabezamiento con las variables...).
3. Proponer actividades para que los estudiantes aprendan a interpretar tablas sencillas, mediante situaciones específicas orientadas y dirigidas por el profesor o por los libros de texto.

4. Desarrollar actividades similares a las señaladas en los puntos anteriores, a partir de los resultados que se obtienen de investigaciones realizadas por los estudiantes.

5. Realizar actividades para interpretar tablas más complejas, avanzando de manera progresiva en la calidad y cantidad de información que se puede obtener a partir de ellas, desde información local hasta global, propiciando que los estudiantes adquieran mayor grado de autonomía.

6. De manera progresiva, plantear situaciones en las que se encuentren implicadas tablas de mayor complejidad, aumentando la cantidad dificultad de las variables y datos para elaborarlas, realizando menciones, suficientemente explícitas a las diferencias entre variables independiente y dependiente, con ejemplos sencillos y clarificar, de manera razonada, por qué la variable independiente se sitúa en la primera columna de la tabla.

En lo que tiene que ver con las *gráficas*, la secuencia en la que pensamos que deberían ser desarrolladas estas capacidades sería la siguiente:

1. Iniciar estos aprendizajes diferenciándolas, utilizando ejemplos concretos, de las tablas, identificando los distintos elementos que las compone, y reconociendo distintas posibilidades de llevar a cabo este tipo de representaciones (de línea, circulares, de barras...).

2. Ampliar los aprendizajes relacionados con la estructura, significado y utilidad de las gráficas, comenzando con tareas de elaboración de gráficas a partir de tablas sencillas, trabajando con dos variables familiares y comprensibles para los estudiantes, y pocos datos, proporcionados por el profesor o por los libros de texto.

Durante el desarrollo de estas tareas habría que prestar particular atención al dibujo de los ejes, a las diferencias entre variables independientes y dependientes, así como a las razones por las que las primeras se colocan en el eje de abscisas (se puede proponer el cambio de la posición de las variables en los ejes, discutiendo qué representación resulta más comprensible).

3. Realizar actividades en las que la elaboración de gráficas tengan como referencias los resultados obtenidos como consecuencia de investigaciones realizadas por los estudiantes.

4. Interpretar gráficas sencillas. Cuando el estudiante aún no tiene la suficiente autonomía para llevar a cabo estas tareas, la orientación del profesor se debe centrar en destacar las variables que se representan, sus unidades y el rango de cada una de ellas, así como sus relaciones más significativas.

5. Interpretar gráficas complejas. A continuación se puede avanzar, de manera progresiva en la calidad y cantidad de información que se puede obtener a partir de ellas, desde información local hasta global, habituando a los alumnos a establecer relaciones entre estas variables (buscar valores, interpolar, extrapolar, comparar tramos, poner títulos, describir la información, etc.), para llegar a poder

deducir nueva información utilizando, además de los datos de la gráfica, otros conocimientos relacionados con el fenómeno que se representa.

6. Elaborar gráficas complejas, aumentando, de manera progresiva, la cantidad y la dificultad de las variables y de los datos representados, solicitando a los estudiantes que dibujen la línea que intuyen representa diferentes fenómenos (crecimiento de un ser vivo; número de horas de sol en verano; crecimiento de una planta en función de la época del año...).

No queremos concluir estos dos primeros apartados sin hacer referencia a la conveniencia de que la enseñanza debería introducir, de manera conjunta, el aprendizaje de tablas y gráficas, estableciendo las oportunas relaciones entre ellas, analizando las ventajas e inconvenientes de la utilización de unas o de otras.

También en relación con los procesos de investigación es necesario ampliar y matizar las consideraciones que presentamos en el capítulo cinco.

Así, por ejemplo, con objeto de que los estudiantes aprendan el papel que desempeñan los *problemas*, la secuencia que proponemos para el aprendizaje de esta habilidad de investigación podría quedar de la siguiente manera:

1. Ante las dificultades que hemos encontrado en los estudiantes para comprender el significado de este término en el ámbito de una investigación, creemos muy conveniente establecer sus diferencias con el uso de este término en otras situaciones académicas (problemas de cálculo matemático) o en la vida cotidiana (dificultades concretas a superar en la vida diaria, creencias...). A partir de estas consideraciones, había que analizar y plantear el significado de los problemas en el ámbito de una investigación, identificando sus características más destacadas: se formulan de manera interrogativa; se refieren a situaciones abiertas, que no tienen una solución inmediata, ni algorítmica; para dar una respuesta adecuada al mismo se requiere el diseño de estrategias específicas.

2. Estas consideraciones se deberían ensayar mediante el reconocimiento de los problemas objeto de investigación a partir de textos sencillos, relacionados con situaciones familiares para los estudiantes. Inicialmente, las iniciativas y ejemplificación de las características señaladas deben corresponder al profesor, estableciendo relaciones explícitas entre la formulación de los problemas y el desarrollo de la investigación, para evitar que generalicen o que adelanten una posible solución.

3. Plantear situaciones en las que los estudiantes tengan que intentar formular y resolver el problema a estudiar en el contexto de investigaciones escolares sencillas que se vayan a desarrollar en el aula, revisando dicha formulación una vez concluida la experiencia.

4. Identificar en textos más complejos, los problemas que se quieren solucionar, pudiendo llegar, incluso, a utilizar situaciones en las que éstos no se mencionan explícitamente.

5. Como consecuencia de la comprensión y del significado de este término y de su dominio, los estudiantes deberían ser capaces de identificar aquellos problemas que pueden ser objeto de investigación científica, diferenciándolas de otras elucubraciones que corresponden a dimensiones no científicas.

Para intentar que los estudiantes adquirieran ciertas destrezas en relación con la *formulación y el contraste de hipótesis*, y a la vista de que no les será fácil comprender su significado si no reciben una enseñanza suficientemente intencionada en relación con esta habilidad de investigación, nos parece oportuno tener en cuenta las siguientes etapas:

1. Comenzar analizando el significado del término hipótesis, diferenciándolo de lo que son simples conjeturas, y estableciendo sus relaciones y, también, sus diferencias con otros procesos de la investigación (como hemos podido comprobar, frecuentemente se confunden con las conclusiones de los mismos), destacando su importancia como predicción de la solución del problema y guía del diseño experimental de la investigación científica.

2. Aplicar este significado, con la ayuda del profesor, identificando las hipótesis que orientan las investigaciones, tomando como referencias situaciones propuestas por los alumnos o, bien, otras que se encuentran en textos sencillos, cuyos contenidos resulten familiares para los estudiantes, prestando especial atención a sus relaciones con otros procesos característicos de la investigación científica (problema, diseño experimental, conclusiones...).

3. Plantear el desarrollo de actividades en las que los estudiantes vayan adquiriendo autonomía, de manera progresiva, en esta tarea, proponiendo a los alumnos que formulen problemas y sus correspondientes hipótesis, y seleccionar entre aquellas posibles, las más adecuadas.

4. De manera simultánea a las actividades anteriores, y a medida que los estudiantes vayan comprendiendo mejor su significado, habría que plantear situaciones en las que fueran ellos quienes formularan hipótesis sencillas en el contexto de actividades de investigación, que serán contrastadas a partir del desarrollo de las mismas.

5. Como tareas de mayor complejidad se pueden proponer textos y/o situaciones de mayor nivel de complejidad, en las que los estudiantes identifiquen las hipótesis - aunque éstas no se mencionen explícitamente-, que pueden explicar los resultados y las conclusiones obtenidas a partir de la realización de una determinada experiencia, y se relacionen con los problemas de la investigación.

6. Por último, se podría plantear a los estudiantes actividades en las que hubiera que formular hipótesis para intentar resolver problemas/situaciones más complejas, que dieran lugar a los diseños experimentales correspondientes.

Naturalmente, el aprendizaje relacionado con la realización de *diseños experimentales* se encuentra vinculado a la capacidad anterior, por lo que, como decíamos antes, no se pueden considerar de manera aislada. Se trata, sin duda, de unas habilidades complejas de aprender, sobre todo en lo que tiene que ver con la identificación y el control de

variables. En todo caso, y como consideraciones específicas en relación con el desarrollo de estas capacidades, proponemos tener en cuenta la siguiente progresión:

1. En primer lugar, como paso previo a su puesta en práctica, habría que introducir a los estudiantes en el significado de este término y en su importancia en el desarrollo de la investigación.

2. A continuación, y a partir del análisis de diseños experimentales desarrollados a propósito de textos sencillos, sería importante destacar sus relaciones con los problemas y las hipótesis de investigación, prestando particular atención a los elementos que hay que considerar en la elaboración de estos diseños (experiencias necesarias para considerar las distintas predicciones derivadas de las hipótesis de investigación, materiales...).

Además, y sobre todo por las dificultades que representan para los estudiantes, también habría que resaltar el significado del término variable (dependiente e independiente), desarrollando las capacidades para identificarlas en los ejemplos adecuados, así como la importancia que tienen los experimentos control. Este entrenamiento se debería realizar antes de que los estudiantes las pusieran en práctica en otras que impliquen el desarrollo de investigaciones escolares.

3. Tomando como referencia situaciones similares a las anteriores, ahora se podría proponer a los estudiantes que analizaran y desarrollaran las experiencias correspondientes a determinados diseños experimentales, siguiendo los pasos de un guión previamente seleccionado por el profesor o por la clase, con la orientación de éste.

Aunque también se puede pensar en la posibilidad de que los estudiantes aprendan esta habilidad de investigación poniendo en práctica sus propios diseños experimentales, de manera que sus reflexiones sobre los errores cometidos a la hora de realizarlos podrían ser, sin duda, de gran importancia formativa para estos propósitos, la economía en cuanto al tiempo, siempre escaso, nos puede aconsejar que este último tipo de situaciones no sea el más habitual

4. A continuación se podría proponer que fueran los estudiantes quienes propusieran los diseños experimentales de problemas sencillos y familiares -para lo cual se podrían hacer uso de actividades que se tuvieran que solucionar de manera experimental, pero también de otras de lápiz y papel, del estilo de las que hemos presentado en esta Memoria-, formulando las correspondientes hipótesis, identificando las variables que intervienen en el mismo, las experiencias que habría que desarrollar, la necesidad de experimentos control...

5. Por último, se podría pasar al diseño y realización de actividades completas de investigación, relacionadas con problemas más complejos, aumentando su grado de dificultad, consecuencia del número de variables implicadas, de las experiencias necesarias y de los contextos teóricos.

Finalmente, debemos señalar que, con objeto de desarrollar en los estudiantes las capacidades en relación con la *elaboración de conclusiones* como etapa final de una

investigación, pero también como origen de nuevas perspectivas para el estudio de determinados fenómenos, parece oportuno señalar lo siguiente:

1. Como manera de introducir a los estudiantes en el significado y la importancia de este procedimiento, habría que comenzar estableciendo sus diferencias con los resultados de investigación, así como sus relaciones con el problema objeto de estudio y las hipótesis formuladas, a partir de la utilización de textos sencillos, de contenidos familiares para los estudiantes.
2. Elaborar informes que recojan e interpreten los resultados de investigaciones realizadas en clase, a partir de guiones previamente establecidos, reconociendo la importancia de la organización y adecuada presentación de las conclusiones obtenidas.
3. Establecer las conclusiones de experiencias realizadas por los propios alumnos en base a los datos obtenidos, contrastándolos con las hipótesis formuladas, analizando aquellos aspectos de la investigación que no se han desarrollado de manera adecuada.
4. Interpretar los resultados de investigaciones más complejas, propuestas por escrito o realizadas por los estudiantes.
5. Aplicar las conclusiones obtenidas a partir de un texto o de una investigación desarrollada por los estudiantes a otras situaciones, y proponer, a partir de ellas, nuevas investigaciones.

- Aprender distintas habilidades de investigación supone diferentes grados de dificultad para los estudiantes.

Aunque esta idea no es nueva en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias, nuestra investigación aporta un respaldo empírico, que consideramos importante, para analizar lo que puede parecer una clara obviedad que, sin embargo, tiene importantes matices; reflexiones que presentamos como alternativas que intenten superar la aleatoriedad con la que estos contenidos aparecen y se distribuyen en los libros de texto de los distintos cursos de ESO.

Desde nuestro punto de vista, se pueden proporcionar menos orientaciones en relación con el orden en el que, durante la educación obligatoria, se deben ir introduciendo el aprendizaje de los contenidos analizados. Entre otras razones, por la incidencia que en las dificultades y en el éxito de una determinada tarea –en la que se encuentren implicados procedimientos de distinta naturaleza- tiene el contexto de la misma (conceptos implicados, situación objeto de estudio, capacidades lingüísticas y matemáticas). Sin embargo, sí podemos aportar algunas ideas que nos parecen de utilidad para la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos.

En este sentido, nuestros resultados vienen a señalar que sería posible introducir a los escolares, desde edades tempranas, en la utilización de estrategias que caracterizan a la investigación científica (evidentemente, adaptadas a las posibilidades intelectuales que han desarrollado a estas edades). Por ello, pensamos que las actividades que impliquen la planificación y el desarrollo de investigaciones escolares se deberían iniciar durante

la enseñanza primaria, como estrategia educativa importante para la formación de los estudiantes en el ámbito de los conceptos, y también en el de los procedimientos (también, naturalmente, en el de las actitudes).

Es decir, aunque el estudio que hemos llevado a cabo ha puesto de manifiesto, que de todas las habilidades analizadas, la que más dificultad supone a los estudiantes es la planificación de una investigación, esta clase de tareas pueden ser resueltas cuando se tienen que aplicar en contextos sencillos y familiares para los escolares, con mayor facilidad que otras en las que se encuentran implicadas otras habilidades, aun cuando no hubieran tenido muchas experiencias previas; razón por la cual, pensamos que esta clase de actividades no deberían ser relegadas a los últimos cursos de secundaria.

Dicho de otra manera, desde nuestro punto de vista, no parece que existan mayores inconvenientes en que, desde la Educación Primaria, se introduzca a los estudiantes en la planificación de investigaciones escolares sencillas, en la que se vayan introduciendo el significado y el papel que en su desarrollo juegan los problemas, las hipótesis, el diseño experimental (sencillo, con la orientación del profesor, y con alternativas reducidas) o la elaboración de conclusiones.

Estas circunstancias han sido puestas de manifiesto, como hemos señalado, por la investigación educativa, y la compartimos plenamente. En este sentido, tenemos conocimiento de recientes experiencias escolares llevadas a cabo en primer ciclo de primaria (que se publicará en breve), en la que se pone a los estudiantes en situación de observar, proponer hipótesis, establecer objetivos y buscar métodos que les ayudaran a resolver el problema planteado, en este caso, en relación con el sentido gusto.

Es necesario, sin embargo, reconocer la importancia de comprender el significado del concepto de variable y, sobre todo, tener cierto dominio en relación con el mismo a la hora de llevar a cabo actividades de esta naturaleza; también, de valorar la importancia de los experimentos de control.

Como ha puesto de manifiesto nuestra investigación, se trata de conocimientos que representan un alto grado de dificultad para los estudiantes, en particular, para aquellos de menor edad. Desde nuestro punto de vista, la aparente contradicción entre la propuesta de introducir a los niños y niñas de estas edades, en el desarrollo de investigaciones escolares y estas circunstancias puede ser sorteada, con éxito, a partir de dos clases de iniciativas: por una parte, como decíamos antes, introducir el desarrollo de estas habilidades a partir de situaciones sencillas y familiares para los estudiantes, relacionadas, en la medida de lo posible, con la vida cotidiana; por otra, con la orientación del profesor durante el desarrollo de estas tareas.

Sin embargo, es a partir de la ESO cuando sería necesario que los estudiantes adquirieran mayores destrezas en relación con estas habilidades, intentando hacerles progresar en la complejidad que supone la realización de investigaciones que exijan un mayor grado de indagación, y que sean llevadas a cabo con mayor nivel de autonomía por parte de los estudiantes, de manera que desarrollen sus capacidades de acuerdo con secuencias de aprendizaje en la línea que ya hemos señalado.

En este sentido, como hemos comentado en otras ocasiones, creemos que las importantes carencias de aprendizaje que hemos encontrado a lo largo de este estudio

son debidas a la poca atención –a las escasas experiencias educativas- que la enseñanza ha proporcionado a esta dimensión formativa, para que los escolares, desde primaria, puedan avanzar, de manera progresiva, en relación con estos aprendizajes.

A las propuestas que, como alternativas para la enseñanza de estos contenidos, nos acabamos de referir, habría que añadir una tercera perspectiva que podría mejorar el aprendizaje de estos contenidos, y que se relaciona con los enfoques que predominan en las aulas en relación con la enseñanza de las ciencias, y que tienen que ver con los materiales didácticos y con la práctica educativa de los profesores.

- Mejorar la enseñanza de los contenidos procedimentales requiere, además de considerar las circunstancias anteriores, la elaboración de materiales didácticos adecuados y el compromiso del profesorado

Con mayor o menor fortuna, los libros de texto (materiales de uso habitual para planificar y desarrollar los contenidos) intentan reflejar las orientaciones del currículo en vigor.

Como hemos señalado, nuestra investigación se ha desarrollado en el marco de un decidido impulso, por parte de la LOGSE, a los contenidos procedimentales; nueva orientación que se concretó en una cierta renovación de los libros de texto, aunque como hemos podido comprobar, ésta ha sido más formal que instrumental.

Transcurridos más de 15 años durante los que se han producido importantes cambios sociales, nos parece que el tratamiento que recibe esta dimensión formativa en el nuevo currículo (LOE) podría no ser el más adecuado. En este sentido, y sin ignorar la importancia que tienen las competencias básicas que se propone en la formación de los estudiantes de secundaria, los autores del currículo han optado por incluir, para cada curso, un primer bloque *-Contenidos comunes-* que se refieren a los aprendizajes que los estudiantes deberían aprender en el ámbito de las estrategias que caracterizan a la actividad científica; propuesta que puede resultar problemática:

- Si estas habilidades no se vinculan a los contenidos conceptuales que se desarrollan en los distintos bloques (como hacía la LOGSE, pero formulados de manera más precisa).
- Si los materiales didácticos que elaboran las editoriales se limitan a incluir un tema - de naturaleza teórica, discutible y descontextualizada- al que, en algunos casos, nos tienen acostumbrados los libros de texto, con una lección que llevaría un título parecido a “El método científico”.

En consecuencia, y teniendo en cuenta los antecedentes de la LOGSE, es más que probable que se reproduzcan los obstáculos que dificultaron que la LOGSE tuviera la repercusión en los libros de texto que cabría esperar.

Como alternativa a esta situación, consideramos necesario proponer la elaboración de materiales didácticos por parte del profesorado, que no den por supuesto que cuando se presentan a los estudiantes tablas o gráficas, se proponen formular hipótesis, o cuando se les pide que identifique un problema, estos términos son, de antemano, suficientemente comprendidos, y son interpretados por los estudiantes de manera

similar a como las utilizan los científicos y con los propósitos con las que se formulan en las actividades en las que se proponen.

Por el contrario, se trata de conceptos cuyo significado y papel en las investigaciones resultan bastante complejos de comprender, por lo que requieren una atención formativa específica; circunstancia que no se produce en los libros analizados, ni tampoco es tenida en cuenta, como comentaremos después, por el profesorado.

Materiales que, además, como hemos señalado antes, deberían reflejar planes de actividades, suficientemente intencionadas, que permitieran que los estudiantes fueran adquiriendo mayores destrezas en relación con las distintas habilidades de investigación, de acuerdo con una progresión que tuviera en cuenta la secuencia que hemos presentado.

Es decir, a pesar de algunas pequeñas diferencias encontradas entre las distintas editoriales analizadas, nos parece muy importante cambiar una de las principales inercias que predomina en los libros de texto: la presencia de actividades en las que se encuentran implicados distintos contenidos procedimentales se subordina a la clase de conceptos que se estudian, sin que ello responda a la aplicación de unos criterios ordenados y razonables en cuanto a la secuencia con la que se deberían introducir las distintas habilidades de investigación que caracterizan a la actividad científica.

Esta falta de intencionalidad, y el hecho de no plantear el número ni las situaciones adecuadas, en las que los escolares tengan que afrontar investigaciones sencillas, orientadas por el profesor, es, desde nuestro punto de vista, la principal causa responsable de los escasos aprendizajes que hemos comprobado en relación con este ámbito formativo.

Sin embargo, ni las orientaciones curriculares ni los libros de texto que las intentan desarrollar, por muy acertadas que pudieran ser –que no es precisamente el caso-, podrán contribuir a mejorar la formación de los estudiantes en el ámbito de los procedimientos sin la decidida participación del profesorado. Es decir, si no comparten estas orientaciones educativas, o bien, las consideran subordinadas a una enseñanza básicamente conceptual.

Circunstancia también limitada por la vinculación, que alcanza el grado de identificación, que establecen muchos profesores entre estos contenidos y los trabajos prácticos, en particular, a aquellos que habría que desarrollar en el laboratorio (se llegan a confundir con las actividades de esta naturaleza), con las dificultades que, en la práctica, supone encontrar suficiente tiempo para esta clase de actividades. Aunque nuestra investigación no ha analizado su posible eficacia, creemos necesario destacar, como alternativa a las mismas, pero útiles para estos propósitos, la importancia de las actividades de lápiz y papel similares a las que hemos empleado en situaciones de diagnóstico.

En todo caso, en la medida de lo posible, habría que plantear esta clase de tareas –unas y otras- desde la perspectiva de la resolución de situaciones problemáticas de interés para los estudiantes; problemas abiertos que tuvieran que resolver -con orientación por parte del profesor o con mayor grado de autonomía, según sus experiencias previas-, de las que no hemos encontrado en los libros de texto ni en la práctica de los profesores.

Al contrario, cuando se plantean tareas en las que los alumnos tienen cierto protagonismo, predominan aquellas que se resuelven con la aplicación de algoritmos, previamente aprendidos, o con cálculos numéricos; también aquellos trabajos prácticos que se plantean a modo de recetas, con unos pasos a seguir claramente delimitados, que los estudiantes no alcanzan a comprender por qué se realizan, y en los que se encuentran implicadas habilidades de bajo nivel de indagación (manipulativas, recogida de datos...). Todo ello a pesar de lo que viene diciendo la investigación educativa en relación con la naturaleza de las actividades para intentar mejorar su contribución a la formación de los estudiantes en relación con los procesos de la ciencia.

En este sentido, y vistos los resultados que hemos presentado en nuestra investigación, parece más que necesario la puesta en práctica de estrategias orientadas a que los profesores valoren y consideren la necesidad de incluir los procedimientos, no sólo como objetivos de enseñanza, sino también, como referencia para evaluar los aprendizajes que han desarrollado sus estudiantes y, también, su propia práctica educativa.

Sin embargo, estos programas de formación deberían responder a estrategias diferentes a las que ya han demostrado que su eficacia resulta bastante limitada. Es decir, desde nuestro punto de vista, estas actividades de formación no tendrán el éxito que se debería esperar de ellas si, como ha sucedido con las que se desarrollaron como consecuencia de la implantación de la LOGSE, no tienen en cuenta la importancia de que sea el propio profesorado el que, en sus propios centros o formando parte de equipos innovación que impliquen a profesores de distintos niveles educativos (también universitarios), participen de su propia formación planificando, llevando a cabo y evaluando propuestas realmente innovadoras relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales.

En otras palabras, estos procesos de formación no deberían responder a “una transmisión del saber didáctico” por parte de expertos, sino que debería hundir sus raíces en la colaboración entre docentes, teniendo como referencia la actividad en el aula.

Es decir, la inercia que mencionábamos para los libros de texto también se puede aplicar al colectivo de profesores, ya que es tal la orientación conceptual que damos a la enseñanza, que no nos entretenemos mucho en que se desarrollen determinados tipos de tareas que pudieran distraer la atención de los objetivos “verdaderamente importantes” de la unidad didáctica. El hecho de que estos contenidos aparezcan en el currículo o figuren en la planificación que realizan, no es suficiente, si éstos no se enseñan de manera específica y suficientemente intencionada (naturalmente, teniendo en cuenta su vinculación a los contenidos conceptuales, así como la secuencia en la que se abordan).

Naturalmente, las conclusiones y alternativas que hemos presentado en este capítulo pueden ser referencias importantes para el desarrollo de futuras líneas de investigación; bien porque este estudio no ha podido ser todo lo amplio y profundo que hubiéramos deseado; pero, sobre todo, por la complejidad de este ámbito educativo.

Limitaciones y perspectivas de futuro

A lo largo de esta Memoria hemos realizado un detenido análisis sobre la situación en la que se encuentra la enseñanza y el aprendizaje de algunos de los procedimientos que caracterizan a la actividad científica, que nos ha permitido presentar una información, creemos que relevante, en relación con las habilidades que han desarrollado los estudiantes como consecuencia de la instrucción; también, hemos examinado dos referencias destacadas para identificar qué tratamiento educativo reciben estos contenidos en las clases de ciencias; contribuciones que amplían los conocimientos disponibles en relación con esta ámbito, procedentes, generalmente, de otros análisis, de naturaleza más teórica.

Además, el desarrollo de este estudio nos ha permitido, por una parte, realizar algunas aportaciones que consideramos importantes en relación con la metodología y el diseño de estrategias para intentar identificar las capacidades del alumnado de secundaria en el ámbito de estos contenidos. En este sentido, podemos señalar que no hemos encontrado muchos precedentes sobre instrumentos puestos en práctica con estos propósitos, por lo que podríamos considerar que hemos abierto un camino que puede ser un referente para posteriores investigaciones.

Además, aportamos criterios para llevar a cabo un detenido análisis de libros de texto de uso habitual en las aulas, que han mostrado su eficacia a la hora de conocer cómo estos materiales didácticos seleccionan y secuencian los contenidos procedimentales en los distintos cursos de la ESO.

Aunque como consecuencia de la puesta en práctica de estas iniciativas hemos obtenido conclusiones, que consideramos de interés para la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos, en particular, la propuesta de secuencia para favorecer que los estudiantes adquieran, de manera progresiva, mayores destrezas y capacidades en relación con las habilidades de investigación objeto de nuestro estudio, una revisión crítica y constructiva del trabajo realizado nos ha permitido identificar algunas limitaciones que lo han acompañado, así como algunos otros problemas que podrían continuar esta línea de investigación, y que, si bien han tenido que quedar pendientes de analizar, plantean perspectivas de interés para futuros estudios.

Entre las limitaciones, habría que reconocer tres circunstancias. Por una parte, el tamaño de las muestras utilizadas, en particular en relación con los profesores; desde nuestro punto de vista, un estudio más amplio podrían haber proporcionado una mayor proyección a los resultados obtenidos, por lo que esta investigación se puede considerar como una primera aproximación a la compleja problemática que plantea la enseñanza y el aprendizaje de estos contenidos.

Por otra, también somos conscientes de que no ha sido posible abordar otras habilidades importantes desde la perspectiva de la formación de los estudiantes en los procesos de la ciencia, como la observación, medida, la clasificación, destrezas manuales y de comunicación...

Por último, también podríamos señalar que, a pesar de las cautelas que habíamos considerado a la hora de elaborar los instrumentos de recogida de información sobre los aprendizajes de los estudiantes, una vez analizados los resultados que nos

proporcionaban fuimos conscientes de la necesidad de matizar algunas de las pruebas utilizadas y/o de ampliar su alcance. En este sentido, es posible que la información, un tanto sorprendente, que hemos presentado en relación con ciertas cuestiones, podría ser explicada por estas circunstancias.

Sin duda, las alternativas propuestas y las limitaciones señaladas dejan las puertas abiertas para continuar progresando en esta línea de investigación, que, desde nuestro punto de vista, contribuirían a proporcionar una perspectiva más amplia sobre los tres problemas que nos formulamos al comienzo de esta Memoria:

- En primer lugar, sería necesario ampliar esta mirada, de manera que se incluya toda la enseñanza obligatoria (Educación Primaria), analizando las habilidades que desarrollan los escolares durante este nivel educativo, el tratamiento que estos contenidos reciben por parte de los libros de texto, así como los puntos de vista de los maestros y maestras al respecto y la repercusión que tienen los procedimientos en su práctica educativa.
- Sin duda, estos conocimientos deben contribuir a contrastar y ampliar la secuencia que hemos propuesto, de manera que se puedan establecer planes formativos, suficientemente intencionados, desde primaria a secundaria, que, superando las dificultades que, en muchas ocasiones, produce el tránsito entre estos niveles educativos, tuviera lugar en el marco de una razonable continuidad entre ellos.
- Los resultados que se obtuvieran como consecuencia del desarrollo de las líneas anteriores, deben proporcionar una información muy relevante a la hora de elaborar materiales didácticos que respondan a las posibilidades intelectuales y a las necesidades formativas de estudiantes que progresan a través de los distintos ciclos de primaria y de secundaria obligatoria.
- Sin embargo, y puesto que son los profesores los auténticos agentes de los cambios, si se quiere que esta dimensión formativa realmente entre a formar parte del bagaje intelectual que adquieren los estudiantes durante la educación obligatoria, es necesario y urgente conocer, en mayor medida y de manera más profunda, la opinión y la actuación de los profesores en activo en relación con la importancia formativa de estos contenidos de enseñanza

Conocimientos que nos podrían proporcionar pistas para orientar las iniciativas que se pongan en marcha para la formación del profesorado. Es decir, si bien se disponen de numerosos datos en relación con el conocimiento profesional del profesorado, no cabe duda de la necesidad de profundizar en esta línea de investigación, en particular, en lo que tiene que ver con los contenidos procedimentales, en el marco de equipos docentes de innovación/investigación a los que nos hemos referido anteriormente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J.A. 1990. Razonamiento causal en una tarea de contexto natural. Un estudio evolutivo con estudiantes de bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 10, 62-70.
- ACEVEDO, J.A. 1994. Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque C-T-S. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125.
- ACEVEDO, J.A. 2005. TIMSS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (3), 282-301.
- ADEY, P. 1999. La ciencia del pensamiento y las ciencias para el pensamiento: la aceleración cognitiva mediante la educación científica (CASE). UNESCO: Oficina Internacional de Educación. <http://www.ibeunesco.org/publications/>
- ADEY, P., SHAYER, M. y YATES, C. 1989. *Thinking science. The material of the CASE Project*. Londres: Mc Millan Education.
- AGUINAGA, M. 2002. Un ejercicio con gráficas: un lenguaje de la ciencia. *Alambique*, 32, 109-117.
- AGUIRRE, J.M., HAGGERTY, S.M. y LINDER, C.J. 1990. Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. *International Journal of Science education*, 12 (4), 381-390.
- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. 1992. The development of a new instrument: 'Views on Science-Technology-Society' (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491.
- ALIBERAS, J., GUTIÉRREZ, R. e IZQUIERDO, M. 1989. Modelos de aprendizaje en la didáctica de la ciencia. *Investigación en la Escuela*, 9, 17-24.
- ÁLVAREZ, V. 1997. Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.
- AMAT, E. *Perfil de innovación curricular versus perfil de uso. Estudio de la implantación de la Física y Química del bachillerato LOGSE en la Comunidad Autónoma de Murcia*. Tesis doctoral inédita: Universidad de Murcia.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. 1983. *Psicología educativa*. México: Trillas.
- AYUSO, E., BANET, E. y ABELLÁN, T. 1996. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: ¿resolución de problemas o realización de ejercicios? *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 127-142.
- AYUSO, E. y BANET, E. 2002. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), 133-157.

- AZCÁRATE, P. y CUESTA, J. 2005. El profesorado novel de secundaria y su práctica. Estudio de un caso en las áreas de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (3), 393-402.
- BACHELARD, G. 1938. *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BANDIERA, M., DUPRÈ, F., IANNIELLO, M.G. y VICENTINI, M. 1995. Una investigación sobre habilidades para el aprendizaje científico. *Enseñanza de las ciencias*, 13 (1), 46-54.
- BANET, E. 2001. *Los procesos de nutrición humana*. Madrid: Síntesis.
- BANET, E. 2007. Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (1), 5-20.
- BANET, E. y AYUSO, E. 1998. La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y estrategias de enseñanza. *Alambique*, 16, 21-31.
- BANET, E. y AYUSO, G. E. 2003. Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *Internacional Journal of Science Education*. 25 (3), 373-407.
- BARBERÁ, O. y VALDÉS, P. 1996. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.
- BARQUERO, B., SCHNOTZ, W. y REUTER, S. 2000. Adolescents and adults' skills to visually communicate knowledge with graphics. *Infancia y aprendizaje*, 90, 71-87.
- BASTIDA, M.F., RAMOS, F. y SOTO, J. 1990. Prácticas de laboratorio: ¿Una inversión poco rentable? *Investigación en la Escuela*, 11, 77-91.
- BELL, B. F. y PEARSON, J. 1992. Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), 349-361. Citado en Fernández et al., 2002.
- BELL, A., y JANVIER, C. 1981. The interpretation of graphs representing situations. *For the Learning of Mathematics*, 2 (1), 34-42.
- BENLLOCH, M. *Ciencias en el parvulario*. Barcelona: Paidós,
- BELLOCH, M. (comp).2000. *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós
- BENTLEY, D. y WATTS, M. 1993. *Primary Science and Technology*. Open Buckingham: University Press.
- BERNAL, J.M. 1999. *La renovación de las orientaciones para la enseñanza de las ciencias en la Educación Primaria en España (1882-1936)*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

- BERNAL, J.M. 2002. Innovación y tradición en la enseñanza de las ciencias. Algunos antecedentes en la construcción de la didáctica de las ciencias en España. *Alambique*, 34, 9-16.
- BERNAL, M.A. y ÁLVAREZ, V. M. 1999. El trabajo científico y los procedimientos en la clase de química: ¿Qué playa es mejor? *Alambique*, 20, 37-45.
- BIGGS, J.B. y COLLIS, K.F. 1982. *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy*. New York: Academic Press.
- BUNGE, M. 1983. *La investigación científica, su estrategia y su filosofía*. Barcelona: Ariel.
- BURBULES, N. y LINN, M. 1991. Science education and philosophy of science: congruente or contradiction?. *Internacional Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- BUSQUETS, P., GELI, A.M., JUANDÓ, J. y TREBAL, M. 1995. Aprender a observar. *Alambique*, 5, 100- 105.
- CAAMAÑO, A. 1993. Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de Investigación Educativa*, 9, 61-68.
- CABALLER, M.J. y OÑORBE, A. 1997. Resolución de problemas y actividades de laboratorio. En Luis del Carmen (Coordinador) *La Enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE/Honsori, Barcelona: Universitat de Barcelona.
- CALVO, M.A. y MARTÍN, M. 2005. Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial en el campo de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 17-32.
- CAMPANARIO, J.M. 1998. ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencia? Una revisión de estudios recientes. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 33, 121-140.
- CAMPANARIO, J.M. y MOYA, A. 1999. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J.C. 2000. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.
- CANO, M. y CAÑAL, P. 2006. Las actividades prácticas, en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique*, 47, 9-22.

- CAÑAL, P. 1988. Un marco curricular en el modelo sistémico investigativo. En, R. Porlán, J. E. García y P- Cañal (comps). “*Constructivismo y enseñanza de las ciencias*” Sevilla, 137-156, Diada.
- CAÑAL, P. 1997. La investigación globalizada del medio en la primaria: veinte bases. En P. Cañal, A.I. Lledó, F.J. Pozuelos y G. Travé (eds). *Investigar en la escuela: elementos para una enseñanza alternativa*, 75-86. Sevilla: Diada.
- CAÑAL., P. 2000. Las actividades de enseñanza. Un esquema de clasificación. *Investigación en la escuela*, 40, 5-21.
- CAÑAL, P., y CRIADO, A. 2002. ¿Incide la investigación en didáctica de las ciencias en el contenido de los libros de texto escolares? El caso de nutrición de las plantas. *Alambique* 34, 56-65.
- CAÑAL, P, y GARCÍA. S. 1987. La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso en séptimo de E.G.B. *Investigación en la Escuela*, 3, 55-60.
- CAÑAL, P. y PORLÁN, R. 1987. Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 89-96.
- CARRASCOSA, J. 1995. Trabajos prácticos de Física y Química como problemas. *Alambique*, 5, 67-76.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. 1985. La “metodología de la superficialidad” y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 113-120.
- CARSWELL, .C.M., EMERY, C. y LONON, A.M. 1993. Stimulus complexity and information integration in the spontaneous interpretation of line graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 341-357.
- CLAXTON, G. 1994. *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- CLEVELAND, W.S., y MCGILL, R. 1985. Graphical perception and graphical methods for analysing scientific data. *Science*, 229, 321-333.
- COATES, D. y VAUSE, J. 1996. Experimental and investigative science: Key Stage 1: Not just one way to do it ! *School SciencerReview* 78 (282), 17-22.
- COLL, C. 1986. Bases psicológicas. *Cuadernos de Pedagogía*, 139, 11-16.
- COLL, C. y ONRUBIA, J. 2001. Estrategias discursivas y recursos semióticos en la construcción de sistemas de significados compartidos entre profesor y alumnos. *Investigación en la Escuela*, 45, 21-31.
- COLL, C. y VALLS, E. 1992. El Aprendizaje y la enseñanza de los procedimientos. En: Coll, C., Pozo, J.I., Sarabia, B. y Valls, E. (comps.), *Los contenidos de la Reforma*.

- COPELLO, M.I. y SANMARTÍ, N. 2001. Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 269-283.
- CRAIG, A. B. y SMITH, P. 1994. Assessing students' habiliteís to construct and interpret line graphs: disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education*, 78 (6), 527-554.
- CRISP, V. y SWEIRY, E. 2003. Can a picture ruin a thousand words? Physical aspects of he way exam questions are laid out and the impact of changing them. (Artículo presentado en el British Educational Research Association Annual Conference, Edinburgh, September, www.ucl.ac.uk/education/research/).
- CURCIO, F. 1987. Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18 (5), 382-393.
- CHALMERS, A. 1992. *La ciencia y como se elabora*. Madrid: Siglo XXI, 16 edición.
- DE ANTA, G., MANRIQUE, J. y RUIZ, M.L. 1995. Noticias para plantear problemas. *Alambique*, 6, 59-65.
- DEL CARMEN, L. 1994. Ciencias de la Naturaleza, ¿área curricular o suma de disciplinas? *Infancia y aprendizaje*, 65, 7-17.
- DEL CARMEN, L. 1995. Enfoques investigativos en la enseñanza y secuenciación de contenidos. *Investigación en la Escuela*, 25, 17-25.
- DEL CARMEN, L. 1996. *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona: Horsori.
- DEL CARMEN, L. 2000. Los trabajos prácticos. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.), *“Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias”*. Alcoy: Marfil, pp. 267-288.
- DEL CARMEN, L. 2001. Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, 43, 51-56.
- DEL CARMEN, L. y JIMÉNEZ, M.P. 1997. Los libros de texto un recurso flexible. *Alambique*, 11, 7-14.
- DEWEY, J. 1916. *Democracy and education*. The free Press: New Cork (trad. Castellana: *“Democracia y Educación”*. Madrid: Morata, 1997).
- DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M.P. 1996. ¿Ves lo que dibujas?: observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 183-194.
- DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M.P. 1997. La indagación en las clases prácticas de Biología: el uso del microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra V congreso, 333-335.

- DÍAZ, J. y JIMÉNEZ, M.P. 1999. Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. *Alambique*, 20, 9-16.
- DILLASHAW F. G, y OKEY, J. R. 1980. Test of the integrated science process skills for secondary science students. *Science Education*, 64 (5), 601-608.
- DORAN, R.L., BOORMAN, J., CHAN, F., y HEJAILY, N. 1993. Alternative assessment of high school laboratory skills. *Journal of research in science teaching*, 30 (9), 1121-1131.
- DRIVER, R. 1982. Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4 (2), 69-79.
- DRIVER, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- DRIVER, R. 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- DRIVER, R. y EASLEY, J. 1978. Pupils and paradigms: a review of literatura related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G. 1983. Theories-in-Action: Some Theoretical and Empirical Issues in the Study of Student' Conceptual Frameworks in Science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. 1985. *Children's ideas in Science*. London: Open University Press.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. 1996. *Young People's Images of Science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- DRIVER R. y OLDHAM V., 1986. A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DUGGAN S. y GOTT R., 1995. The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Science. *International Journal of Science Education*, 17, (2) 137-147.
- DUMAS-CARRÉ y LARCHER, 1987. The stepping stones of learning and evaluation. *Interbational Journal of Science Education*, 9 (1), 93-104.
- DUMON, A. 1992. Formar a los estudiantes en el método experimental: ¿utopía o problema superado? *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 25-31.
- DUSCHL. R.A. 1997. *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*, Madrid: Narcea.

- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. 1991. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.
- DUSCHL, R. y GITOMER, D. 1996. *Project Sepia Design Principles*. Paper presented at the annual meeting of AREA, Nueva York, abril de 1996.
- DUSCHL, R., HAMILTON, R. y GRANDY, R. 1990. Psychology and epistemology: Match or mismatch when applied to science education? *International Journal of Science Education*, 12 (3), 220-243.
- ECHEVERRÍA, J. 1999. *Introducción a la metodología de la ciencia*. Madrid: Cátedra.
- ELKANA, Y. 1970. Science, philosophy of science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 2, 15-35. Citado en Hodson, 1988.
- ENNIS, R.H. 1989. Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research. *Educational Research*, 18, 4-10.
- ESTANY, A. 1990. *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Crítica.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. 2002. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- FERNÁNDEZ, J. y ELORTEGUI, N. 1996. Qué piensan los profesores acerca de cómo se debe enseñar. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 331-342.
- FERNÁNDEZ, J.J. y GAVIDIA, V. 2001 Análisis de las prácticas de laboratorio en los libros de texto de Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, VI congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias. 309-310.
- FOULDS, K., GOTT, R. y FRASEY, R. 1992. *Investigative work in Science*. Durham: University of Dirham. Citados en Martínez y García, 2003.
- FRASER B. y TOBIN K. G. (Eds), 1998. *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers: London.
- FRIEDLER, Y. y TAMIR, P. 1986. La enseñanza de conceptos básicos de la investigación científica en los institutos. *Journal of Biological Education*, 20 (4), 263-269.
- FRY, E. 1981. How useful are the figures in school biology textbooks?. *Journal of Biological Education*, 33 (2), 383-390. Citado en Kearsy, J., y Turner, S. 1999.
- FURIÓ C. y GIL D., 1978. *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. Valencia: ICE de la Universidad de Valencia.

- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIÁSOLA, J. y ROMO, V. 2001. Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*.19 (3), 365-376.
- FURIÓ, C., ITURBE, J. y REYES, J. V. 1994. La résolution de problèmes comme recherche, *Aster*, 87-102.
- GABEL, D. L. 1994. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- GAGNÉ 1987. *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar.
- GÁNDARA, M., GIL, M.J. y SANMARTÍ, N. 2002. Del modelo científico de “adaptación biológica” al modelo de “adaptación biológica” en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 303-314.
- GARCÍA BARROS, S. 2000. ¿Qué hacemos habitualmente en las actividades prácticas? ¿Cómo podemos mejorarlas? *Trabalho Prático e Experimental na Educaçao em Ciência*, 43-61. Braga, Universidades do Minho.
- GARCÍA BARROS, S., y MARTÍNEZ LOSADA, C. 2001. Qué actividades y qué procedimientos utiliza y valora el profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 433-452.
- GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, C. 2003. Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 5-16.
- GARCIA BARROS S., MARTINEZ LOSADA, C. y MONDELO. M. 1995. “El trabajo práctico. Una intervención para la formación de profesores”. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 203-209.
- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, C., MONDELO, M., y VEGA, P. 1999. ¿Mejoran los diseños de actividades prácticas investigativas de docentes en formación cuando se introduce tareas dirigidas a la enseñanza / aprendizaje de procedimientos científicos? *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales*. La Coruña: Universidad La Coruña.
- GARCÍA GARCÍA, J.J. 2005. El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (2), 181-199.
- GARCÍA-RODEJA, I. 1997. ¿Qué propuesta de actividades hacen los libros de primaria? *Alambique* 11, 35-43.
- GARCÍA SASTRE P., INSAUSTI M.J. y MERINO, M. 1999. Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 533-542.

- GARCÍA VÁZQUEZ, R.M, y OÑORBE, A. 2006. Resolución de problemas. *Alambique*, 48, 42-49.
- GARCÍA, J.J. y CAÑAL, P. 1995. ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, Madrid: Alianza.
- GARCÍA SASTRE P., INSAUSTI M.J. y MERINO, M. 1999. Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 533-542.
- GARCÍA, R., MARTÍNEZ, N. y ROMERO, F. 1992. Un acercamiento al papel de los contenidos procedimentales en la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 17, 31-37.
- GARRET, R.M. 1988. Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-230.
- GARRET, R. M. 1995. Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias. *Alambique*, 5, 6-16.
- GIL D, 1982. *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya.
- GIL, D. 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- GIL, D. 1987. Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 3, 3-12.
- GIL, D. 1991. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? (Intento de síntesis de las aportaciones de la investigación didáctica), *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 197-212.
- GIL, D. 1993a. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo en enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- GIL, D. 1993b. Psicología educativa y Didáctica de las ciencias: los procesos de enseñanza/aprendizaje como lugar de encuentro. *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, 171-185.
- GIL, D. 1993c. Aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias a la formación y actividad del profesorado. *Currículo*, 6-7, 45-66.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. 1985. Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL. D., CARRASCOSA. J., FURIO. C. y MARTINEZ-TORREGROSA. J. 1991. *La enseñanza de las ciencias en educación secundaria*. ICE. Universitat de Barcelona: Barcelona.

- GIL, D., CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ TORREGROSA, F. 2000. Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En Perales, F, J, y Cañal, P. (coor): *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoy: Marfil, pp. 11-34.
- GIL, D., FURIÓ, C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., GUIASOLA, J., GONZÁLEZ, E., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y PESSOA DE CARVALHO, A. 1999. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- GIL D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA J, 1987a. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias, *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. 1987b. *La resolución de problemas de Física. Una didáctica alternativa*. Madrid: MEC y Vicens Vives.
- GIL, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y SENENT, F. 1988. El fracaso en la resolución de problemas de física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (2), 131-146.
- GIL, D., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., RAMÍREZ, L, DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. y PESSOA, A.M. 1999. La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 73-85.
- GIL, D. y VALDÉS, P. 1996. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 155-163.
- GIL, D. y VILCHES, A. 2001. Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- GIL, D. y VILCHES, A. 2006. ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación*, extraordinario 2006, 295-311.
- GILBERT, J.K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*. 14(5), 563-578.
- GILBERT, J. y SWIFT, D. 1985. Towards a Lakatosian Analysis of the Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs. *Science Education*, 69 (5), 681-696.
- GIMENO, J. 1995. Materiales y textos: contraindicaciones de la democracia cultural, en J.G. Minguez. J.G. y Beas, M. (comps) *Libro de texto y construcción de materiales curriculares*, 75-130. Granada: Proyecto Sur.

- GIORDAN A., 1996. ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes, *Investigación en la Escuela*, 28, 7-22.
- GONZÁLEZ, C., GARCÍA S. y MARTÍNEZ, C. 2003. ¿A qué contenidos relacionados con la fotosíntesis dan más importancia los textos escolares de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso, p. 77-88.
- GORDON, D. 1984. The image of science, technological Consciousness and Hidden Currículo. *Curriculum Inquiry*, 14 (4), 367-400. Citado en Porlán et al., 2000.
- GUIASOLA J. y DE LA IGLESIA R. 1997. 'Erein Projectua': Proyecto de Ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas, *Alambique*, 13, 83-93.
- GUTIÉRREZ, R. 1989. Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Gagné. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), 147-157.
- HACKING, I. 1983. *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): Representar e intervenir. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D.F.: UNAM/Paidós.
- HERRON, M.D. 1971. The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.
- HARLEN, W. 1989. *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Morata-MEC.
- HELM, H. y NOVAK, J. 1983. *International Seminar "Misconceptions in science and mathematics"*. Cornell University. New York: Ithaca.
- HIERREZUELO, J., MONTERO, A. 1991. *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- HODSON, D. 1986. Rethinking the role and status of observation in science education. *Journal Curriculum Studies*, 18 (4), 381-396.
- HODSON, D. 1988. Filosofía de la ciencia y educación científica. En "Constructivismo y enseñanza de las Ciencias" Porlan, R y otros (comps.) Sevilla: Diada.
- HODSON, D. 1992. Redefining and Reorienting Practical Work in School Science. *School Science Review*, 73 (264), 65-78.
- HODSON, D. 1993. Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2), 41-52.
- HODSON, D. 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.

- HODSON, D. 1996. Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 755-760.
- HOFSTEIN, A. y LUNETTA, V.N. 1982. The role of laboratory in science education part II. *The Science School Review*, 52, 201-217.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. 1955. *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Essais su la construction de structures op'eratoires formalles*. P.U.F. (trad. castellano. «*De la lógica del niño a la lógica del adolescente*»). Buenos Aires: Paidós, 1972).
- IZQUIERDO, M. 2000. Fundamentos epistemológicos. En Perales, F.J. y Cañal, P (Eds.), “*Didáctica de las ciencias experimentales*”, Alcoy: Marfil, pp. 35-64.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. 1999. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 1999, 17 (1), 45-59.
- JAÉN, M. y GARCÍA-ESTAN, R. 1997. Una revisión sobre la utilización del trabajo práctico en la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5 (2), 107-116.
- JIMÉNEZ, M.P. 1992. *Didáctica de las ciencias de la naturaleza*. Curso ACD. MEC: Madrid.
- JIMÉNEZ, M.P. 1998. Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 203-216.
- JIMÉNEZ, M.P. 2000. Modelos didácticos. En: Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. pp. 11-34.
- JIMÉNEZ, M.P., BUGALLO, A. y DUSCHL, R. A. 2000. “Doing the lesson” or “doing science”: argument in High School Genetics. *Science Education*, 84 (6), 757- 792.
- JIMÉNEZ, M.P. y DÍAZ, J. 1997. *Plant, animal or Thies? Solving problems Ander the microscope*. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) Conference, Roma.
- JIMÉNEZ, M.P. y SANMARTÍ, N. 1997. ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación secundaria. En “*la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*”. Barcelona: ICE/Horsori.
- JIMÉNEZ, J.D. y PERALES, F.J. 2001. Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito y de las ilustraciones de los libros de texto de física y química en la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 3-19.
- JIMÉNEZ, M.P., PEREIRO, C. y AZNAR, V. 1998. Promoting reasoning and argument about enviromental issues. *II Conference of European Researchers in Didactics of Biology*. Goteborg. Noviembre, 1998.

- JIMÉNEZ VALLADARES, J.D.. 2000. El análisis de los libros de texto. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.), “*Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*”. Alcoy: Marfil, pp. 307-322.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. 1980. Mental models in science using concept cartoons. *Cognitive Science*, 4, 71-115. Citado en Perales y Jiménez, 2002.
- KAMII, C., y DEVRIES, R. 1977. *La teoría de Piaget y la educación preescolar*. Madrid: Pablo del Río editor.
- KEARSEY, J., y TURNER, S. 1999. How useful are the figures in school biology textbooks?. *Journal of Biological Education*, 33 (2), 87-94.
- KIRSCHNER, P.A., 1992. Epistemology, Practical Work and Academia Skulls in Science Education. *Science Education*, 1, 273-299.
- KOULADIS, V. y OGBORN, J. 1989. Philosophy of science: an empirical study of teachers’ views. *International Journal of Science Education*, 11 (29), 173-184
- KOULADIS, V. y OGBORN, J. 1995. Science teacher’s philosophical assumption how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17 (3), 273-283.
- LAKE, D. 1999. Helping students to go SOLO: teaching critical numeracy in the biological sciences. *Journal of Biological*, 33 (4), 191-198.
- LATOUR, B. 1992. *Ciencia en acción. Como seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor.
- LATOUR, B. y WOOLGAR, S. 1995: *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Madrid: Alianza.
- LAUDAN, L. 1986. *El progreso y sus problemas*. Encuentro Ediciones: Madrid (primera versión inglesa de “*Progress and its problems*”. California: University California Press, 1977.
- LAWSON, A.E. 1994. Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 165-187.
- LAWSON, A.E. 2001. Promoting creative and critical thinking skills in College Biology. *Critical Thinking Skills*, 27 (1), 13-24.
- LEACH, J. 1999. Students’ understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 789-806.
- LEDERMAN, N.G. 1992. Students’ and teachers’ Conceptions of the Nature of Science: A review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359. Citado en Porlán et al., 2000.

- LEINHARDT, G., ZASLAVSKY, O. y STEIN, M.K. 1990. Functions, Graphs, and Graphing: tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.
- LEMKE, J.L. 1997. *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Temas de educación. Paidós.
- LEMKE, J.L., 2002. Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En “La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica. Montse Benlloch (comp.). Paidós. pp 159-185.
- LOCK, R. 1990. Open-ended problem solving investigations. *School Science Review*, 71 (256), 63-72.
- LOCK, R. 1992. Gender and practical skill performance in science. *Journal Research Science Teacher*, 29 (3), 227-241.
- LUCAS, A.M. 1990. Varieties of science education research: their implications in the classroom. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 205-214.
- FANARO, M.A. y GRECA, I.M. 2005. Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), artículo 2. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- MARTÍN, E. 1994. Nuevos tiempos, nuevos aprendizajes. *Revista Infancia y Sociedad*, 25-26, 8-62.
- MARTÍNEZ, C., y GARCÍA, S. 2002. La utilidad de las actividades de enseñanza de las ciencias en la ESO desde la perspectiva del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, XX Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales. La Laguna. 512-520.
- MARTÍNEZ, C. y GARCÍA, S. 2003. Las actividades de primaria y ESO incluidas en los libros escolares. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (2), 243-264.
- MARTÍNEZ, C., GARCÍA, S. y MONDELO, M. 1993. Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 26-32.
- MARTÍNEZ, M. e IBÁÑEZ, T. 2005. Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27 (81), 101-121.
- MARTÍNEZ, M.M., MARTÍN DEL POZO, R., RODRIGO, M., VARELA, M.P., FERNÁNDEZ, M.P. y GUERRERO, A. 2001. ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 67-87.
- MARTÍNEZ, M.M., VARELA, M.P., IBÁÑEZ, M.T. y ROSA, D. 2005. La resolución de situaciones problemáticas en 1er ciclo de la ESO: la edad no es el problema. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VII Congreso.

- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. 1987. *La resolución de problemas de Física como investigación: un instrumento de cambio metodológico*, Tesis doctoral, Facultad de Físicas. Universidad de Valencia.
- MATHEWSON, J.H. 1999. Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- MCKENZIE, D.L. y PADILLA, M.J. 1986. The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (7), 571-579.
- MEC, 1991. Real Decreto por el que se establecen las Enseñanzas Mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *B.O.E. de 26-6-91*, Madrid.
- MEC, 1992. *Secundaria Obligatoria. Área de Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: MEC.
- MELLADO, V. 1994. *Análisis del conocimiento didáctico del contenido, en profesores de primaria y secundaria en formación inicial*. Tesis doctoral inédita, Universidad de Sevilla.
- MELLADO, V. 1996. Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 289-302.
- MELLADO, V. 1998. El estudio de aula en la formación continua del profesorado de ciencias. *Alambique*, 15, 39-46.
- MELLADO, V. 2003. Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 343-358.
- MELLADO, V. y GONZÁLEZ, T. 2000. La formación inicial del profesorado de ciencias. En Perales, F.J. y Cañal, P (Eds.), *“Didáctica de las ciencias experimentales”*, Alcoy: Marfil, pp. 535-555.
- MILLAR, R. y DRIVER, R. 1987. Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- MONEREO, C. 1995. De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el proyecto Curricular Investigación y renovación Escolar (IRES). *Investigación en la escuela*, 27, 21-38.
- MONEREO, C. 1999. Enseñar a aprender y a pensar en la Educación Secundaria: las estrategias de aprendizaje. En Coll, C. *Psicología de la Instrucción: la enseñanza y el aprendizaje en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE de la Universidad de Barcelona y Horsori; 69-103.

- MORENO, L.E y WALDEGG, G. 1988. La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿coincidencia o complementariedad? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 421-429.
- MUNBY, H. y RUSSELL, T. 1968. Epistemology and context in research on learning to teach science, en Fraser B.J. y Tobin K. (eds.). *International Handbook of Science Education*. 643-665. Dordrecht:Kluber A.P.
- NEEDHAM, R. y SCOTT, P. 1987. *Teaching Strategies for Developing Understanding in Science*. Centre for Studies in Science and Mathematics: University of Leeds.
- NEWTON, D. P. 1993. Learning from tables. *Educational Psychology*, 13 (2), 89-103.
- NEWTON, D.P. y MERRELL, C.H. 1994. Helping children notice co-variation in tables: the effect of some forms of graphing. *Research in Education*, 51, 41-51.
- NIEDA, J. 1994. Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en secundaria. *Alambique*, 2, 15-20.
- NIEDA, J. 2001. Las ciencias en la ESO: una mirada muy particular. *Alambique* 27, 9-18
- NIEDA, J. 2006. Los trabajos prácticos diez años más tarde. *Alambique*, 48, 25-31.
- NIEDA, J., CAÑAS, A. y MARTÍN DÍAZ, M.J. 2003. La evaluación de ciencias de la naturaleza en la educación secundaria obligatoria. *Alambique* 37, 41-49.
- NIEDA, J., CAÑAS, A. y MARTÍN-DÍAZ. 2004. *Actividades para evaluar Ciencias en Secundaria*. UNESCO: Visor/Cátedra.
- NOVAK, J.D. 1988 Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencia*, 6(3), 213-223.
- NUSSBAUM, J., 1989, Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, 11, Special Issue, 530-540.
- OSBORNE, J. 1993. Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75 (271), 117-123.
- OSBORNE, R.J. y FREYBERG, P. 1985. (Eds.) *Learning in science: the implications of "children's science"*. N. Zelanda: Heinemann Educational.
- OSBORNE, R.J. y FREYBERG, P. 1991. *El aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- OSBORNE, J. y SIMON, S. 1996. Primary science: past and future directions, *Studies in Science Education*, 26, 99-147.

- OTERO, J. 1997. El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico. *Alambique*, 11, 15-22.
- OTERO, J. y BRINCONES, I. 1987. El aprendizaje significativo de la segunda ley de la termodinámica. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 89-107.
- PADILLA, M.J., MCKENZIE, D.L. y SHAW, E.L. 1986. An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86 (1), 20-26.
- PALACIOS, C., LÓPEZ, F., GARROTE, R. y MONTES, P. 1989. Procesos de la ciencia y desarrollo cognitivo en bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), 132-140.
- PARCERISA, A. 1996. *Materiales curriculares. Cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Graó. Biblioteca de Aula.
- PERALES, F. J. 1994. Enseñanza-aprendizaje de una heurística en la resolución de problemas de Física: un estudio cuasiexperimental. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 21, 201-209.
- PERALES, F. 2000a. La resolución de problemas. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.), *“Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias”*. Alcoy: Marfil, pp. 289-306.
- PERALES, F.J. 2000b. *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis.
- PERALES, F.J. 2006. Pasado, presente y ¿futuro? De los libros de texto. *Alambique*, 48, 57-63.
- PERALES, F.J. y CAÑAL, P. 2000. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil: Alcoy.
- PERALES, F.J. y JIMÉNEZ, J.D. 2002. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 369-386.
- PERALES, F.J. y MARTOS, F. 1997. “Problemas tradicionales-problemas LOGSE: ¿algún cambio sustancial?”, en Jiménez, R. y Wamba, A.M. (eds.), *Avances en Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Servicio de Publicaciones de Huelva. Huelva.
- PÉREZ DE LANDAZABAL, M.C. y RUBIO, F. 1986. Evaluación de una experiencia didáctica en la línea del descubrimiento dirigido para la enseñanza de la física en 2º de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 223-232.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. 1993. *Bibliography: Student' alternative framework and science education (4 th edition)*, Kiel: Institute for Science Education, University of Kiel.

- PHILLIPS. R. 1997. Can juniors read graphs? A review and análisis of some computer-based activities. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 6(1), 49-58. Citado en Swan y Philips, 1998.
- PICKERING, M. 1980. Are lab courses a waste of time? *Chronicle of Higher Education*, 19, 44-50.
- PISA, 2003. Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas. OCDE: Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo, 2004, 226 p. <http://www.ince.mec.es/pub/marcoteoricopisa2003>.
- POLYA, G. 1965. *Cómo planear y resolver problemas*. México: Trillas.
- POPE, M.L. y GILBERT, J. 1983. Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science. *Science Education*, 67(2), 193-203. (Trad. Cast. La experiencia personal y la construcción del conocimiento en Ciencias. En: R. Porlán, J.E. García y P. Cañal. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada, 1988).
- PORLÁN, R. 1993. *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de Enseñanza Aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada.
- PORLÁN, R. 1994. Las concepciones epistemológicas de los profesores: el caso de los estudiantes de Magisterio. *Investigación en la Escuela*, 22, 67-84.
- PORLÁN, R. 1995. Las creencias pedagógicas y científicas de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3 (1), 7-13.
- PORLAN, R. 1996. *Proyecto docente*. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R. y LÓPEZ, J.L. 1993. Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. *Currículo*, 6-7, 91-107.
- PORLÁN, R. y MARTÍN, R. 1996. Ciencia, Profesores y Enseñanza: unas relaciones complejas. *Alambique*, 8, 23-32.
- PORLÁN, R. y MARTÍN, R. 2006. “Alambique” 1996-2006. ¿Cómo progresa el profesorado al investigar problemas prácticos relacionados con la enseñanza de las ciencias? *Alambique*, 48, 92-99.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. 1998. *El conocimiento de los profesores*. Diada: Sevilla.
- PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN, R. 2000. El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y su aprendizaje, en Perales, F.J. y Cañal, P. *Didáctica de las ciencias experimentales*, Alcoy: Marfil, pp:507-533.

- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A.1982. Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- POSTIGO, Y. y POZO, J.I. 2000a. *Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de la información gráfica*, En Pozo, J.I. y Monereo (coord.), C. Aula XXI: Santillana, pp. 251-267.
- POSTIGO Y. y POZO J.I. 2000b. Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.
- POWELL, R. 1994. From field science to classroom science: A case study constrained emergente in a second-career science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 273-291.
- POZO, J.I. 1989. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I. 1996. La psicología cognitiva y la educación científica. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 1 (2).
- POZO, J.I. y CARRETERO, M. 1987. Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas. ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- POZO, J.I., y GÓMEZ CRESPO, M.A. 1998. *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.
- POZO, J.L. y MONEREO C. (coords.) 2000. *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- POZO, J.I. y POSTIGO, Y. 1994. La solución de problemas como contenidos procedimentales en la educación obligatoria. En J.I. Pozo (Ed.), *Solución de problemas*, Madrid: Santillana, Aula XXI.
- POZO, J.I. y POSTIGO, Y. 1997. Las estrategias de aprendizaje a través de las diferentes áreas del currículo. En M.L. Pérez Cabaní (Comp.) *Las estrategias a través del currículo*, Barcelona: Horsori.
- POZO, J.I. y POSTIGO, Y. 2000. *Los procedimientos como contenidos escolares*. Barcelona: Edebé.
- PREECE. J. y JANVIER, C. 1993. Interpreting trends in múltiple-curve graphs of ecological situations: the role of context. *International Journal Science Education*, 15 (2), 199-212.
- PRO, A. 1995. Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en Ciencias. *Alambique* 8, 72-80.

- PRO, A. 1997. ¿Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales? *Alambique*, 14, 49-59.
- PRO, A. 1998a. El análisis de las actividades de enseñanza como fundamento para los programas de formación de profesores, *Alambique*, 15, 15-28.
- PRO, A. 1998b. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 21-41.
- PRO, A. 1999. Planificación de UD por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 411-429.
- PRO, 2000. La construcción social de la ciencia; implicaciones en el diseño de una propuesta de enseñanza y en la elaboración de instrumentos de análisis y de evaluación del aprendizaje. XIX Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales. Madrid.
- PRO, A. 2006. Contenidos procedimentales: ¿algo que sólo suena a LOGSE? *Alambique*, 48, 100-108.
- RAMIREZ, 1990. *La resolución de problemas de física y química como investigación en la enseñanza media: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- RAMÍREZ, L., GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. 1994. *La resolución de problemas de Física y Química como investigación*. Madrid: MEC.
- REALE, G. y ANTISERI, D. 1988. *Historia del pensamiento filosófico y científico. Tomo III. Del romanticismo hasta hoy*. Barcelona: Harder.
- REID, D.J. y HODSON, D. 1993. *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- REIGOSA, C. E. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2000) La cultura científica en la resolución e problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.
- RESNICK L. B., 1983. Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.
- RIVERA, L. e IZQUIERDO, M. 1996. Presencia de la realidad y la experimentación en los textos escolares de ciencias. *Alambique*, (7), 117-122.
- ROBERTS, D. A. 1995. Scientific literacy: The importance of multiple “Curriculum emphases” in science education standards. in *Redesigning the science curriculum: A report on the implications of standards and benchmarks for science education* (R. W. Bybee and J. D. McInerney, Eds.). The Biological Sciences Curriculum Study, Colorado Springs, pp 75-80.
- ROCA, M. 2005. Cuestionando las cuestiones. *Alambique*, 45, 9-17.

- RODRIGO, M.J. y CUBERO, R. 2000. Constructivismo y enseñanza de las ciencias. En: Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds), *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la Enseñanza de la Ciencia*, Marfil: Alcoy, pp: 85-107.
- ROMERO, F. 2006. *El desarrollo de la reforma LOGSE en la enseñanza de las ciencias: estudio de la Educación Secundaria Obligatoria en la Región de Murcia*. Tesis doctoral inédita: Universidad de Murcia.
- ROTH, W.M. 2002. Aprender ciencias en y para la comunidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 195-208.
- ROTH, W-M y BOWEN, G.M. 1994. Mathematization of experience in a grade 8 open-inquiry enviroment: an introduction to the representational practices of science. *Journal of research in Science Teaching*, 31 (3), 293-318.
- ROTH, W-M. y BOWEN, G.M. 2001. Professionals read graphs: a semiotic análisis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32 (2), 159-194.
- ROTH, W-M. y MCGINN, M.K. 1997. Graphing: Cognitive Ability or Practice. *Science Education*, 81 (1), 91-106.
- ROTH, W-M., BOWEN, G.M. y MCGINN, M.K. 1999. Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of research in Science Teaching*, 35 (9), 977-1019.
- RYDER, J. y LEACH, J. 2000. Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*, 22 (10), 1069-1084.
- RYMAN, D. 1976. Formal thinking in biology: the woodlouse problem. *Journal of Biological Education*, 10 (4), 181-184.
- SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M.V. 1993 Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 33-44.
- SÁNCHEZ, G y VALCÁRCEL, M. V. 2000. ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? cambios y dificultades tras un programa de formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 423-437.
- SANMARTÍ, N. 2000. El diseño de unidades didácticas. En Perales, F.J. y Cañal, P. (Eds.), “*Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*”. Alcoy: Marfil, pp. 239-266.
- SANMARTÍ, N. 2002. *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- SANMARTÍ, N., IZQUIERDO, M. y GARCÍA, P. 1999. Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de pedagogía*, 281, 54-58.

- SEGURA, D. 1991. Una premisa para el cambio conceptual: El cambio metodológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), 175-180.
- SEVILLA, C. 1994. Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 400-405.
- SHAH, P. y HOFFNER, J. 2002. Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14 (1), 47-69.
- SHAYER, M. y ADEY, P. 1992a. Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students III: testing the permanency of effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (10), 1101-115.
- SHAYER, M. y ADEY, P. 1992b. Accelerating the development of formal thinking in middle and high school students IV: three years after a two year intervention. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 351-366.
- SHAYER, M. y ADEY, P.S. 1992c. *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea (traducción de "Towards a science of science teaching", 1981).
- SHUELL, T.J. 1987. Cognitive psychology and conceptual change: Implications for teaching science. *Science Education*, 71 (2), 239-250.
- SIGUENZA, A.F. y SÁEZ, M.J. 1990. Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 223-230.
- SILVA, D. y VASCONCELOS, C. 2004. La resolución de problemas en la enseñanza de Geología: una investigación en el ámbito del impacto ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 12 (3), 266-280.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. 1997. STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81 (4), 377-386.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. 1998: Las interacciones CTS en los nuevos textos de la enseñanza secundaria, en E. Banet y A. de Pro (Coord.): *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, 142-148. Murcia: Universidad de Murcia.
- SOLOMON, J. 1994. The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. 1990. *A revisionist theory of conceptual change*. Cornell University, Ithaca. New York.
- SWAN, M y PHILLIPS, R. 1998. Graph interpretation skills among lower-achieving school leavers. *Research in Education*, 60, 10-20.
- TAIRAB, H.H. y AL-NAQBI, A.K.K. 2004. How secondary school science interpret and construct scientific graphs. *Journal of Biological Education*, 38 (2), 119-124.

- TAMIR, P. 1989. Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, 73 (1), 59-69.
- TAMIR, P. 1991. Practical work in school science: An analysis of current practice. En “*Practical science*”. Open University Press.
- TAMIR, P. 1999. Self-assessment: the use of self-report knowledge and opportunity to learn inventories. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 401-411.
- TAMIR, P. y GARCÍA, M.P. 1992. Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de texto de ciencias utilizados en Cataluña. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (1), 3-12.
- TAMIR, P., NUSSINOVITZ, R. y FRIEDLER, Y. 1982 The design and use of a Practical tests Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16 (1), 42-50.
- TAMIR, P., STAVY, R. y RATNER, N. 1998. Teaching science by inquiry: assessment and learning, *Educational Research*, 33 (1), 27-32.
- TIMSS (2003) TIMSS: Estudio internacional sobre niveles de aprendizaje en matemáticas y ciencias. <http://timss.bc.edu/timss2003i/released.html>.
- TOBIN, K. 1990. Research on Science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90 (5), 403-418.
- TOBIN, K., TIPPINS, D. J. y GALLARD, A. J. 1994. Research on instructional strategies for teaching science teaching. En D. L. Gabel, (ed.), “*Handbook of Research on Science Teaching and Learning*”. New York MacMillan Publishing: Company, pp. 45-93.
- TOH, K.A. y WOOLNOUGH, B.E. 1993. Middle School student’s achievement in laboratory investigations: explicit versus tacit knowledge. *Journal of research in Science Teaching*, 30 (5), 445-457.
- TOOTHACKER, W.S. 1983. A critical look at introductory laboratory instruction. *American Journal of Physics*, 51, 516-520. Citado en Barberá y Valdés, 1996.
- TOTH, E.E., SUTHERS, D. y LESGOLD, A.M. 2002. “Mapping to know”: the effects of representational guidance and reflective assessment on scientific inquiry. *Science Education*, 86 (2), 264-286.
- TOULMIN, S. 1958. *The uses of Argument*. Nueva York: Cambridge University Press.
- TRAVÉ, G. y CAÑAL, P. 1997. ¿Podemos cambiar la educación primaria? El lugar de los ámbitos de investigación en un currículo alternativo. *Investigación en la Escuela*, 31, 49-61.

- VALCÁRCEL, M.V y SÁNCHEZ, G. 2000. La formación del profesorado en ejercicio. En: F.J. Perales y P. Cañal. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil, pp. 557-581.
- VALCÁRCEL, M.V., PRO, A., BANET. E. y SÁNCHEZ, G. 1990. *Problemática didáctica del aprendizaje de las Ciencias Experimentales*. Servicio de Publicaciones: Universidad de Murcia.
- VARELA, M.P. y MARTÍNEZ, M.M. 1997. Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 173-188.
- VÁZQUEZ, A. 1994. El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 3-14.
- VÁZQUEZ A., ACEVEDO J.A., MANASSERO M^a. A Y ACEVEDO P. 2002. La Humanidad tiene razones que la Razón del Hombre ignora. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. Organización de estados iberoamericanos.
- VIRA, S. 1998. Assessment of investigative work for GCSE 1998. *School Science Review*, 79 (288), 75-79.
- WARWICK, P. y SIRAJ-BLATCHFORD, J. 2006. Using data comparison and interpretation to develop procedural understandings in the primary classroom: case study evidence from action research. *International Journal of Science Education*, 28 (5), 443-467.
- WATSON, J. 1994. Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias, *Alambique*, 2, 57-65.
- VAZQUEZ. A. 1994. “El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1), 3-14.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. 2001. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.
- WARWICK, P. y SIRAJ-BLATCHFORD, J. 2006. Using data comparison and interpretation to develop procedural understandings in the primary classroom: case study evidence from action research. *International Journal of Science Education*, 28 (5), 443-467.
- WAVERING, M.J. 1989. Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*. 26 (5), 373-379.
- WELLINGTON, J. 1989. *Skills and process in science education. A critical analysis*. Londres: Routledge. Citado en Pozo y Gómez Crespo, 1998.
- WHEATLEY, G.H. 1991. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, 75 (1), 9-21.

- WOOLGAR, S. 1988. *Science: The very idea*. Chichester: Ellis Horwood.
- WOOLNOUGH, B (ed.). 1991. *Practical Science*. London: Open University Press.
- YUS, R. 1987. Hacia un modelo de aprendizaje constructivista de las ciencias naturales de bachillerato, por el método del redescubrimiento dirigido, en el marco de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra.
- ZOHAR, A. y TAMIR, P. 1993. Incorporating critical thinking into a regular high school biology curriculum. *School Science and Mathematics*, 93, (3), 136-140.

ÍNDICE

ANEXO I	Cuestionario de alumnos sobre tablas y gráficas	9
ANEXO II	Cuestionario sobre habilidades de investigación	21
ANEXO III	Cuestionario para profesores	47
ANEXO IV	Contenidos procedimentales en las UD presentadas por los profesores	53

ANEXO I

CUESTIONARIO DE ALUMNOS SOBRE TABLAS Y GRÁFICAS

CUESTIONARIO DE 1º ESO

1.- ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TABLAS?

Con frecuencia los científicos recurren a las tablas en sus investigaciones. También, con frecuencia, podemos observar tablas en los libros de texto de las clases de ciencias y en los medios de comunicación (periódicos, televisión ...).

a) ¿Te imaginas qué clase de representaciones son las tablas a las que se refiere el párrafo anterior? Pon una X al principio de la frase con la que estés más de acuerdo.

- SÍ, ME LO IMAGINO. LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE Y CREO SABER LO QUE SON LAS TABLAS
- CREO QUE SÍ; ALGUNA VEZ HEMOS UTILIZADO LAS TABLAS EN CLASE, PERO TENGO ALGUNAS DUDAS
- AUNQUE LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE, NO ME ACUERDO DE LO QUE SON LAS TABLAS
- NO SÉ LO QUE ES UNA TABLA; CREO QUE NUNCA HEMOS UTILIZADO TABLAS EN CLASE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

b) ¿Podrías poner una tabla que represente el cambio de la altura de una persona según su edad? No hace falta que sea muy extensa.

c) Como decíamos, los científicos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia TABLAS, ¿sabes qué utilidad tiene en estos casos las TABLAS?

2. ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÁFICAS?

Otro procedimiento que utilizan los científicos con propósitos similares a las tablas son las gráficas; también se pueden observar, con bastante frecuencia, en los libros de texto que utilizáis en clases y en los medios de comunicación.

a) ¿Te imaginas qué clase de representaciones son las gráficas a las que se refiere el párrafo anterior?

- SI, ME LO IMAGINO, LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE Y CREO SABER LO QUE SON LAS GRÁFICAS.
- CREO QUE SÍ, ALGUNA VEZ HEMOS UTILIZADO GRÁFICAS EN CLASE, PERO TENGO ALGUNAS DUDAS
- AUNQUE LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE, NO ME ACUERDO DE LO QUE SON LAS GRÁFICAS
- NO SÉ LO QUE ES UNA GRÁFICA; CREO QUE NUNCA HEMOS UTILIZADO GRÁFICAS EN CLASE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

b) Si recuerdas haber utilizado GRÁFICAS en clase o haberlas visto en los medios de comunicación (periódicos, televisión...), ¿puedes poner un ejemplo de alguna? No hace falta que sea exactamente igual a la que recuerdes.

c) Como decíamos, los científicos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia las GRÁFICAS, ¿sabes qué utilidad tiene en estos casos las GRÁFICAS?

3. CONSTRUIR TABLAS

a). Al medir la estatura de 8 alumnos y alumnas, todos ellos de la misma edad, se encontraron los siguientes valores en cm: María José: 165; José Luis: 162, Mónica: 172; Andrés: 175; Juanjo: 170; Cristina: 168; Lucía: 160; Paloma: 159

ORDENA ESTOS DATOS EN UNA TABLA.

b) ESTE ES UN FRAGMENTO DE UN CUADERNO DE CAMPO DE UN ZOÓLOGO:

Fecha: 12-03-99

“Para el estudio de esta ave nos situamos a cierta distancia para observarla sin que las molestásemos. Anotamos, durante una semana, la distancia a la que llegan a desplazarse para obtener alimento. A las 7h de la mañana se desplazan en un radio de acción de hasta unos 100. Hacia las 12 del mediodía sólo 50 m. A las 18 h, sin embargo, se desplazan hasta unos 200 m”

El tiempo aproximado que dura la actividad de cazar presas para traerlas a sus crías es el siguiente: a las 7 de la mañana durante 1 hora. A las 12 del mediodía, durante menos tiempo (20 minutos aproximadamente). A las 18 horas, el doble de tiempo que a primera hora de la mañana.

CONFECCIONA UNA TABLA PARA ORDENAR LOS DATOS DE ESTE TEXTO

4. CONSTRUIR E INTERPRETAR GRÁFICAS

a) OBSERVA ATENTAMENTE ESTA TABLA Y CONTESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

EDAD (años)	TALLA (cm)
5	100
10	125
15	150
20	175
25	178
70	175

a. Escribe dos números de esta tabla que estén en la misma fila:

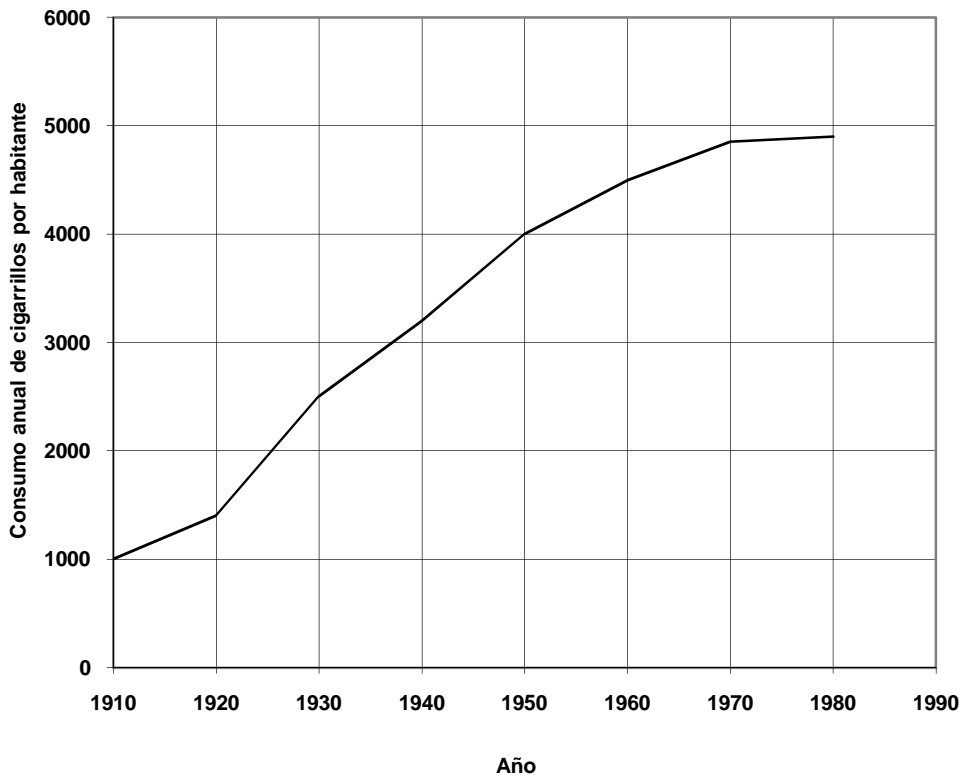
b. Escribe dos números de esta tabla que estén en la misma columna:

c. ¿Qué título le pondrías a esta tabla?:

d. ¿Qué se puede deducir de los datos de esta tabla?

e. Construye una gráfica para representar los datos de esta tabla.

b) OBSERVA LA GRÁFICA Y CONTESTA A LAS PREGUNTAS DE ABAJO:



1.- En el año 1950 el consumo era decigarrillos al año.

2.- En el año 1945 se consumían alrededor de cigarrillos al año

3.- El mayor aumento en el consumo de tabaco se dió en los diez años comprendidos entre los años al

4.- El aumento en el consumo desde el año 1920 al 1940 fue de: cigarrillos al año.

5.- Probablemente el consumo anual de cigarrillos en el año 1900 fue de

6.- Pon título a esta gráfica

7.- ¿Qué conclusión puedes deducir de esta gráfica?

8. ¿Qué puedes deducir que pasará en el futuro respecto al consumo de cigarrillos?

CUESTIONARIO DE 3º ESO

1.- ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TABLAS?

Con frecuencia los científicos recurren a las tablas en sus investigaciones. También, con frecuencia, podemos observar tablas en los libros de texto de las clases de ciencias y en los medios de comunicación (periódicos, televisión ...).

a) ¿Te imaginas qué clase de representaciones son las tablas a las que se refiere el párrafo anterior? Pon una X al principio de la frase con la que estés más de acuerdo.

- SÍ, ME LO IMAGINO. LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE Y CREO SABER LO QUE SON LAS TABLAS
- CREO QUE SÍ; ALGUNA VEZ HEMOS UTILIZADO LAS TABLAS EN CLASE, PERO TENGO ALGUNAS DUDAS
- AUNQUE LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE, NO ME ACUERDO DE LO QUE SON LAS TABLAS
- NO SÉ LO QUE ES UNA TABLA; CREO QUE NUNCA HEMOS UTILIZADO TABLAS EN CLASE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

b) Si recuerdas haber utilizado TABLAS en clase o haberlas visto en los medios de comunicación (televisión, periódico ...), ¿puedes poner un ejemplo de alguna? No hace falta que sea exactamente igual a la que recuerdes.

c) Como decíamos, los científicos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia TABLAS, ¿sabes qué utilidad tiene en estos casos las TABLAS?

2. ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÁFICAS?

Otro procedimiento que utilizan los científicos son las GRÁFICAS. También se pueden observar, con bastante frecuencia, en los libros de texto que utilizáis en clases y en los medios de comunicación.

a) ¿Te imaginas qué clase de representaciones son las gráficas a las que se refiere el párrafo anterior?

- SI, ME LO IMAGINO, LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE Y CREO SABER LO QUE SON LAS GRÁFICAS.
- CREO QUE SÍ, ALGUNA VEZ HEMOS UTILIZADO GRÁFICAS EN CLASE, PERO TENGO ALGUNAS DUDAS
- AUNQUE LAS HEMOS UTILIZADO EN CLASE, NO ME ACUERDO DE LO QUE SON LAS GRÁFICAS
- NO SÉ LO QUE ES UNA GRÁFICA; CREO QUE NUNCA HEMOS UTILIZADO GRÁFICAS EN CLASE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

b) Si recuerdas haber utilizado GRÁFICAS en clase o haberlas visto en los medios de comunicación (televisión, periódico...), ¿puedes poner un ejemplo de alguna que has

estudiado este curso o en cursos anteriores? No hace falta que sea exactamente igual a la que recuerdes.

c) Como decíamos, los científicos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia las GRÁFICAS, ¿sabes qué utilidad tienen las gráficas?

3. CONSTRUIR TABLAS

a) En una publicación sobre nutrición encontramos los siguientes datos: “La cantidad de proteínas diarias que se precisan tomar, para tener una alimentación sana varía, entre otras circunstancias, en función de la edad. En los adolescentes esta cantidad es de unos 50 gramos y en los adultos es algo mayor, unos 53 gramos. En los niños, esa cantidad es lógicamente menor y se sitúa alrededor de 25 gramos, sin embargo, en los ancianos en contra de lo que pueda suponerse, es de unos 60 gramos”.

ORDENA ESTOS DATOS EN UNA TABLA.

b) ESTE ES UN FRAGMENTO DE UN CUADERNO DE CAMPO DE UN ZOÓLOGO:

Fecha: 12-03-99

“Para el estudio de esta ave nos situamos a cierta distancia para observarla sin que las molestásemos. Anotamos, durante una semana, la distancia a la que llega a desplazarse en búsqueda de alimento. A las 7h se desplazaba en un radio de acción de hasta unos 100 m. Hacia las 12 de la mañana volvía a salir, pero en un radio de sólo 50 m. A las 18 h, sin embargo, se desplazaba hasta unos 200 m.

El tiempo aproximado que dura la actividad de cazar presas para traerlas a sus crías es el siguiente: a las 7 de la mañana durante 1 hora. A las 12 del mediodía, durante menos tiempo (20 minutos aproximadamente). A las 18 horas, el doble de tiempo que a primera hora de la mañana.”

4. CONSTRUIR GRÁFICAS

OBSERVA ATENTAMENTE ESTA TABLA Y CONTESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

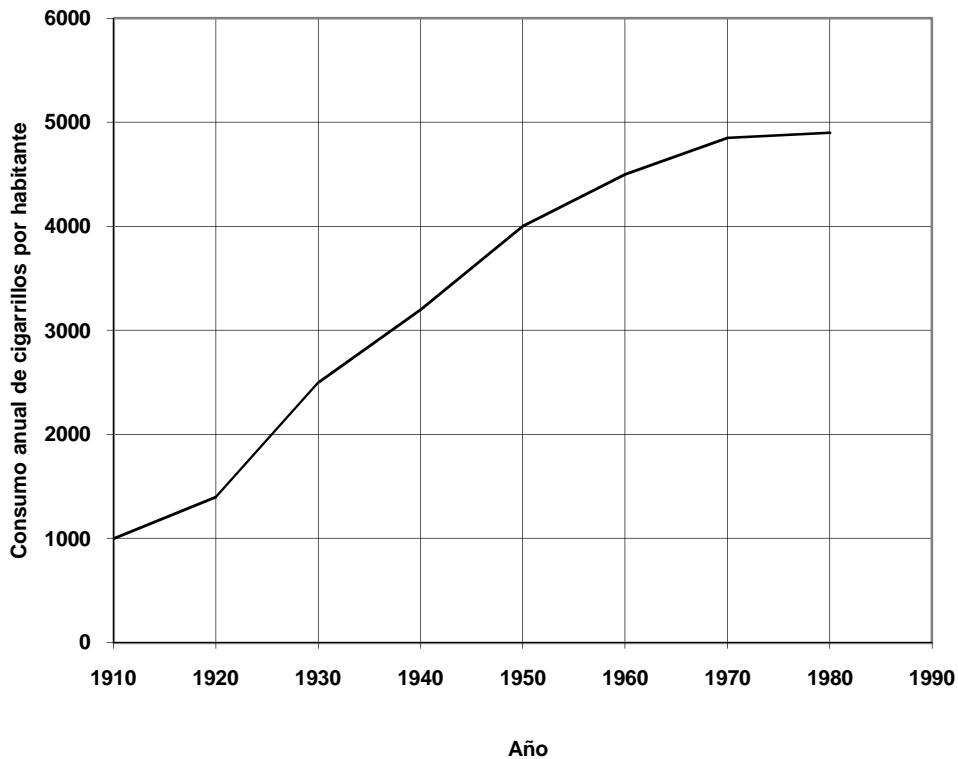
EDAD (años)	TALLA (cm)
1	75
5	109
15	165
20	175
70	172
80	168

- Escribe dos números de la misma fila:
- Escribe dos números de la misma columna:

- c. Nombra las variables que se estudian en esta tabla:
- d. ¿Qué título le pondrías a esta tabla?
- e. ¿Qué se puede deducir de estos datos?
- f. Construye una gráfica para representar los datos de esta tabla.

5.- INTERPRETAR GRÁFICAS

a) OBSERVA LA GRÁFICA Y CONTESTA A LAS PREGUNTAS DE ABAJO:

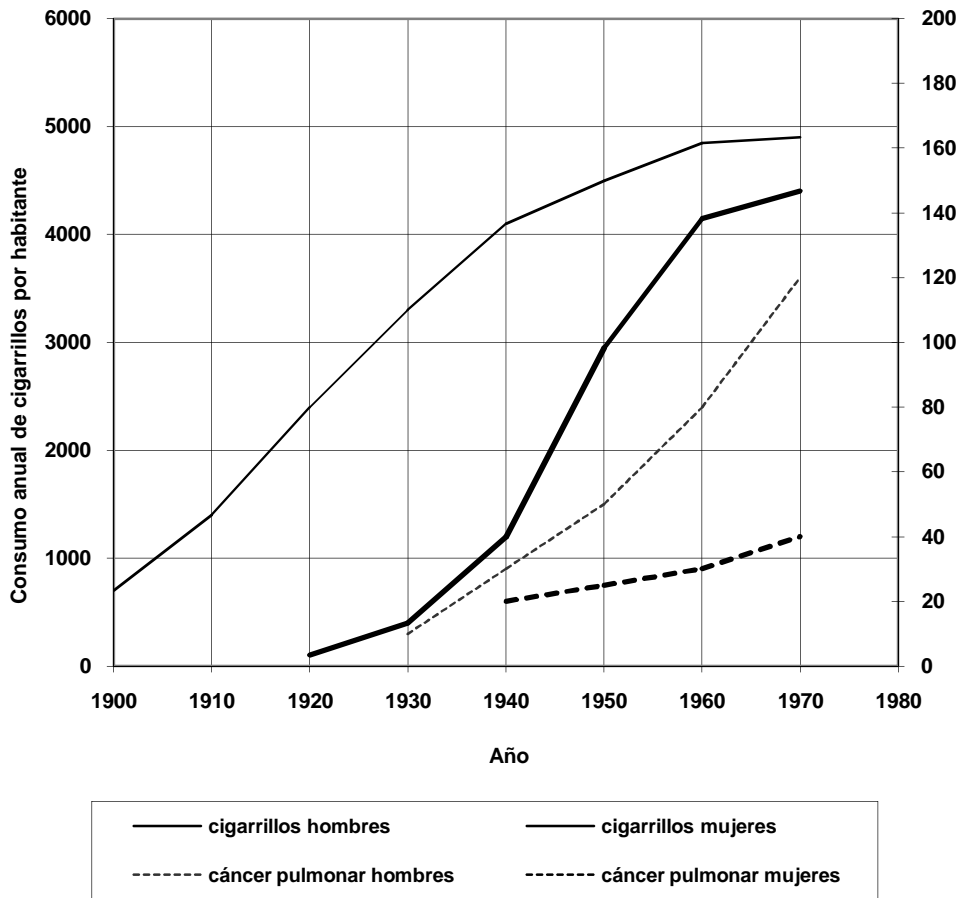


- 1.- En el año 1950 el consumo era decigarrillos al año.
- 2.- En el año el consumo anual de cigarrillos era de 3500
- 3.- El mayor incremento en el consumo de tabaco se dió en los diez años que van desde el año al
- 4.- El aumento en el consumo desde el año 1920 al 1940 fue de: cigarrillos al año.
- 5.- Probablemente el consumo anual de cigarrillos en el año 1900 fue de
- 6.- Pon título a esta gráfica
- 7.- ¿Qué conclusión puedes deducir de esta gráfica?

8.- ¿Qué puedes deducir que pasará en el futuro respecto al consumo de cigarrillos?

b) OBSERVA LA GRÁFICA Y CONTESTA A LAS PREGUNTAS DE ABAJO

Muertes por cáncer pulmonar (por 100.000 habitantes)



- 1.- Los hombres fumaban 4300 cigarrillos en el año
- 2.- El mayor incremento en el consumo de tabaco entre las mujeres se dió en el período de 10 años entre los años al
- 3.- El aumento en el consumo por los hombres fue desde el año 1920 al 1940 de: cigarrillos al año.
- 4.- En 1960 hubo alrededor de mujeres muertas por cáncer de pulmón (por cada 100.000 habitantes).
- 5.- En 1940 los hombres fumaban aproximadamente veces más que las mujeres.
- 6.- Probablemente el número de muertes (en hombres) por cáncer de pulmón, por cada 100.000 habitantes, fue en el año 1980 de:

CUESTIONARIO DE 1º BACHILLERATO

1.- ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TABLAS?

Con frecuencia los científicos recurren a las tablas en sus investigaciones. También, con frecuencia, podemos observar tablas en los libros de texto de las clases de ciencias y en los medios de comunicación (periódicos, televisión...).

a) Si recuerdas haber utilizado TABLAS en clase o haberlas visto en los medios de comunicación (televisión, periódico...), ¿puedes poner un ejemplo? No hace falta que sea exactamente igual a la que recuerdes.

b) Como decíamos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia TABLAS, ¿sabes qué utilidad tiene en estos casos las TABLAS?

2. ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS GRÁFICAS?

Otro procedimiento que utilizan los científicos con propósitos similares a las tablas son las GRÁFICAS; también se pueden observar, con bastante frecuencia, en los libros de texto que utilizáis en clases y en los medios de comunicación.

a) Si recuerdas haber utilizado GRÁFICAS en clase o en los medios de comunicación (televisión, periódico...), ¿puedes poner un ejemplo de alguna que has estudiado este curso o en cursos anteriores? No hace falta que sea exactamente igual la que recuerdes.

b) Como decíamos, los libros de texto y los medios de comunicación utilizan con frecuencia las GRÁFICAS, ¿sabes qué utilidad tienen las GRÁFICAS?

3. CONSTRUIR TABLAS.

LEE DETENIDAMENTE ESTOS TEXTOS Y LUEGO CONTESTA A LAS PREGUNTAS

a) ESTE ES UN FRAGMENTO DE UN CUADERNO DE CAMPO DE UN ZOÓLOGO:

Fecha: 12-03-99

“Para el estudio de estas aves nos situamos a cierta distancia para observarlas sin que las molestásemos. Anotamos, durante una semana, en distintos momentos del día, la distancia a la que llegan a desplazarse para obtener alimento. A las 7h se desplazan en un radio de acción de hasta unos 100 m. Hacia las 12 de la mañana sólo 50 m. A las 18 h, sin embargo, se desplazan hasta unos 200 m.

El tiempo aproximado que dura la actividad de cazar presas para traerlas a sus crías es el siguiente: a las 7 de la mañana durante 1 hora. A las 12 del mediodía, durante menos tiempo (20 minutos aproximadamente). A las 18 horas, el doble de tiempo que a primera hora de la mañana.”

CONFECCIONA UNA TABLA PARA ORDENAR LOS DATOS DE ESTE TEXTO

b) TABLA DE TEMPERATURAS EN LA ATMÓSFERA:

Utilizando instrumentos de medida adecuados, los científicos han sido capaces de determinar la temperatura en distintos lugares de la atmósfera. Los resultados obtenidos en una zona determinada han sido los siguientes:

- En la superficie de la Tierra hacía una temperatura de 12 grados centígrados.
- Los valores más bajos se encontraron a las siguientes alturas:
 - a 12 km de altura: -60 grados
 - a 80 km de altura: -80 grados
 - a 90 km de altura: -75 grados
- Los valores más elevados fueron los siguientes:
 - a 48 km de altura: -15 grados
 - a 115 km de altura: cero grados

Teniendo en cuenta estos datos:

a) Elabora una tabla que represente estos datos

b) Explica como varía la temperatura de la atmósfera en función de la altura

4. CONSTRUIR E INTERPRETAR GRÁFICAS

OBSERVA ATENTAMENTE ESTA TABLA Y CONTESTA A LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

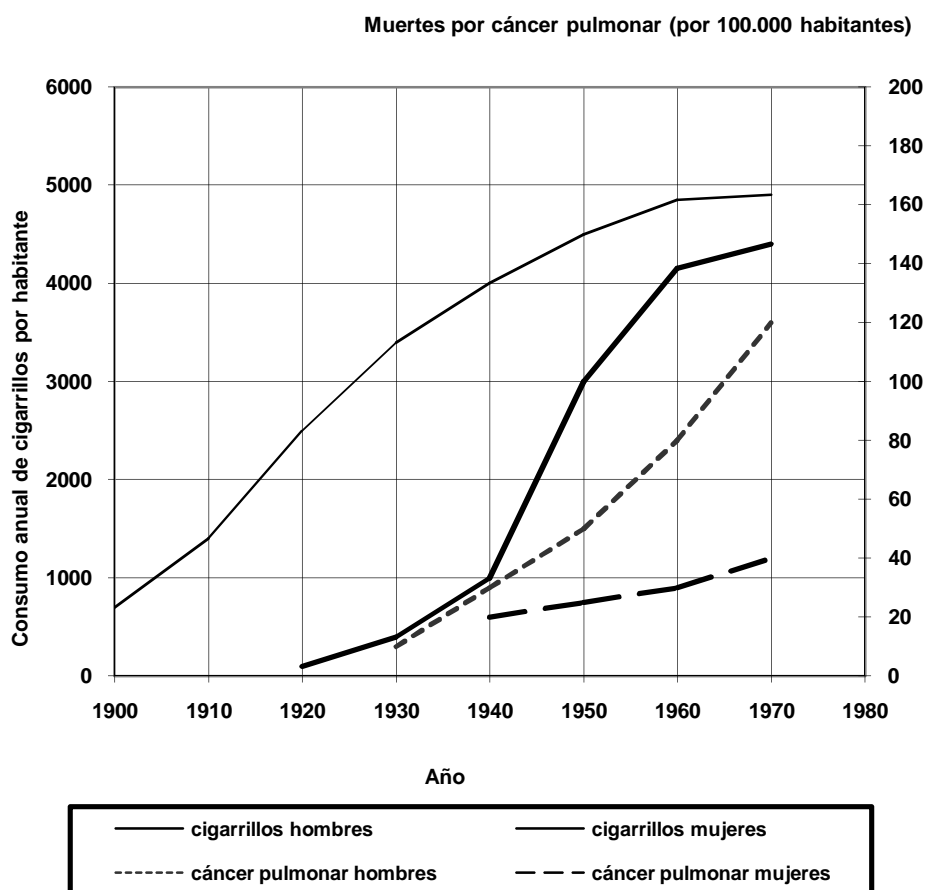
EDAD (años)	TALLA (cm)
1	75
5	109
15	165
20	175
70	172
80	168

- a) Escribe dos números que estén en la misma fila:
- b) Escribe dos números que estén en la misma columna:
- c) Escribe las variables de esta tabla:
- d) Construye una gráfica para representar los datos de la tabla de arriba
- e) Añade a la gráfica que acabas de hacer los datos de esta otra tabla:

EDAD (años)	PESO (kg)
1	11
5	20
15	52
20	68
70	65
80	62

- f) ¿Qué título le pondrías a esta gráfica que contiene los datos de estas dos tablas?
- g) ¿Qué se puede deducir de estos datos?

5) OBSERVA LA GRÁFICA Y CONTESTA A LAS PREGUNTAS DE ABAJO:



- a) Los hombres fumaban 4500 cigarrillos en el año
- b) El mayor incremento en el consumo de tabaco entre las mujeres se dió en la década de los años: al
- c) El aumento en el consumo por los hombres fue desde el año 1920 al 1940 de: cigarrillos al año.

- d) En 1960 hubo alrededor de mujeres muertas por cáncer de pulmón (por cada 100.000 habitantes).
- e) En 1940 los hombres fumaban aproximadamente veces más que las mujeres.
- f) Probablemente el número de muertes (en hombres) por cáncer de pulmón, por cada 100.000 habitantes, fue en el año 1980 de:
- g) En la década de los años 50 a 60, ¿qué población tuvo mayor aumento en el consumo de tabaco, la masculina o la femenina? Razónalo.

ANEXO II

Cuestionario sobre habilidades de investigación

CUESTIONARIO DE 1º ESO

Con esta encuesta queremos saber lo que los alumnos y alumnas, que han acabado Primaria, conocen sobre algunos aspectos importantes del conocimiento científico, como son los que se refieren a los procesos de investigación.

Un concepto importante en el desarrollo de cualquier investigación es el de hipótesis. Queremos conocer cuál es vuestro punto de vista en relación a este término:

1.- HIPÓTESIS.

1. ¿Recuerdas haber desarrollado actividades en clase –en este curso o en cursos anteriores- en las que tuvieras que expresar hipótesis? Elige una de las frases marcando a la izquierda con una X.

- CON MUCHA FRECUENCIA
- CON ALGUNA FRECUENCIA
- CASI NUNCA
- NO RECUERDO HABERLO HECHO NINGUNA VEZ
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

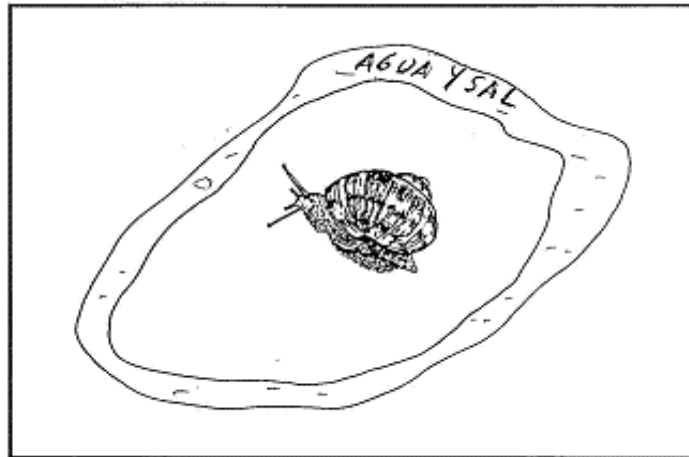
2. Elige la frase (o las frases) que para ti significa lo mismo que hipótesis:

- Teoría que está aceptada por los científicos
- Respuesta provisional ante un problema que se debe comprobar con experimentos
- Conclusión a la que se ha llegado después de realizar una investigación
- Problema que se plantea y que puede tener una solución científica

- Escribe otra frase equivalente a hipótesis si no eliges ninguna de las anteriores:

2.- PLANIFICAR INVESTIGACIONES

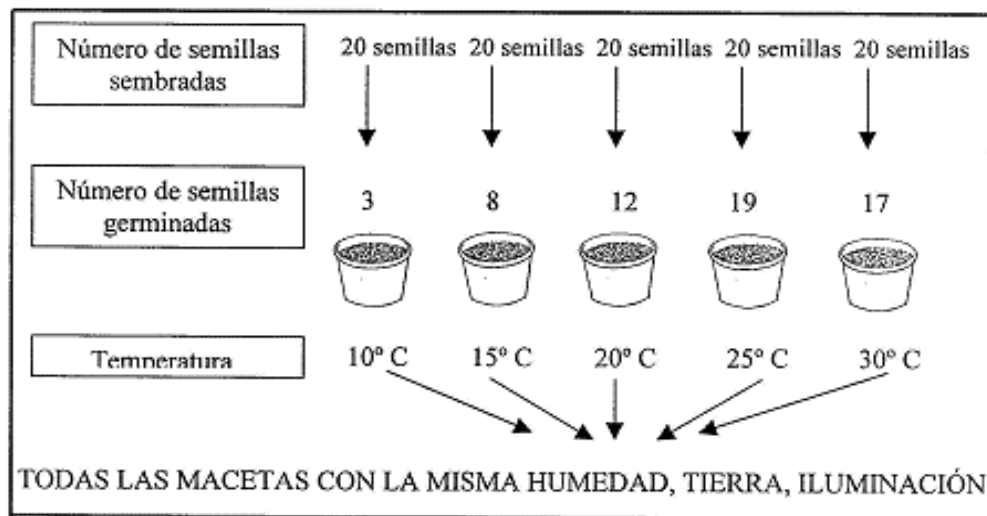
a) Durante un trabajo escolar unos estudiantes hicieron un anillo de agua salada alrededor de un caracol y observaron que no lo atravesaba. Según algunos se debía al agua, según otros a la sal.



¿Qué pruebas harías para averiguar quién tiene razón? Explícalo con detalle.

b) En una investigación sobre la germinación de unas determinadas semillas, se sembraron, en 5 macetas iguales y todas con las mismas condiciones de cultivo (humedad, tierra, iluminación), 20 semillas en cada una de las 5 macetas. Cada una de ellas se colocó a distinta temperatura ambiental (en grados centígrados: 10, 15, 20, 25, 30). Al cabo de dos semanas se contó el número de semillas que había germinado en cada maceta, obteniéndose el resultado que se muestra en esta tabla:

T ^a (° C)	Número de semillas germinadas
10	3
15	18
20	12
25	19
30	18



En esta investigación:

1. Escribe el problema científico que se intenta solucionar con este experimento:
2. Escribe una hipótesis para este experimento:
3. Escribe la conclusión o conclusiones que se pueden deducir de esta investigación:

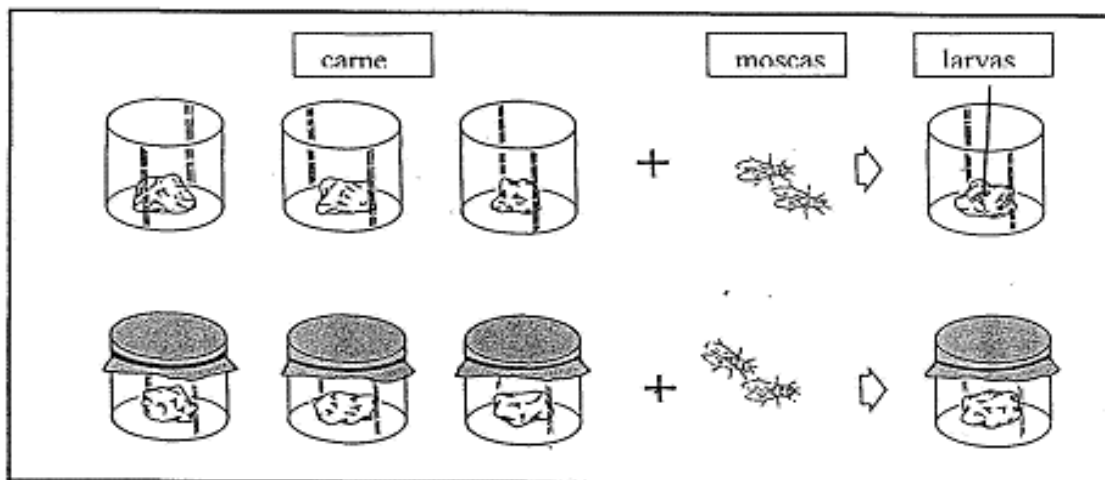
3.- RECONOCER EN TEXTOS ELEMENTOS DE UNA INVESTIGACIÓN

a) De las siguientes frases, indica cuál expresa un problema científico (P), una hipótesis (H), una conclusión (C), o un experimento (E). Coloca al principio de la frase la letra que corresponda:

- ... creemos que es el plomo, contenido en estos alimentos contaminados, la sustancia que provoca dicha enfermedad, para demostrarlo analizaremos...
- ... una vez hecho el experimento se demuestra que los glóbulos rojos son las células que transportan el oxígeno...
- Queremos saber cuál es la mayor concentración de sal que permite el crecimiento de esta planta. Responder a esto puede llevar tiempo pero es la manera de. ...
- ... la luz y la humedad no varían, sin embargo, la temperatura la vamos cambiando entre los 0 ° C y los 50 ° C. Medimos y anotamos el crecimiento de la planta diariamente...
- ... hay que elegir la planta que nos proporcione la cosecha más abundante en este terreno. Para ello tendremos que ...
- ... suponemos que con este método se puede detectar fácilmente si un deportista ha tomado sustancias prohibidas ...

b) Hasta el siglo XVIII se pensaba que algunos seres vivos de pequeño tamaño (por ejemplo insectos) se formaban en la carne putrefacta sin necesidad de que las hembras pusieran huevos. El italiano Francesco Redi en el año 1660 pensaba que eso no era posible e hizo el siguiente experimento para demostrarlo:

Cogió frascos que contenían trozos de carne, luego cerró la mitad de ellos y dejó abiertos la otra mitad. Las moscas sólo podían entrar en estos últimos y sólo en ellos se desarrollaron las larvas (pequeños gusanos que se transforman en moscas). En los frascos cerrados la carne se descompuso y se pudrió pero no aparecieron larvas de mosca. Redi repitió la experiencia cubriendo los frascos con gasa, en lugar de cerrarlos herméticamente; de esta forma entraba aire a la carne pero no las moscas. En este caso tampoco aparecieron larvas.



1. Pon título a este texto
2. ¿Qué problema pretendía resolver Redi?
3. Escribe la hipótesis de este experimento
4. ¿A qué conclusión llegó Redi?

CUESTIONARIO DE 3º ESO

1.- ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE ALGUNOS CONCEPTOS IMPORTANTES EN LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN?

Seguramente habéis oído o leído algunos términos que desempeñan un papel muy importante en las investigaciones de los científicos; algunos de ellos, no todos, los habréis escuchado en clase o los habréis utilizado cuando se habla con amigos o con vuestra familia.

Podrías ayudarnos a conocer cuáles son tus puntos de vista en relación con los siguientes términos:

a) HIPÓTESIS.

1. ¿Recuerdas haber desarrollado actividades en clase –en este curso o en cursos anteriores- en las que tuvieras que expresar hipótesis?. Elige una de las frases marcando a la izquierda con una X.

- CON MUCHA FRECUENCIA
- CON ALGUNA FRECUENCIA
- CASI NUNCA
- NO RECUERDO HABERLO HECHO NINGUNA VEZ
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. Elige la frase (o las frases) que para ti significa lo mismo que hipótesis:

- Teoría que está aceptada por la comunidad científica
- Suposición que va a dar origen a una investigación para comprobarla
- Conclusión a la que se ha llegado después de realizar una investigación
- Problema que se plantea y que tiene una solución científica

- Escribe otra frase equivalente a hipótesis si no eliges ninguna de las anteriores:

b) Un aspecto fundamental en una investigación científica es el “DISEÑO EXPERIMENTAL”; en ocasiones, también en clase, se realizan diseños experimentales, por ejemplo, cuando se estudia la germinación de las semillas, la alimentación, o algunos aspectos relacionados con la vida de los animales o de las plantas.

1. En primer lugar, nos gustaría saber si crees conocer el significado de la expresión “diseño experimental”:

- SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
- CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
- LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
- NO SÉ LO QUE SIGNIFICA DISEÑO EXPERIMENTAL
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. Marca con una X la frase (o las frases) correctas. “Estamos haciendo un DISEÑO EXPERIMENTAL cuando...”:

- ... seguimos el guión que nos ha dado el profesor para observar células con el microscopio en el laboratorio de Ciencias
- ... proponemos las actividades a desarrollar para comprobar si es cierta la hipótesis de que de padres altos nacen hijos altos
- ... interpretamos los resultados de una experiencia para comprobar el efecto de la luz sobre el crecimiento de una planta
- ... clasificamos plantas, con ayuda de unas claves del libro, por la forma y tamaño de sus hojas

c) Otro término habitual en las investigaciones que desarrollan los científicos, pero que también se utilizan en las clases de ciencias y de matemáticas es el de VARIABLE:

1. En primer lugar nos gustaría saber si crees conocer el significado del término “VARIABLE”:

- SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
- CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
- LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
- NO SÉ LO QUE SIGNIFICA VARIABLE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. Marca con una X las frases que creas que corresponden a una variable:

- a- distancia de la Tierra a la Luna
- b- colores del arco iris
- c- edad de una persona hoy
- d- peso de los alumnos de tu clase

2.- PLANIFICA INVESTIGACIONES

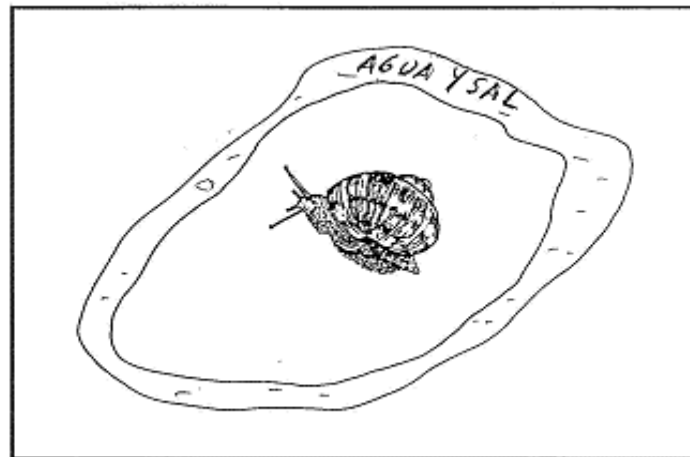
a) En el curso 00-01 se propuso, a alumnos de 3º ESO, una investigación sobre la germinación (inicio del crecimiento de una planta a partir de una semilla) de unas semillas que eran desconocidas para ellos. Uno de los grupos decidió averiguar cuál era la temperatura mejor para su germinación. En su cuaderno escribieron lo siguiente:

“Pensábamos que lo normal sería que germinasen como otras semillas, a una temperatura normal, ni muy fría ni muy caliente. Pusimos en el laboratorio una maceta grande, con tierra buena, y sembramos 30 semillas. Durante los 7 días que duró el experimento, dejamos las persianas subidas para que hubiera luz suficiente y se regó la maceta todos los días un poco. La temperatura media en el laboratorio fue, durante esos días de 22° C. A los 3 días empezaron a brotar algunas semillas. A los 7 días germinaron ya 25 de las 30 semillas.

La conclusión que sacamos fue que la temperatura media mejor para germinar esas semillas es de unos 22° C.”

- EL EXPERIMENTO DE ESTOS ALUMNOS NO PERMITE LLEGAR A LA CONCLUSIÓN QUE HICIERON. ¿EN QUÉ SE EQUIVOCARON?

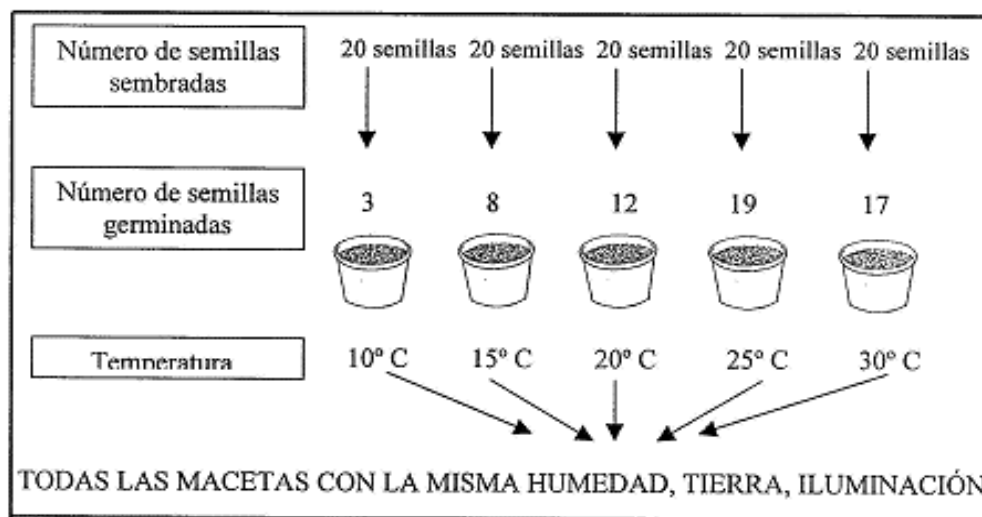
b) Durante un trabajo escolar unos estudiantes hicieron un anillo de agua salada alrededor de un caracol y observaron que no lo atravesaba. Según algunos se debía al agua, según otros a la sal.



¿Qué pruebas harías para averiguar quién tiene razón? Explícalo con detalle.

c) En una investigación sobre la germinación de unas determinadas semillas, se sembraron, en 5 macetas iguales y todas con las mismas condiciones de cultivo (humedad, tierra, iluminación), 20 semillas en cada una de las 5 macetas. Cada una de ellas se colocó a distinta temperatura ambiental (en grados centígrados: 10, 15, 20, 25, 30). Al cabo de dos semanas se contabilizó el número de semillas que había germinado en cada maceta, obteniéndose el resultado que se muestra en esta tabla:

T ^a (° C)	Número de semillas germinadas
10	3
15	8
20	12
25	19
30	18



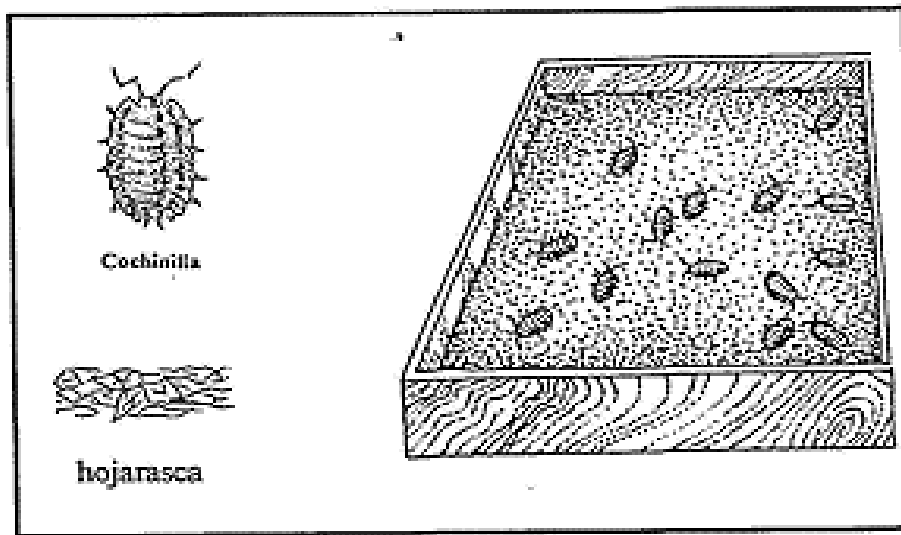
En esta investigación:

1. Escribe el problema científico que se intenta solucionar con esta experimento:
2. Escribe una hipótesis para este experimento:
3. Escribe la conclusión o conclusiones que se pueden deducir de esta investigación:

b) Las cochinillas son pequeños animales, y que viven escondidas, por ejemplo, debajo de la hojarasca. Decides averiguar si influye en ello los siguientes factores:

- luz / oscuridad
- temperatura alta (por ejemplo, 30 °C) / temperatura baja (por ejemplo 10 °C)

Imagina que tienes el material que necesitas (cochinillas, cajas, hojarasca, dispositivos para regular la temperatura, etc.). ESCRIBE CON TODO EL DETALLE QUE PUEDES, EL EXPERIMENTO O LOS EXPERIMENTOS QUE HARÍAS PARA DEMOSTRAR SI ESOS FACTORES INFLUYEN EN QUE LAS COCHINILLAS ESTÉN ESCONDIDAS.



1. Escribe el problema científico que se plantea en esta investigación:

2. Escribe tu hipótesis o tus hipótesis para este problema:

3. Describe con todo el detalle que puedas, el experimento o los experimentos que harías. Ayúdate con dibujos.

4. Indica la conclusión a la que crees que llegarías y justifica en qué te basarías.

3.- RECONOCE EN TEXTOS ELEMENTOS DE UNA INVESTIGACIÓN

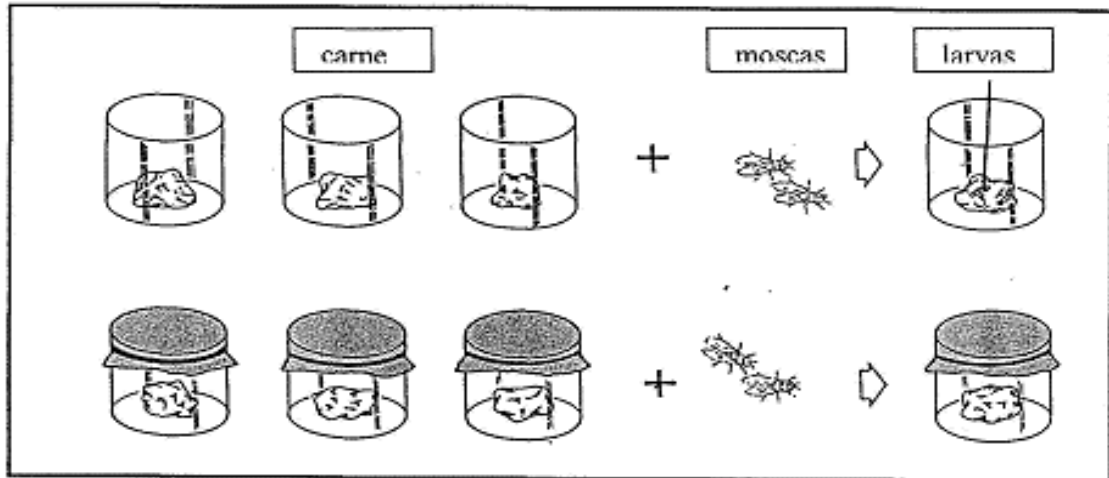
a) De las siguientes frases, indica cuál expresa un problema científico (P), una hipótesis (H), una conclusión (C), o un diseño experimental (o parte de él) (E). Coloca al principio de la frase la letra que corresponda:

- ... creemos que es el amianto la sustancia que provoca dicha enfermedad, para demostrarlo analizaremos...
- ... una vez hecho el experimento se demuestra que los glóbulos rojos son las células que transportan el oxígeno...
- Queremos saber cuál es la mayor concentración de sal que permite el crecimiento de esta planta. Responder a esto puede llevar tiempo pero es la manera de. ...
- Para comprobar si lo que pensamos es cierto, controlaremos la luz y la humedad para que no varíen. La temperatura deberá variar entre los 0 ° C y los 50 ° C. Mediremos el crecimiento de la planta diariamente...
- ... se nos presenta el elegir la planta que nos proporcione la cosecha más abundante.
- ... suponemos que el carbunco (ántrax) se puede detectar fácilmente con esta sustancia...

b) Hasta el siglo XVIII se pensaba que algunos seres vivos de pequeño tamaño (por ejemplo insectos) se formaban en la carne putrefacta sin necesidad de que las hembras pusieran huevos.

El italiano Francesco Redi en el año 1660 pensaba que eso no era posible e hizo el siguiente experimento para demostrarlo:

Cogió frascos que contenían trozos de carne, luego cerró la mitad de ellos y dejó abiertos la otra mitad. Las moscas sólo podían entrar en estos últimos y sólo en ellos se desarrollaron las larvas (pequeños gusanos que se transforman en moscas). En los frascos cerrados la carne se descompuso y se pudrió pero no aparecieron larvas de mosca. Redi repitió la experiencia cubriendo los frascos con gasa, en lugar de cerrarlos herméticamente; de esta forma entraba aire a la carne pero no las moscas. En este caso tampoco aparecieron larvas.



1. Pon título a este texto

2. ¿Qué problema pretendía resolver Redi?

3. Escribe la hipótesis de este experimento.

4. ¿A qué conclusión llegó Redi?

CUESTIONARIO DE 1º BACHILLERATO

1.- ¿QUÉ CONOCEMOS SOBRE ALGUNOS CONCEPTOS IMPORTANTES EN LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN?

Seguramente habéis oído o leído algunos términos que desempeñan un papel muy importante en las investigaciones de los científicos; algunos de ellos, no todos, los habréis escuchado en clase o los habréis utilizado cuando se habla con amigos o con vuestra familia.

Podrías ayudarnos a conocer cuáles son tus puntos de vista en relación con los siguientes términos:

a) HIPÓTESIS.

1. ¿Recuerdas haber desarrollado actividades en clase –en este curso o en cursos anteriores- en las que tuvieras que expresar hipótesis? Elige una de las frases marcando a la izquierda con una X.

- CON MUCHA FRECUENCIA
- CON ALGUNA FRECUENCIA
- CASI NUNCA
- NO RECUERDO HABERLO HECHO NINGUNA VEZ
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. En caso de que hubieras desarrollado estas actividades, ¿puedes describir alguna que recuerdes?

3. Elige la frase (o las frases) que para ti significa lo mismo que hipótesis:

- Teoría que está aceptada por la comunidad científica
- Suposición que va a dar origen a una investigación para comprobarla
- Conclusión a la que se ha llegado después de realizar una investigación
- Problema que se plantea y que tiene una solución científica

- Escribe otra frase equivalente a hipótesis si no eliges ninguna de las anteriores:

b) Un aspecto fundamental en una investigación científica es el “DISEÑO EXPERIMENTAL”; en ocasiones, también en clase, se realizan diseños experimentales, por ejemplo, cuando se estudia la germinación de las semillas, la alimentación, o algunos aspectos relacionados con la vida de los animales o de las plantas.

1. En primer lugar, nos gustaría saber si crees conocer el significado de la expresión “diseño experimental”:

- SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
- CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
- LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
- NO SÉ LO QUE SIGNIFICA DISEÑO EXPERIMENTAL
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. ¿Recuerdas alguna actividad en la que hayas tenido que llevar a cabo un diseño experimental? SI NO

3. Si la respuesta es afirmativa, escribe lo que recuerdes de algún diseño experimental:

4. Marca con una X la frase (o las frases) correctas. “Estamos haciendo un diseño experimental cuando”:

- seguimos el guión que nos ha dado el profesor para observar células con el microscopio en el laboratorio de Ciencias
- proponemos las actividades a desarrollar para comprobar si es cierta la hipótesis de que de padres altos nacen hijos altos
- interpretamos los resultados de una experiencia para comprobar el efecto de la luz sobre el crecimiento de una planta
- clasificamos plantas, con ayuda de unas claves del libro, por la forma y tamaño de sus hojas

c) Otro término habitual en las investigaciones que desarrollan los científicos, pero que también se utilizan en las clases de ciencias y de matemáticas es el de VARIABLE:

1. En primer lugar nos gustaría saber si crees conocer el significado del término "VARIABLE":

- SÍ, SÉ LO QUE SIGNIFICA
- CREO QUE SÉ LO QUE SIGNIFICA
- LO HE OÍDO ALGUNAS VECES, PERO NO RECUERDO SU SIGNIFICADO
- NO SÉ LO QUE SIGNIFICA VARIABLE
- NO ENTIENDO LO QUE SE ME PREGUNTA

2. Si crees conocer lo que significa variable, ¿puedes poner algún ejemplo DE VARIABLE? :

3. Marca con una X las frases que creas que corresponden a una variable:

- a- distancia de la Tierra a la Luna
- b- colores del arco iris
- c- edad de una persona hoy
- d- peso de los alumnos de tu clase

2.- PLANIFICA INVESTIGACIONES

a) En el curso 00-01 se propuso, a alumnos de 3º ESO, una investigación sobre la germinación (inicio del crecimiento de una planta a partir de una semilla) de unas semillas que eran desconocidas para ellos. Uno de los grupos decidió averiguar cuál era la temperatura mejor para su germinación. En su cuaderno escribieron lo siguiente:

“Pensábamos que lo normal sería que germinasen como otras semillas, a una temperatura normal, ni muy fría ni muy caliente. Pusimos en el laboratorio una maceta grande, con tierra buena, y sembramos 30 semillas. Durante los 7 días que duró el experimento, dejamos las persianas subidas para que hubiera luz suficiente y se regó la maceta todos los días un poco. La temperatura media en el laboratorio fue, durante esos días de 22° C. A los 3 días empezaron a brotar algunas semillas. A los 7 días germinaron ya 25 de las 30 semillas.

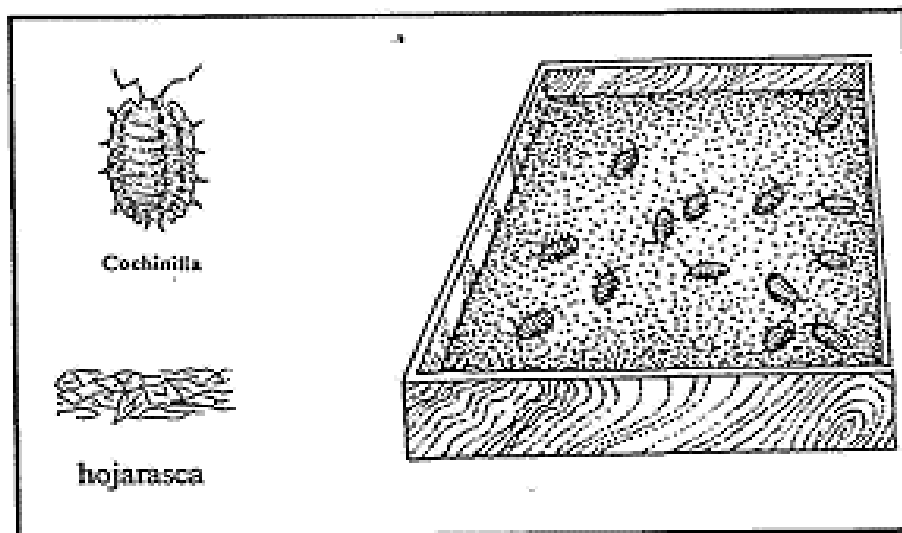
La conclusión que sacamos fue que la temperatura media mejor para germinar esas semillas es de unos 22° C.”

- EL EXPERIMENTO DE ESTOS ALUMNOS NO PERMITE LLEGAR A LA CONCLUSIÓN QUE HICIERON. ¿EN QUÉ SE EQUIVOCARON?

b) Las cochinillas son pequeños animales, y que viven escondidas, por ejemplo, debajo de la hojarasca. Decides averiguar si influye en ello los siguientes factores:

- luz / oscuridad
- temperatura alta (por ejemplo, 30 °C) / temperatura baja (por ejemplo 10 °C)

Imagina que tienes el material que necesitas (cochinillas, cajas, hojarasca, dispositivos para regular la temperatura, etc.). ESCRIBE CON TODO EL DETALLE QUE PUEDES, EL EXPERIMENTO O LOS EXPERIMENTOS QUE HARÍAS PARA DEMOSTRAR SI ESOS FACTORES INFLUYEN EN QUE LAS COCHINILLAS ESTÉN ESCONDIDAS.



1. Escribe el problema científico que se plantea en esta investigación:

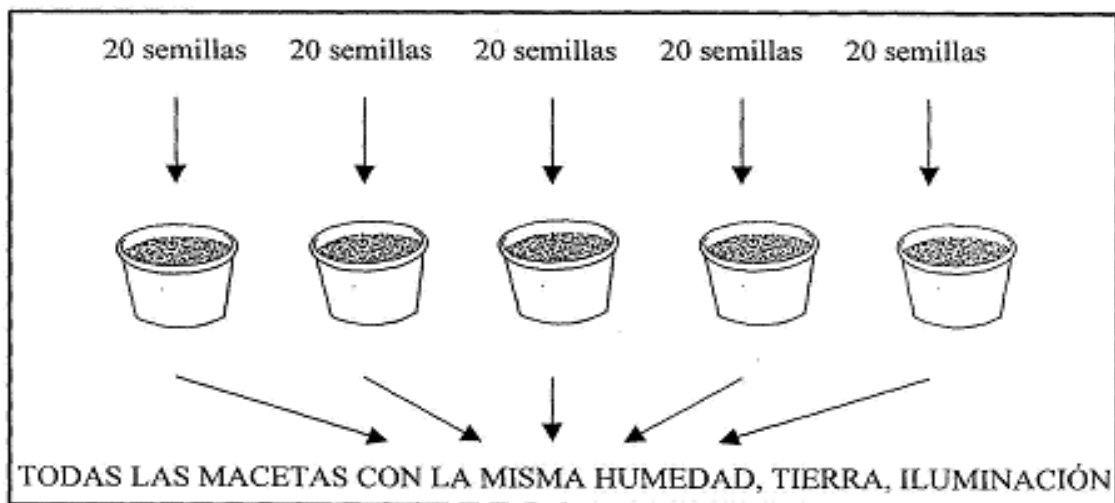
2. Escribe tu hipótesis o tus hipótesis para este problema:

3. Describe con todo el detalle que puedas, el experimento o los experimentos que harías. Ayúdate con dibujos.

4. Indica la conclusión a la que crees que llegarías y justifica en qué te basarías.

c) En una investigación sobre la germinación de unas determinadas semillas, se sembraron, en 5 macetas iguales y todas con las mismas condiciones de cultivo (humedad, tierra, iluminación), 20 semillas en cada una de las 5 macetas. Cada una de ellas se colocó a distinta temperatura ambiental (en grados centígrados: 10, 15, 20, 25, 30). Al cabo de dos semanas se contabilizó el número de semillas que había germinado en cada maceta, obteniéndose el resultado que se muestra en esta tabla:

Tª (° C)	Número de semillas germinadas
10	3
15	8
20	12
25	19
30	18



En esta investigación:

1. ¿Cuál es la variable independiente? ¿Por qué?
2. ¿Cuál es la variable dependiente? ¿Por qué?
3. Nombra las variables que se controlan en este experimento.

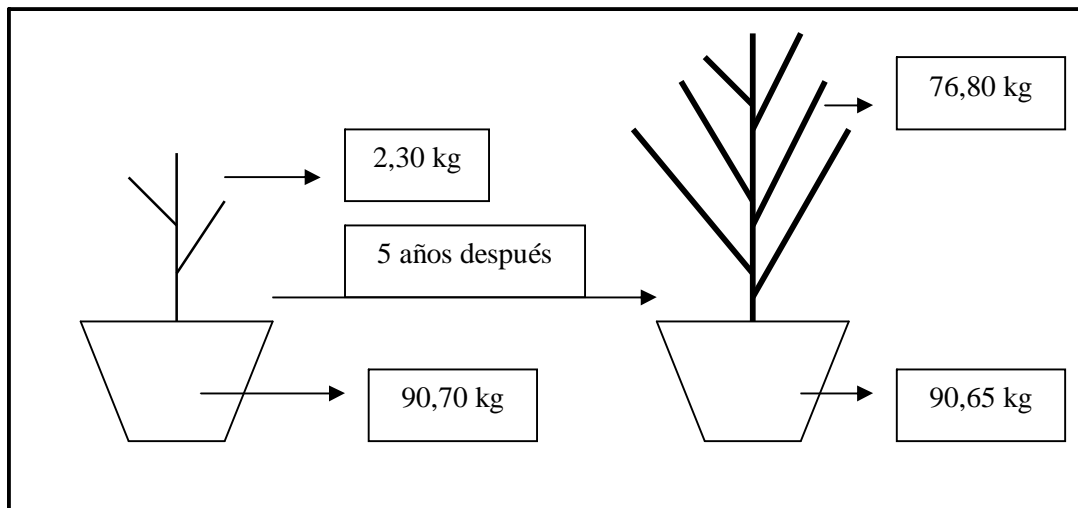
3.- RECONOCE EN TEXTOS ELEMENTOS DE UNA INVESTIGACIÓN

a) De las siguientes frases, indica cuál expresa un problema científico (P), una hipótesis (H), una conclusión (C), o un diseño experimental (o parte de él) (DE). Coloca al principio de la frase la letra que corresponda:

- ... creemos que es el amianto la sustancia que provoca dicha enfermedad, para demostrarlo analizaremos...
- ... una vez hecho el experimento se demuestra que los glóbulos rojos son las células que transportan el oxígeno...
- Queremos saber cuál es la mayor concentración de sal que permite el crecimiento de esta planta. Responder a esto puede llevar tiempo pero es la manera de. ...
- Para comprobar si lo que pensamos es cierto, controlaremos la luz y la humedad para que no varíen. La temperatura deberá oscilar entre los 0 ° C y los 50 ° C. Mediremos el crecimiento de la planta diariamente...
- ... se nos presenta el elegir la planta que nos proporcione la cosecha más abundante.
- ... suponemos que el carbunco (ántrax) se puede detectar fácilmente con esta sustancia...

b) Hasta el siglo XVII predominaba la idea de que las plantas verdes se alimentaban exclusivamente de la tierra. Jan van Helmont (1577-1644), sin embargo, dudó de esa idea y se propuso investigarla experimentalmente. La descripción que hace el propio van Helmont es la siguiente:

“En un macetero coloqué 90,70 kg de tierra que previamente sequé en una estufa. Después la humedecí con agua de lluvia y planté un tallito de sauce que pesó 2,30 kg. Después de 5 años el arbolito creció bastante y llegó a pesar 76,80 kg. Periódicamente regaba el arbolito con agua de lluvia o con agua destilada... . Al finalizar el experimento sequé nuevamente la tierra del macetero y encontré que pesaba prácticamente lo mismo; el peso sólo se había reducido en 50 gramos. Entonces, los 74,50 kg de raíces, corteza y follaje se debían ...”



1. ¿Qué problema pretendía resolver van Helmont?

2. ¿Qué hipótesis (una o varias) crees que tenía van Helmont respecto a la alimentación de las plantas verdes?

3. ¿Qué variables no controló en el experimento?

4. ¿A qué conclusión crees que llegó?

5. Posteriormente se descubrió que además de la tierra y el agua, el aire también interviene en la nutrición de las plantas verdes. Y más tarde, ya a finales del siglo XVIII, se demostró que el CO₂ es la sustancia del aire que toman las plantas.

¿Qué experiencia desarrollarías para demostrar que el agua, la tierra y el CO₂ (todos ellos) son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas?

ANEXO IV

Contenidos procedimentales en las Unidades Didácticas presentadas por los profesores

Relación de contenidos procedimentales en las diez Unidades Didácticas presentadas por los profesores.

A. Habilidades de investigación

A.1. Identificación de problemas

A.2. Predicciones e hipótesis

- *Elaboración de hipótesis utilizando datos aprendidos.*

A.3. Relaciones entre variables

A.4. Diseños experimentales

- *Diseño de estrategias para contrastar algunas explicaciones dadas ante un problema de salud individual, escolar o de comunidad.*

A.5. Observación

- *Explicación de ejemplos de adaptaciones utilizando muestras de insectos.*

- *Observación y descripción de preparaciones microscópicas.*

- *La observación estereoscópica de un volcán.*

- *Observación estereoscópica de pliegues.*

- *Observación de la respiración en invertebrados y/o vertebrados.*

- *Observación en el campo de estructuras tectónicas.*

A.6. Medición

- *Cálculo del tamaño de una célula conociendo los aumentos.*

- *Utilización de procedimientos para medir las constantes vitales en diferentes situaciones de actividad corporal.*

A.7. Clasificación y seriación

- *Utilización de criterios adecuados para clasificar una serie de elementos, como células, tejidos, órganos,...*

A.8. Técnicas de investigación

- *Utilización de técnicas en orden a la elaboración de dietas equilibradas, a la conservación de alimentos y a la detección de fraudes. (citado por dos profesores)*

- *Realización de prácticas de laboratorio.*
- *Disección y descripción de órganos animales en el laboratorio.*
- *Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de nutrición.*
- *Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de reproducción.*
- *Realización de investigaciones y utilización de modelos para contrastar hipótesis emitidas sobre problemas relacionados con los procesos de nutrición, reproducción o relación.*
- *Estudio de la aglutinación de la sangre.*
- *Experimentación sobre la digestión del almidón por la amilasa de la saliva para poner de manifiesto la presencia de la amilasa, demostrando su actividad y para comprobar que la actividad enzimática varía con ciertos factores como la temperatura.*
- *Realización de una actividad para calcular la capacidad pulmonar y los volúmenes de aire que desplazan los movimientos de ventilación y para establecer relaciones entre dichos valores y distintos factores como son la complexión, actividad física, sexo, etc.*
- *Realización de experiencias sencillas para que entiendan alguna de las propiedades del agua.*
- *Utilizar distintas técnicas para detectar algunos contaminantes en el agua.*
- *Utilización de procedimientos para medir las constantes vitales en diferentes situaciones de actividad corporal.*
- *Técnicas de conservación de alimentos y de detección de fraudes.*

A.9. Transformación e interpretación de datos

- *Diseño de un plan de organizado de distribución de tiempo de trabajo y ocio.*

A.10. Análisis de datos

- *Interpretación de análisis de sangre y orina. (citado por dos profesores)*
- *Utilización de técnicas de elaboración de dietas equilibradas.*
- *Análisis de tablas y gráficas.*
- *Localización del epicentro de un terremoto.*
- *Utilización del mapa geológico: pliegues y fallas.*

- *Analizar tablas de datos extraer las conclusiones adecuadas.*
- *Interpretación de gráficas y esquemas.*
- *Estudio de la escala de Richter.*

A. 11. Utilización de modelos

A.12. Elaboración de conclusiones

B. Destrezas manuales

B.1. Manejo de material y realización de montajes

B.2. Construcción de aparatos, máquinas, simulaciones...

C. Comunicación

C1. Análisis de material escrito o audiovisual

- *Observación y descripción de ilustraciones que recojan alguno de los hechos que avalan la teoría de la evolución.*
- *Observación de homologías a través de dibujos o esquemas de extremidades de mamíferos.*
- *Comparación de larvas de distintos organismos para reconocer su parentesco (se refiere a dibujos de larvas).*
- *Comparación de esquemas de una célula vegetal y animal.*
- *Interpretación de imágenes de células al microscopio.*
- *Utilización de dibujos esquemáticos para explicar y comparar los procesos de división del núcleo.*
- *Comentarios de fotografías de preparaciones histológicas.*
- *Observación e interpretación de dibujos, gráficos, esquemas y fotografías.*
- *Observación e interpretación de esquemas como el ciclo del agua.*
- *Localización en dibujos de los órganos y procesos que tienen lugar en el aparato digestivo, respiratorio, circulatorio, excretor y de coordinación.*
- *Identificación de los tipos de células y de los aspectos más relevantes del tejido.*
- *Estudio de láminas y modelos anatómicos.*
- *Estudio del bloque diagrama de un pliegue.*

- *Estudio del bloque diagrama de una zona fracturada.*
- *Observación de sistemas orgánicos en láminas y transparencias.*
- *Interpretación de las características de los fósiles intermedios dentro de la teoría de la evolución.*
- *Interpretación de esquemas sobre diferentes formas de transporte a través de la membrana.*
- *Asociación de la abundancia de determinados orgánulos o estructuras en el esquema de una célula con su especialización.*
- *Estudio del hombre clástico.*
- *El ciclo geológico.*
- *Dibujo de la citocinesis de una célula animal y de una vegetal.*
- *Lectura del texto “Así estalló el Krakatoa”*
- *Realización de comentarios de texto sobre el origen del ser humano y de las demás especies.*
- *Discusión de los problemas que plantea el hecho evolucionista a ciertos grupos sociales.*
- *Redacción de textos cortos y análisis de textos breves.*
- *Lectura y comentario de textos relacionados con el agua. Carta europea del agua.*
- *Comparación mediante ejemplos sencillos del lamarkismo y del darwinismo.*
- *Correlación de términos anatómicos.*
- *Las ondas sísmicas y el modelo de la estructura interna de la Tierra.*
- *Análisis y comparación de diversos métodos anticonceptivos. (citado por dos profesores)*

C.2. Utilización de diversas fuentes

- *Recogida de información, por equipos, sobre disciplinas en las que se ha aplicado la idea de la evolución.*
- *Búsqueda de información sobre causas y efectos de enfermedades relacionadas con la nutrición.*
- *Búsqueda de información en textos científicos*

- Manejar bibliografía para la elaboración de trabajos, informes, etc.

C.3. Elaboración de materiales

- *Elaboración de informes sobre enfermedades de transmisión sexual.*

- *Elaboración de informes sobre factores que alteren la función coordinadora, como las drogas, exceso de trabajo, ruido, etc.*

- *Elaboración de informes sobre vídeos didácticos relacionados con la materia.*

- *Elaboración de informes en equipo sobre consumo y publicidad.*

- *Trabajo en grupo: Un plan de salud para tu adolescencia y confección de un mural grande; dibujos de los diferentes sistemas; artículos de prensa y revistas.*

- *Confección de una tabla comparando el anabolismo y el catabolismo.*

- *Clasificación de un proceso (respiración) utilizando los datos de la tabla.*

- *Realización de esquemas que resuman el funcionamiento de la nutrición, reproducción y coordinación humana.*

- *Elaboración de resúmenes y mapas conceptuales.*

- *Elaboración de cuadros esquemáticos y sinópticos para explicar los procesos de nutrición.*

- *Elaboración de algún mapa conceptual sencillo.*