

UNIVERSIDAD DE MURCIA

Facultad de Educación

*“Aprendizaje de esquemas conceptuales y de contenidos procedimentales
en el estudio de las Ondas, del Sonido y de la Luz a partir de una
propuesta de enseñanza con un enfoque constructivista.
Un trabajo experimental en el ámbito de la Educación Secundaria”*

Octavio Saura Llamas

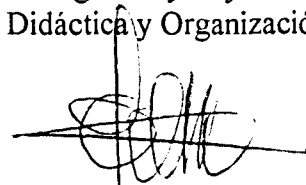
Murcia, 1996

UNIVERSIDAD DE MURCIA

Facultad de Educación

*“Aprendizaje de esquemas conceptuales y de contenidos procedimentales
en el estudio de las Ondas, del Sonido y de la Luz a partir de una
propuesta de enseñanza con un enfoque constructivista.
Un trabajo experimental en el ámbito de la Educación Secundaria”*

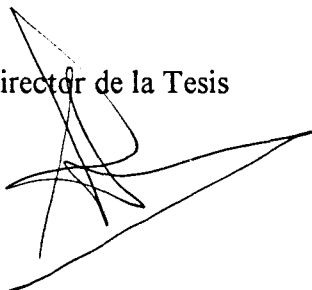
Trabajo presentado para optar al grado de Doctor
en el Programa Investigación y mejora de la calidad
de la docencia (Dpto. Didáctica y Organización Escolar)



Octavio Saura Llamas

Murcia, 1996

El Director de la Tesis



Dr. Antonio de Pro Bueno

A Maribel con todo mi cariño, por su paciencia y comprensión

RECONOCIMIENTOS

Quisiera, en primer lugar, dar las gracias al Dr. Antonio de Pro Bueno, que me ha dirigido científicamente la tesis y con el que he compartido una parte de mi vida tan dura como interesante. Su constante ánimo, buen humor e interés han hecho posible la finalización de este trabajo y el hallazgo de un verdadero amigo.

Esta investigación no la habría podido llevar a cabo, además, sin la colaboración de mis alumnos de Formación Profesional de Molina de Segura, con los que siempre me he sentido muy a gusto a lo largo de tantos años. Aprovecho la circunstancia para rendirles obligada gratitud.

A todos los profesores y profesoras del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Murcia, por la colaboración y el ánimo prestados para la ejecución de la tesis, especialmente a Gaspar Sánchez, Mercedes Jaén, M^a Victoria Valcárcel, Remedios García-Estañ, María José Sánchez y Enrique Ayuso. Y también a José Antonio Hernández, sin cuya ayuda no hubiera salido victorioso de mi eterna batalla con la informática.

A los compañeros y compañeras del Instituto de Formación Profesional de Molina de Segura que no han dejado de apoyarme en todo momento, especialmente a Luis Puerta, Paqui, Marisa Moya y Mercedes Martínez-Sempere.

A la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia y en concreto al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, por las facilidades dadas para la ejecución del proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	0
CAPITULO I	
1.1.- Origen de la investigación	4
1.2.- Problemas de la investigación	8
1.3.- Revisión literatura científica	11
1.3.1.- Marco oficial de la E.S.O.	11
1.3.2.- La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Experimentales	22
1.4.- Hipótesis de la investigación	40
1.5.- Plan de trabajo	50
CAPÍTULO II	
2.1.- Sujetos y características de la muestra	54
2.2.- Diseño de la investigación	59
2.3.- Variable independiente: Metodología de enseñanza de las ondas, del sonido y de la luz	62
2.3.1.- Planteamiento metodológico	62
2.3.2.- Descripción de la fase previa	75
2.3.2.1.- Módulo de Cinemática	75
2.3.2.2.- Módulo de Propiedades físicas de la Materia	78
2.3.2.3.- Módulo de Circuitos Eléctricos	81
2.3.3.- Descripción del Módulo de Ondas, Sonido y Luz	86
2.3.3.1.- Análisis del contenido científico del Módulo	86
2.3.3.2.- Problemática didáctica del Módulo	103
2.3.3.3.- Descripción de la secuencia de enseñanza	109

2.4.- Variables dependientes	132
2.4.1.- Pruebas iniciales	132
2.4.1.1.- Pruebas de contenidos conceptuales	132
2.4.1.2.- Pruebas de contenidos procedimentales	136
2.4.1.3.- Pruebas de contenidos actitudinales	138
2.4.2.- Seguimiento de los alumnos	140
2.4.2.1.- Cuadernos de trabajo de los alumnos	140
2.4.2.2.- Diario del profesor	141
2.4.2.3.- Entrevistas de los alumnos	142
2.4.3.- Pruebas finales	145
2.4.3.1.- Pruebas de contenidos conceptuales y procedimentales	145
2.4.4.- Pruebas de retención y olvido	149
2.5.- Tests estadísticos y tratamiento de datos	152

CAPITULO III

3.1.- Hipótesis Principal Uno: Resultados de las condiciones iniciales	158
3.2.- Resultados correspondientes a la SH.1.1: prueba inicial de contenidos conceptuales	159
3.2.1.- Descripción de los resultados de la prueba por items	159
3.2.2.- Descripción de resultados por esquemas	171
3.2.3.- Estudio cuantitativo de los resultados de la prueba de contenidos conceptuales	193
3.2.4.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.1.1	196
3.3.- Resultados correspondientes a la SH.1.2: prueba inicial de contenidos procedimentales	197
3.3.1.- Descripción de los resultados de la prueba	197
3.3.2.- Estudio cuantitativo de los resultados de la prueba de contenidos procedimentales	202
3.3.3.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.1.2	204
3.4.- Resultados correspondientes a la SH.1.3: prueba inicial de contenidos actitudinales	205
3.4.1.- Descripción y estudio cuantitativo de la prueba	205
3.4.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.1.3	208

3.5.- Resultados correspondientes a la SH.1.4: Análisis de los instrumentos de evaluación	209
3.5.1.- Análisis de las características de la prueba inicial de contenidos conceptuales y procedimentales	209
3.5.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.1.4	211
3.6.- Conclusión de la Hipótesis Principal Uno	211

CAPÍTULO IV

4.1.- Hipótesis Principal Dos: Seguimiento de la propuesta en el aula	212
4.2.- Resultados correspondientes a la SH.2.1: evaluación del cuaderno de trabajo de los alumnos	213
4.2.1.- Análisis de los resultados de los cuadernos de trabajo de los alumnos	213
4.2.2.- Resultados de la entrevista a los alumnos sobre sus cuadernos de trabajo	237
4.2.3.- Conclusión de la Subhipótesis SH.2.1	253
4.3. Resultados correspondientes a la SH.2.2: estudio de la homogeneidad de aplicación	254
4.3.1.- Estudio de la homogeneidad	254
4.3.2.- Conclusión de la Subhipótesis SH.2.2	258
4.4.- Resultados correspondientes a la SH.2.3: la valoración de los alumnos	259
4.4.1.- Resultados de la entrevista de valoración por los alumnos	259
4.4.2.- Conclusión de la Subhipótesis SH.2.3	274
4.5.- Conclusión de la Hipótesis Principal Dos	275

CAPÍTULO V

5.1.- Hipótesis Principal Tres: Resultados finales de la investigación	276
5.2.- Resultados correspondientes a la SH.3.1: prueba final de contenidos conceptuales y procedimentales	277
5.2.1.- Descripción de los resultados de la prueba por ítems	277
5.2.2.- Descripción de los resultados por esquemas	306
5.2.3.- Estudio cuantitativo de los resultados de la prueba final de contenidos conceptuales y procedimentales	327
5.2.4.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.3.1	332

5.3.- Resultados correspondientes a la SH.3.2: prueba final de contenidos actitudinales	333
5.3.1.- Descripción y estudio cuantitativo de la prueba final de contenidos actitudinales	333
5.3.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.3.2	336
5.4.- Resultados correspondientes a la SH.3.3: análisis de las características de la prueba final	337
5.4.1.- Estudio de las características de la prueba final	337
5.4.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.3.3	344
5.5.- Resultados correspondientes a la SH.3.4: Prueba de retención de contenidos conceptuales y procedimentales	345
5.5.1.- Estudio cuantitativo de los resultados de la prueba de retención	345
5.5.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.3.4	349
5.6.- Conclusión de la Hipótesis Principal Tres	350
CAPÍTULO VI	
6.1.- Hipótesis Principal Cuatro: Contraste de resultados y Cruce de variables	350
6.2.- Resultados correspondientes a la SH.4.1: contraste inicial-final	351
6.2.1.- Contraste inicial-final respecto a los contenidos conceptuales y procedimentales	351
6.2.2.- Contraste inicial-final respecto a los contenidos actitudinales	353
6.2.3.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.4.1	356
6.3.- Resultados correspondientes a la SH.4.2: relación entre las variables estudiadas	357
6.3.1.- Estudio de la incidencia de las características iniciales	357
6.3.2.- Estudio de las relaciones entre los resultados de las actitudes	359
6.3.3.- Estudio de la incidencia de los cuadernos de trabajo	360
6.3.4.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.4.2	363
6.4.- Resultados correspondientes a la SH.4.3: contraste con la retención	364
6.4.1.- Contraste entre la retención y los resultados inicial y final	364
6.4.2.- Conclusiones de la Subhipótesis SH.4.3	365
6.5.- Conclusión de la Hipótesis Principal Cuatro	366

CONCLUSIONES	368
BIBLIOGRAFÍA	372
APÉNDICES	
Apéndice 1	394
Apéndice 2	402
Apéndice 3	408
Apéndice 4	422
Apéndice 5	432
Apéndice 6	436
Apéndice 7	440
ANEXOS	
Anexo 1	444
Anexo 2	450
Anexo 3	460
Anexo 4	474
Anexo 5	532
Anexo 6	640
Anexo 7	656
Anexo 8	674

INTRODUCCIÓN

Este trabajo constituye la memoria de la Tesis Doctoral realizada por Octavio Saura Llamas, siendo el Director de la misma el Dr. Antonio de Pro Bueno. En su desarrollo se han utilizado seis capítulos y una serie de apéndices y anexos cuya inclusión en el texto principal hubiera dificultado, aún más, la lectura del manuscrito que, de por sí, constituye un trabajo amplio y minucioso.

El objetivo principal del **Capítulo 1** es justificar y contextualizar los problemas que han sido estudiados en nuestro trabajo. Partiendo de unos interrogantes que tenemos como profesores y que son fruto de nuestra dedicación docente durante quince años en Formación Profesional, delimitamos los problemas principales de esta investigación.

Para profundizar en los mismos se realiza una revisión del marco oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, de contribuciones realizadas en algunos campos de la Didáctica de las Ciencias Experimentales que guardan relación con nuestra temática (naturaleza de la Ciencia escolar, contenidos académicos, aprendizaje científico de los alumnos, posibles secuencias de enseñanza, materiales de aprendizaje) y de aportaciones específicas efectuadas en la enseñanza y el aprendizaje de las Ondas, el Sonido y la Luz que van a ser el ámbito central en el que se enmarque este trabajo.

En base a todo ello, explicitamos las hipótesis de trabajo de la investigación y sus correspondientes subhipótesis. Para su verificación o rechazo se estableció un plan de trabajo desarrollado que, en todo momento, trató de que no fuera una experiencia de laboratorio y, por lo tanto, no trasladable a las circunstancias y situaciones habituales de un aula real.

En el **Capítulo 2** pretendemos exponer los elementos clave de la estrategia investigadora. Al ser una tesis de tipo experimental, empezamos describiendo las características de los alumnos con los que hemos trabajado y definimos el diseño propiamente dicho, a partir de los algoritmos que utiliza la literatura científica para este tipo de estudios.

Dentro de esta parte, se describe la metodología que hemos utilizado como variable independiente del diseño. Definidos los planteamientos metodológicos que inspiran la propuesta, se explicita la fase que hemos denominado de acomodación y en la que se abordan otros contenidos propios de estos niveles educativos (Cinemática, Propiedades físicas de la materia y Circuitos eléctricos). Respecto al módulo de Ondas, Sonido y Luz, se fundamenta en un análisis del contenido objeto de enseñanza (tanto conceptual como procedimental) desde una perspectiva científica; también se estudia la problemática didáctica que tiene el aprendizaje de los mismos; con ambos procesos se delimita el contenido académico y se realiza una secuencia de enseñanza que se inspira en concepciones constructivistas del aprendizaje. Por último, en esta descripción de la variable independiente, se recogen las actividades realizadas, incidiendo en los contenidos implícitos en cada una de ellas y en su intención educativa.

Lógicamente en un trabajo de estas características se han utilizado unos instrumentos de recogida de información que se incluyen en el apartado que describe las variables dependientes del diseño. Así, se detallan y analizan las pruebas inicial y final sobre conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales. También se recoge la estrategia de seguimiento en la que basamos nuestros análisis: los cuadernos de trabajo de los alumnos, el diario del profesor y las entrevistas de profundización y valoración que suponen el soporte informativo para conocer cómo se han producido los cambios en el aprendizaje. Dentro de la descripción de los instrumentos se incide también en la prueba de retención que indagará en qué queda de lo aprendido al cabo de nueve meses desde la intervención.

Dada la amplitud de los resultados, hemos creído conveniente incluir los estudios de cada Hipótesis Principal en un capítulo diferente. Así, en el **Capítulo 3**, nos hemos centrado en las características iniciales de los alumnos. Se describen las respuestas dadas a la prueba de contenidos conceptuales, y se extraen y discuten los pequeños esquemas de conocimiento que utilizan en sus respuestas respecto a las magnitudes ondulatorias, propagación y reflexión del sonido, naturaleza y propagación de la luz, formación de sombras, reflexión y refracción de la luz, y mecanismo de visión.

También se especifican los resultados obtenidos en la prueba inicial de contenidos procedimentales y en una escala de actitudes, único instrumento que no hemos diseñado nosotros específicamente para este trabajo. Al estar orientada nuestra propuesta a favorecer el aprendizaje en los tres tipos de contenidos, la valoración previa de estos conocimientos son un referente tan importante como los anteriores.

Por último, en este capítulo se realiza un análisis psicométrico de las pruebas utilizadas en el estudio de esta hipótesis principal, incidiendo en los valores de la fiabilidad y de la discriminación que producen las cuestiones planteadas.

En el **Capítulo 4** nos centramos en la hipótesis que estudia el seguimiento del proceso de construcción del conocimiento. Empezamos analizando los resultados obtenidos en las actividades recogidas en los cuadernos de trabajo de los alumnos, completando esta información con una serie de entrevistas de profundización realizadas paralelamente al desarrollo de la propuesta.

A continuación se estudia lo que hemos denominado homogeneidad de aplicación. Al haber realizado la intervención en tres grupos, creemos conveniente indagar en si los efectos producidos son homogéneos, buscar las posibles causas de la heterogeneidad y, sobre todo, identificar en qué situaciones la metodología ensayada debe ser adaptable a situaciones concretas.

También se presentan los resultados de una entrevista amplia referente a la percepción que, sobre esta forma de trabajar, tienen los estudiantes, incidiendo en la valoración de los elementos más emblemáticos que lo definen y en la utilidad que, para ellos, tiene de cara a sus aprendizajes.

En el **Capítulo 5** nos centramos en la hipótesis referida a los resultados finales, una vez concluida la aplicación del módulo de Ondas, Sonido y Luz. Se distinguen dos momentos; por un lado, la evaluación inmediata al terminar la intervención y, por otro, la realizada después de nueve meses, durante los cuales no se había incidido institucionalmente en los contenidos implicados.

En cuanto a la descripción de los resultados obtenidos en la prueba final se realiza un estudio bastante similar al realizado para la prueba inicial. Se describen las respuestas, ítem a ítem, a un cuestionario conceptual-procedimental distinto al anterior y se infieren los esquemas que utilizan los alumnos en sus contestaciones. También se analizan los resultados obtenidos en la escala de actitudes que, a diferencia de los instrumentos anteriores, sí es el mismo que se pasó inicialmente.

Dado que nosotros mismos llevamos a cabo el diseño de la prueba final, procedemos a un análisis psicométrico, incidiendo esta vez en la fiabilidad, dificultad, discriminación y validez, utilizando los tests estadísticos que la literatura científica sugiere para este tipo de estudios.

Por último, dentro de este capítulo, se estudian los resultados obtenidos en la prueba de retención para ver si los aprendizajes son estables al cabo de un cierto tiempo. Este tipo de estudios longitudinales tienen problemas de mortalidad muestral, que hemos tratado de paliar -creemos que satisfactoriamente- con estrategias que, en su momento, describiremos.

El **Capítulo 6** se centra en una hipótesis principal que profundiza en los resultados anteriores. Realizamos un contraste entre las respuestas obtenidas al comienzo y al término del módulo ensayado, tanto desde la perspectiva del rendimiento global como en función de cada uno de los esquemas identificados en las pruebas inicial y final.

También se estudian las relaciones entre algunas variables ya descritas. Así, por ejemplo, se incide en las existentes entre los resultados iniciales y finales (globalmente y por esquemas), en la evolución de las actitudes, en las detectadas utilizando los valores representativos de los cuadernos de trabajo de los alumnos, etc., tratando, en todo momento, de buscar una interpretación que justifique la evolución del proceso.

Por último, dentro de este capítulo, se estudia la significación de las diferencias entre los resultados obtenidos en la prueba de retención y las pruebas inicial y final para valorar el carácter de las pérdidas y, en cierto modo, la utilidad de la metodología para generar aprendizajes duraderos.

Hemos creído conveniente incluir, de forma independiente, una síntesis de las **Conclusiones del trabajo**. Aunque, en cada subhipótesis e hipótesis, terminamos declarando nuestra aceptación o rechazo de las mismas, pensamos que era necesario recapitular un tanto los hallazgos parciales, con el fin de tener una visión global del proceso.

Esta es la intención de este apartado específico.

En los **Apéndices** se recogen los elementos utilizados en su estado original. Así, se han incluido las hojas de trabajo, los materiales, las experiencias,... utilizadas en nuestra intervención. Pero también se incluyen las pruebas utilizadas, los protocolos de entrevista, la escala de actitudes, etc. tal como fueron presentadas a los alumnos.

Entre la información incluida en los **Anexos** se recogen las claves de vaciado y cuantificación de las diferentes pruebas utilizadas: las de las pruebas iniciales, finales y de retención, para los diferentes contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales). También se exponen ejemplos de algunos momentos y elementos relevantes de la intervención, como pueden ser los acuerdos establecidos inicialmente con los alumnos, de las transcripciones de entrevistas o de los esquemas conceptuales obtenidos a partir de las respuestas de los estudiantes.

CAPÍTULO I

El objetivo fundamental de este primer capítulo es justificar y contextualizar la problemática de la investigación. Inicialmente se hace una descripción del origen de la misma y se explicitan los problemas principales que vamos a tratar. Para profundizar en ellos, llevamos a cabo una revisión de la literatura científica, en la que distinguimos: el marco oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (incidiendo en las consideraciones generales del currículum, los objetivos del Área, los diferentes tipos de contenidos, las orientaciones didácticas y la evaluación) y el marco general de la Didáctica de las Ciencias en la que se enmarca la investigación (revisando aportaciones realizadas en la naturaleza de la Ciencia escolar, en los contenidos académicos, en el aprendizaje científico, en las secuencias de enseñanza, en propuestas metodológicas realizadas en este ámbito, en materiales de aprendizaje y lógicamente en las contribuciones específicas realizadas en el ámbito de las Ondas, Luz y Sonido). En base a ello, declaramos las Hipótesis Principales de nuestra investigación y sus correspondientes Subhipótesis. Por último, se describe el Plan de Trabajo.

C.1.1 ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN

El auténtico origen de la investigación habría que buscarlo en las necesidades que, como profesor, me he ido planteando a lo largo de muchos años en el aula. El perfil profesional que poseía al incorporarme a las tareas docentes era similar al de cualquier persona que accediera en aquellos momentos al Cuerpo de Profesores del Área de Ciencias Experimentales de Enseñanza Secundaria. Este venía definido, básicamente, por una formación científica inicial de titulado superior (en Ciencias Químicas) y una formación inicial de índole didáctico basada en el Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP); a esto habría que añadir las consabidas clases particulares, más por motivos económicos que profesionales, que suelen impartir los alumnos de una carrera de Ciencias.

Con este escaso bagaje accedí a impartir clases de Física y Química en un Instituto de Formación Profesional. La visión que de la enseñanza tenía en aquellos momentos era bastante limitada, por lo que el modelo que puse en práctica en mis clases como profesor (lógicamente sin ser consciente de ello) no podía ser otro que aquél en el que había estado inmerso durante tantos años como alumno.

Dicho modelo (que podríamos etiquetar como conductista) se basaba en la idea de que es el profesor el que posee el conocimiento y, por tanto, es el que lo da, siendo el papel de los alumnos el de meros receptores pasivos del mismo. La metodología era fundamentalmente expositiva y teórica, los estudiantes trabajaban en clase de manera individual, utilizábamos los libros de texto correspondientes y la evaluación, que no tenía prácticamente ninguna diferencia con la calificación, se basaba única y exclusivamente en las pruebas escritas.

La respuesta de los alumnos/as a todo ello, a pesar de mi preocupación y dedicación, fue claramente negativa. Las clases eran aburridas para todos, dedicando la mayor parte del tiempo al mantenimiento de una disciplina que tenía que ser impuesta a la fuerza. No aprendían prácticamente nada, centrando su trabajo (si podemos llamarlo así) exclusivamente en aquellas "preguntas" que consideraban que iban a ser objeto de examen. Los resultados que obtenía no se correspondían en modo alguno, con los esfuerzos que desplegaba,... En resumidas cuentas aquello era un verdadero desastre.

Tras el choque que todo esto supone y el lógico desconcierto que conlleva, surgió una etapa de reflexión en la que me planteaba una serie de preguntas que creo que todo profesor se hace en algún momento de su vida docente:

¿Es sólo de los alumnos la responsabilidad del fracaso o lo es también del profesor?

¿Cómo es posible lograr que los alumnos se interesen por la asignatura, de la misma manera que a esas edades se interesan por otras cuestiones, aparentemente más áridas?

¿Cómo es posible conseguir que la clase tenga una dinámica en la que el profesor no haya de estar siempre imponiendo su propia disciplina?

¿Es factible integrar las partes teórica y práctica de estas asignaturas, de manera que formen un conjunto coherente?

¿Por qué los estudiantes no comparten la idea de que tanto la Física como la Química son materias atractivas?

¿Cómo hay que hacer las clases para que no estemos siempre perdiendo el tiempo con cuestiones superficiales?

¿Qué hay que hacer para que los alumnos conecten lo que estamos haciendo dentro del aula con el mundo que nos rodea y que forma parte de su vida cotidiana?

¿Cómo lograr que los estudiantes estudien y trabajen habitualmente y no se dediquen a "empollar" para los exámenes?. ¿Es posible que los alumnos aprendan en el aula?

¿Hay otra forma de controlar el aprendizaje que no sea con exámenes escritos?....

Todos estos interrogantes, a los que evidentemente no podía dar respuesta en esos momentos, me hicieron asumir las grandes carencias que poseía mi preparación docente tanto a nivel didáctico como científico y plantearme la necesidad de mejorarla. De esa manera y ya que no existía otra cosa, comencé a hacer cursos de todo tipo, acercándome poco a poco y sin saberlo a un área de conocimiento: la Didáctica de las Ciencias Experimentales y, más concretamente, la de la asignatura de Física y Química.

Asimismo, establecí contactos con diversos compañeros con los que compartía estas preocupaciones, especialmente con el profesor Juan José García Arqués. Estos contribuyeron a que empezara a apreciar cambios positivos, aunque puntuales, en los resultados de los alumnos después de aplicar algunas modificaciones en el aula, que fueron surgiendo como fruto de aquellas relaciones. Pero lógicamente también surgieron nuevos interrogantes, cuestiones que se pueden plantear unos docentes novatos con una formación didáctica limitada.

El interés y la motivación por la Física, la Química y el trabajo científico, ¿les corresponde sólo a los alumnos?. ¿Podríamos contribuir, como profesores a mejorarlos?.

¿Es posible relacionar la teoría y la práctica en el aula?. ¿Cómo introducir la parte experimental de forma coherente en el discurso teórico?. ¿Qué importancia hay que darle al laboratorio?. ¿Cómo evitar las pérdidas de tiempo en el mismo?.

¿Conviene trabajar en el aula simples ejercicios-tipo o verdaderos problemas?. ¿Qué relevancia tiene la resolución de problemas en el proceso de Enseñanza/Aprendizaje?. ¿Cuáles son las estrategias que utilizan los alumnos para resolverlos?. ¿Podemos contribuir a mejorarlas?. ¿Cómo podríamos valorarlas?.

¿Han de ser participativas las actividades que se planteen en clase?, ¿en qué medida?. ¿Cuál ha de ser la posición del profesor ante el desarrollo de unas tareas en las que el alumno tiene mayor protagonismo?. ¿Cuáles son las claves científicas y didácticas de una actividad interesante?, ¿de dónde podemos sacar este tipo de actividades?, ¿cómo se han de diseñar para provocar un verdadero trabajo intelectual?.

¿Conviene aunar o separar los aspectos cualitativos y cuantitativos de las actividades?. ¿Hay que darle la misma importancia a ambos o incidir especialmente en los conceptos?.

En este contexto formamos un grupo de trabajo y, durante varios cursos académicos, diseñamos y elaboramos nuestros propios materiales didácticos. En relación con los que se han utilizado tradicionalmente en el aula y de los que nosotros también hacíamos uso, nos surgieron también algunas dudas:

¿Cuál es la incidencia que tiene en los estudiantes la utilización del libro de texto?. Si no se utiliza, ¿no estaremos dificultando la tarea de unos alumnos que carecen de autonomía en el trabajo y el estudio?.

¿Qué documentación sería recomendable utilizar en vez de dicho libro de texto?. ¿Cómo ha de ser ésta para que nuestros alumnos trabajasen mejor en el aula?. ¿Cómo debería organizarse y secuenciarse para lograr su participación intelectual?.

¿Cómo podríamos estudiar las características de los nuevos materiales utilizados y determinar su validez?. ¿De qué manera podríamos estructurarlos para favorecer el proceso evolutivo del alumno en el campo de la Física y Química?.

Todo ello no dejaba de ser un conjunto de elementos un tanto desordenados en los que se echa en falta una estructura más sólida. Advertí que no bastaba sólo con la "mejora de la praxis" sino que eran necesarios un soporte teórico que aglutinara los conocimientos en un modelo de Enseñanza/Aprendizaje (que entonces supe que se denominaba así). De esa manera, comencé mi acercamiento al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Murcia, fundamentalmente a través del profesor Gaspar Sánchez Blanco. En aquella época mi relación se centraba en la participación en cursos y proyectos del Departamento, aunque lógicamente mi aportación a los mismos era manifiestamente menor que los beneficios que obtenía para mis aprendizajes profesionales.

El planteamiento de todos estos dilemas y las decisiones, más o menos acertadas, que en función de ellas íbamos adoptando, lejos de disminuir nuestras inquietudes nos iban planteando otras nuevas, no tan cercanas al trabajo práctico del profesor pero cada vez más complejas. Las respuestas nos indicaban que todavía quedaban importantes cuestiones por aclarar o, al menos, sobre las que reflexionar, en relación a los contenidos que estábamos enseñando:

¿Qué es la Ciencia?. ¿Por qué se caracteriza?, ¿cuáles son sus elementos claves?. Cuando hablamos de las Ciencias, ¿nos referimos exclusivamente a las experimentales?.

¿Es lo mismo Ciencia que Ciencia escolar?, ¿dónde estriban las diferencias?, ¿cómo conocerlas?. ¿Qué importancia tienen para la Ciencia escolar determinadas áreas como la Historia o la Filosofía de la Ciencia?.

¿Ha de ser la Ciencia escolar una secuencia de contenidos conceptuales exclusivamente?. ¿Hay que considerar también los procedimentales y los actitudinales?; y si es así, ¿qué relación existe entre todos ellos?.

¿Tienen todos los contenidos de enseñanza la misma importancia o son unos más importantes que otros?. Respecto a los contenidos procedimentales, ¿han de centrarse fundamentalmente en la observación y en las destrezas manipulativas, o es necesario que incluyamos también los procedimientos intelectuales?. Si contemplamos también los contenidos actitudinales de la Ciencia, ¿en qué medida habría que hacerlo?, ¿con qué objetivos?.

Un segundo bloque de interrogantes, relacionado íntimamente con el anterior, surgió como consecuencia de la aplicación en el aula de los contenidos no estrictamente conceptuales y en función de su aprendizaje y, por tanto de su enseñanza.

¿Qué variables condicionan, en el aula, el aprendizaje de dichos contenidos?, ¿qué relación tiene con el éxito académico en estos niveles?. ¿Cuál es la influencia, por ejemplo, del desarrollo cognitivo (piagetiano) en el aprendizaje de la Física y Química de nuestros alumnos?.

Si asumimos la relevancia de los contenidos procedimentales y actitudinales en el proceso de

aprendizaje de las Ciencias, ¿cómo se aprenden estos?, ¿cómo han de trabajar los alumnos para lograr alcanzarlos?.

La reflexión continuada sobre todo lo anteriormente expuesto nos llevó a plantearnos la necesidad de cambiar la metodología que utilizábamos en el aula. Teniendo en cuenta, además, que cualquier procedimiento metodológico no puede valorarse independientemente de las interacciones que produce en el alumno y el profesor, su desarrollo nos hizo cuestionarnos:

¿Qué procedimientos metodológicos han de seguirse en el área de las Ciencias Experimentales, en función de las condiciones iniciales de los alumnos y el sentido profesional de los estudios de Formación Profesional?.

¿Qué metodologías deben ensayarse para favorecer las actitudes del estudiante de Física y Química en estos niveles?. ¿Cómo investigar las variables actitudinales que condicionan significativamente el aprendizaje de la Física y Química?.

¿Qué elementos de una metodología influyen, por ejemplo, en el desarrollo cognitivo de un alumno de Formación Profesional en nuestra área de conocimientos?.

Si introducimos modificaciones metodológicas, ¿no estaremos contribuyendo a confundir a los alumnos, acostumbrados durante muchos años a la misma metodología?.

A pesar de todo, observamos que era necesario el establecimiento de un sólido soporte teórico que le diera coherencia al conjunto, desde el punto de vista científico y didáctico. Todo ello, unido a la valoración unánime que se hacía sobre la utilización de un modelo de referencia (implícito o explícito) sobre el proceso de Enseñanza/Aprendizaje y su desarrollo en el aula, nos hizo preguntarnos:

¿Qué modelo se ajusta más a las demandas y estructura del curriculum de los Institutos de Enseñanza Secundaria?, ¿cuáles son sus elementos clave?.

¿Qué repercusiones tiene el modelo de Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias que hemos elegido sobre los diferentes elementos implicados (curriculum, organización, rendimiento, evaluación, etc.)?.

Respecto a los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) en el proceso de Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias, ¿qué relevancia tiene la elección del modelo?, ¿influye para lograr que los alumnos cambien su habitual forma de trabajar y adopten un papel más activo en el aula?.

¿Cuál ha de ser el papel del profesor en el nuevo modelo?, ¿cómo debe ser su actuación en las ocasiones en las que intervengan aspectos de índole procedimental y actitudinal?. ¿Estamos los profesores preparados para cambiar de modelo?.

Llegado este momento me pareció necesario la integración de muchos de los fundamentos que subyacen en estas cuestiones y la sistematización de estudios que aborden qué ocurre cuando se llevan al aula. En esta reflexión y preocupación profesional se enmarca esta Tesis Doctoral que hemos querido realizar en el Instituto de Formación Profesional de Molina del que soy profesor, en una de las asignaturas que imparto, con los alumnos y en las condiciones que tengo, buscando situaciones reales en las que contrastar algunos de los interrogantes que, como docente, me he planteado

C.1.2 PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN

Partiendo de la definición y características de lo que Bunge entiende por "problemas de investigación" (1981), vamos a formular los correspondientes a la presente tesis doctoral. Previamente hay que indicar que el trabajo podría resumirse fundamentalmente en que pretendemos estudiar los efectos de una metodología didáctica y averiguar cuáles son sus logros.

Problema Principal Uno (P.P.1)

El primer problema importante que hemos abordado, es el de determinar cuáles son los conocimientos de los alumnos a los que se les va a aplicar la metodología a ensayar. En este caso, además, hay que tener en cuenta que esta parte de la Física no suele llegar a impartirse en la Enseñanza General Básica, a diferencia de lo que ocurre, por ejemplo, con la cinemática o las propiedades intrínsecas de la materia. En función de estas dos premisas nos hemos planteado la siguiente interrogante:

¿Son los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz, suficientes y estructurados desde el punto de vista científico?.

Este problema a su vez está desarrollado en una serie de subproblemas (SP) que formulamos a continuación. Los tres primeros se refieren a aspectos fragmentados del P.P.1, mientras que el último tiende a indagar en las garantías de científicidad exigibles a las pruebas usadas.

Subproblema 1.1 (SP. 1.1):

¿Son los conocimientos de los alumnos, respecto a los contenidos conceptuales de las Ondas, al Sonido y la Luz, suficientes y estructurados?.

Subproblema 1.2 (SP. 1.2):

¿Son los conocimientos de los alumnos, respecto a los contenidos procedimentales de las Ondas, al Sonido y la Luz, suficientes y estructurados?.

Subproblema 1.3 (SP. 1.3):

¿Son las actitudes de los alumnos, respecto a la Ciencia y a los científicos, facilitadoras para el aprendizaje de conocimientos científicos?.

Subproblema 1.4 (SP. 1.4):

¿Reúnen los instrumentos de evaluación utilizados en las pruebas iniciales de nuestra investigación, las condiciones exigibles desde la literatura científica ?.

Problema Principal Dos (P.P.2)

Entendemos que cualquier investigación didáctica no ha de ceñirse exclusivamente al estudio de las condiciones iniciales y finales de la misma. Hay que tener en cuenta que en este tipo de trabajos, sobre todo si son tan extensos en el tiempo, es sumamente importante conocer cuál es la respuesta de los alumnos a las diferentes situaciones de aprendizaje planteadas; estos datos nos permiten encontrar o indagar en la evolución misma de los conocimientos. Por ello, para nosotros, el seguimiento de nuestra intervención puede reportar revelaciones interesantes, difíciles de detectar de otra forma. De ahí, que el segundo problema principal se plantee:

La aplicación en el aula de la metodología ensayada, ¿favorece una evolución positiva de los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz?. ¿Cómo es valorada

por los estudiantes esta metodología de cara a sus aprendizajes?.

Este problema a su vez está desarrollado en una serie de subproblemas (SP) que también formulamos a continuación. El primero y el tercero se refieren a la valoración realizada por nosotros y por los alumnos respectivamente. El segundo incide en la homogeneidad de aplicación, elemento que nos preocupa en una investigación de estas características.

Subproblema 2.1 (SP. 2.1):

La aplicación en el aula de la metodología ensayada, ¿favorece una evolución positiva de los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz?.

Subproblema 2.2 (SP. 2.2):

La aplicación en el aula de la metodología ensayada, ¿es independiente del grupo al que se le aplica?

Subproblema 2.3 (SP. 2.3):

La aplicación en el aula de la metodología ensayada, ¿cómo es valorada por los estudiantes de cara a sus aprendizajes?.

Problema Principal Tres (P.P.3)

Una vez aplicado en el aula el módulo objeto de la investigación, debíamos determinar a través de las pruebas finales, las mejoras que presuntamente habíamos propiciado en los conocimientos de nuestros alumnos, a corto plazo y una vez transcurrido un cierto tiempo desde nuestra intervención. Dichas pruebas, debían tener la suficiente entidad, para permitirnos establecer, de la forma menos subjetiva posible, unas conclusiones sobre el aprendizaje generado y el funcionamiento de la metodología ensayada. Por eso, en este caso el problema principal tres dice:

¿Cómo son los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz, después de la aplicación de la metodología ensayada?. ¿Qué queda de lo aprendido al cabo de un cierto tiempo?.

Este problema a su vez está desarrollado en una serie de subproblemas (SP) que también formulamos a continuación. Los dos primeros se refieren a aspectos fragmentados de la evaluación del aprendizaje inmediato a la que se refiere el P.P.3. El tercero indaga en las garantías de cientificidad exigibles al diseño experimental (principalmente en las pruebas usadas). El último se centra en la retención y el olvido a los nueve meses de la intervención.

Subproblema 3.1 (SP. 3.1):

¿Cómo son los conocimientos conceptuales y procedimentales de los alumnos respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz, después de la aplicación de la metodología ensayada?.

Subproblema 3.2 (SP. 3.2):

¿Cómo son las actitudes de los alumnos respecto a las Ciencias y al trabajo de los científicos, después de la aplicación de la metodología ensayada?.

Subproblema 3.3 (SP. 3.3):

¿Reúnen los instrumentos de evaluación utilizados en las pruebas finales de nuestra investigación, las condiciones exigibles desde la literatura científica?.

Subproblema 3.4 (SP. 3.4):

¿Qué conocimientos permanecen en los alumnos al cabo de nueve meses de la intervención?

Problema Principal Cuatro

Parece obligado el contraste entre los diferentes momentos de recogida de la información: características iniciales, seguimiento de los trabajos de los alumnos, aprendizajes finales y retención al cabo de un cierto tiempo. Esto nos permitirá establecer si existen diferencias significativas entre los resultados, si existen relaciones entre los valores obtenidos o si se deben a elementos aleatorios, desde el punto de vista estadístico. En este contexto nos planteamos:

¿Hay progresos significativos en los conocimientos de los alumnos respecto a su situación inicial?. ¿Existen pérdidas significativas en los aprendizajes al cabo de un cierto tiempo desde la intervención?

Este problema tiene a su vez una serie de subproblemas (SP) que también formulamos a continuación. El primero se centra en el contraste entre la situación inicial y final. El segundo indaga sobre la influencia de los conocimientos iniciales o del trabajo desarrollado a lo largo de la propuesta. El tercero se refiere a las pérdidas constatadas al cabo de un cierto tiempo.

Subproblema 4.1 (SP. 4.1)

¿Hay progresos significativos en los conocimientos de los alumnos tras la aplicación de nuestra propuesta sobre Ondas, Sonido y Luz?

Subproblema 4.2 (SP. 4.2)

¿Existe una relación entre los resultados obtenidos y las respuestas dadas en los cuadernos de trabajo de los alumnos o sus características iniciales?

Subproblema 4.3 (SP. 4.3)

¿Se producen pérdidas significativas en el aprendizaje al cabo de un cierto tiempo de nuestra intervención?

C.1.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA

Una vez que hemos señalado los Problemas de nuestra investigación, el siguiente paso es la realización de una revisión de la literatura científica que permita delimitar el marco de trabajo y los referentes de su desarrollo. Este apartado lo hemos dividido en dos partes; por un lado, el que hace alusión al currículum oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y, por otro, el que se refiere a contribuciones realizadas en la Didáctica de las Ciencias, especialmente en el ámbito del proceso de Enseñanza-Aprendizaje.

Entendemos que la primera parte es importante por tratarse del marco institucional a través del cual se va a desarrollar la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Este contiene unos presupuestos que nosotros hemos intentado llevar al aula con nuestra investigación. En dicho análisis hemos mantenido la estructura y la secuencia de los documentos oficiales utilizados.

En la segunda parte, incluimos aportaciones que otros autores han estudiado en relación con nuestro trabajo y que pueden incidir en el desarrollo de éste. Vamos a distinguir también varios apartados que van de ámbitos más generales a otros más específicos. Así, revisamos elementos como la Ciencia de los científicos y la Ciencia escolar, los contenidos del currículum, el aprendizaje científico, las secuencias de enseñanza, investigaciones sobre propuestas de enseñanza, los materiales de aprendizaje (resolución de problemas y trabajos prácticos) y, por último, algunas contribuciones específicas realizadas para el aprendizaje de las Ondas, Sonido y Luz, contenidos objeto de la investigación.

C.1.3.1 Marco oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria

La investigación que hemos desarrollado se ha llevado a cabo dentro de los actuales planes de estudios y en el seno de un Instituto de Formación Profesional. No obstante, se ha visto claramente influenciada por los presupuestos de la actual Reforma de las Enseñanzas Medias; en concreto, por el marco de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Consideramos imprescindible ajustarnos al nuevo contexto curricular y, por ello, es preciso hacer una reflexión del currículum oficial de estos niveles educativos. Nos centraremos fundamentalmente en las características más relevantes y en el contraste con lo que actualmente se está llevando a cabo en las aulas.

Consideraciones generales

Las Ciencias de la Naturaleza se han incorporado de forma decidida a la sociedad y a la vida social (cultura contemporánea). No es difícil escuchar actualmente en diversos foros -de cualquier índole- conversaciones en las que abundan las ideas científicas, o encontrar en cualquier periódico artículos en los que se hace hincapié en alguno de los diversos aspectos de la Ciencia. Incluso han calado profundamente en el ámbito político y social, siendo frecuente citar la Ecología, las Ciencias Medioambientales, etc. como base de argumentos, y a la Naturaleza, los recursos energéticos, el aprovechamiento del agua, la capa de ozono, la prevención de catástrofes naturales, etc. en sus intervenciones públicas.

Por ello creemos que la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza está cobrando una importancia cada vez mayor, no sólo en lo que respecta a conocer unos contenidos específicos, sino por sus propios valores formativos. Precisamente esto es lo que justificaría su inclusión en la *educación básica* del ciudadano del siglo XXI y no únicamente para los que vayan a estudiar Físicas, Químicas, Biológicas, etc. Es fundamental erradicar la idea de que la Ciencia es cerrada y que sólo pueden hacer ciencia los científicos; de esa manera se evitarían las creencias de que no es posible la participación de los "ciudadanos de a pie" en los problemas de su entorno y que eso es algo a lo que sólo tienen acceso personas muy cualificadas. Pensamos que esa Ciencia, no exclusiva para los científicos sino para los ciudadanos, debiera ser el referente obligado en la Educación Secundaria Obligatoria.

Por otro lado, las Ciencias tienen un conjunto de conocimientos y una *metodología de trabajo* para comprender la realidad e intervenir en ella. Estos pueden ser muy útiles en la integración de la persona como tal en

una sociedad democrática, cada vez más competitiva y sumamente tecnificada. Por ello es importante también, desde el área de las Ciencias de la Naturaleza, combatir la idea sesgada que las anteriores generaciones -incluyendo la actual- tienen de la misma; la Ciencia no es sólo unos contenidos conceptuales, difíciles y abstractos, sino que en ella y de manera inequívoca están incluidos lo que actualmente se denominan contenidos procedimentales y actitudinales. Es necesario que el aprendizaje de la Ciencia incluya aquellos conceptos, que siendo asequibles a las distintas edades, sean los más relevantes. Pero no es menos cierto que ello debe ir acompañado simultáneamente de un mayor acercamiento a los procesos de la Ciencia, a la metodología que le es propia, y a los valores actitudes y normas de misma.

Aunque pudiera pensarse que teóricamente ha perdido importancia la estructura meramente disciplinar, se aprecia el predominio real del *planteamiento disciplinar frente a un planteamiento de área*, tanto dentro de la propia asignatura como en su relación con las Ciencias Naturales,. A pesar de ello, se deberá fomentar la integración de todos aquellos aspectos que definen este ámbito del conocimiento, evitando la separación (que consideramos ficticia) entre la parte teórica y la parte práctica, ya que dicha distinción contribuye a dar una imagen distorsionada de la ciencia. También se debe procurar la unión de los conocimientos propios de la asignatura, de manera que se propicie una visión global y no compartimentada. A un nivel más amplio y en consonancia con estos parámetros, es necesario contribuir a la imprescindible relación interdisciplinar, estableciendo los cauces de comunicación que favorezcan el intercambio con las materias de otros profesores.

Muy importante nos parece el nuevo papel que debe desempeñar el profesor, teniendo en cuenta las nuevas demandas que aparecen en el trabajo de clase. Por otro lado, si consideramos el *carácter dinámico y no acabado de Ciencia* que se pretende enseñar y que debe inspirar nuestra intervención en el aula, no hemos de ser meros transmisores de conocimientos elaborados. Esto implica que el profesor debe abandonar la posición de poseedor y distribuidor exclusivo de conocimiento, modificando su propia cultura docente. Por ello y si queremos ser coherentes con este planteamiento, hemos de procurar que el trabajo desarrollado en el aula no sea exclusivamente expositivo ni únicamente individualizado. Nos corresponde, en consecuencia, ser animadores de las tareas, moderadores de los debates y sintetizadores de los conocimientos que vayan surgiendo.

También el profesor debe ser capaz de motivar hacia el trabajo propio de la Ciencia, con todo lo que ello implica respecto al conocimiento de la dinámica de grupos. Es muy importante resaltar que la utilización del trabajo colectivo no ha de ser sólo en aquellas ocasiones en las que la relevancia de los contenidos sea pequeña, ya que esto contribuiría a identificar el trabajo en equipo con cuestiones poco importantes y, por tanto, a desvirtuarlo. Su aplicación al aula, aunque consideramos que ha de ser frecuente, no la entendemos como la única forma de trabajar en el aula ya que, por supuesto, no es incompatible con el trabajo individual.

Además, es preciso tomar conciencia de la importancia de las construcciones del aprendizaje y el papel que juegan las *ideas previas*, no sólo para facilitar el desarrollo del trabajo de aula y en el diseño de sus propias unidades didácticas, sino también por la relevancia que para el propio alumno tiene en la asunción de sus propios aprendizajes.

Por último, el profesor deberá hacer especial hincapié en modificar la concepción que actualmente existe tanto sobre los trabajos prácticos y la resolución de problemas. Parece necesario, según el currículum oficial, propugnar una concepción más cercana al aprendizaje por la investigación -más o menos profunda y en la medida de las posibilidades de los alumnos-, que forme un conjunto coherente con el resto de las actividades propias del trabajo docente. Es necesario que se mantenga una visión más amplia de los trabajos prácticos, evitando que centrarse exclusivamente en los ejercicios denominados "tipo", para acercarnos a lo que hasta ahora ha venido denominándose descubrimiento dirigido.

Una vez establecidas estas consideraciones previas, vamos a realizar un análisis pormenorizado de los distintos apartados en los que se encuentra dividido el documento.

Objetivos

Uno de los apartados más orientadores sobre en qué consiste el nuevo marco oficial de la enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria es el de los Objetivos Generales del Área. Vamos a comentarlos brevemente uno a uno para extraer algunas consecuencias que inspiren nuestro papel en el nuevo contexto institucional

1. Comprender y expresar mensajes científicos sencillos utilizando el lenguaje oral y escrito con

propiedad, así como otros sistemas de notación y de representación cuando sea necesario.

Según este objetivo hay que dotar a los alumnos y futuros ciudadanos de las herramientas científicas necesarias para que puedan elaborar, intercambiar y defender sus propias opiniones con autonomía, y para que puedan participar de forma activa en un planteamiento social o político. Entendemos que la comprensión y elaboración de los mensajes no ha de referirse sólo al lenguaje escrito, en el que tradicionalmente se ha hecho mayor hincapié, sino que es imprescindible ampliarlo al oral con todo lo que implica. Habría que darle mayor importancia a la adquisición de una terminología más rica, precisa y rigurosa, sin olvidar otros aspectos como el conocimiento matemático y los sistemas de notación y de representación (gráficas, tablas, mapas, fórmulas, etc.); se puede contribuir así a que las personas asuman, en su justa medida, la relación existente entre las ideas científicas y los algoritmos que las representan.

2. Utilizar los conceptos básicos de las Ciencias de la Naturaleza para elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales, así como para analizar y valorar algunos desarrollos y aplicaciones tecnológicas de especial relevancia.

En función de estas consideraciones parece necesario dar a las Ciencias de la Naturaleza su verdadera dimensión, favoreciendo la integración entre los entornos social, académico y educativo, y evitando en lo posible la gran separación existente hoy en día, entre el conocimiento académico -que los propios alumnos consideran muy poco aplicable en su vida- y el popular -que consideran sumamente útil-. Consideramos imprescindible, para ello, la utilización de las ideas básicas de las Ciencias de la Naturaleza, ya que habría que dotar a los actuales alumnos y ciudadanos, de las herramientas mínimas a la hora de cuestionar y analizar el mundo que nos rodea; esto resulta necesario para una mayor integración social y el desarrollo de capacidades que, sin duda, tiene el ser humano. También es conveniente incidir en la valoración de las repercusiones de las Ciencias en el desarrollo y organización de la sociedad, promocionando -dentro de las lógicas limitaciones- la participación activa de los alumnos en su problemática.

3. Aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la Ciencia en la resolución de problemas: identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados y comunicación de los mismos.

Nos parece muy interesante este objetivo, ya que en consonancia con el anterior, es sumamente importante que los alumnos conozcan no sólo los contenidos conceptuales de la Ciencia, sino también los procedimientos que le son propios, lo que ha de contribuir a eliminar la concepción de la misma como algo cerrado y excesivamente teórico, en la que no es posible la intervención si no se trata de personas "súper" especializadas y en la que los experimentos son simples anécdotas. Teniendo en cuenta lo que se ha estado haciendo en el aula, es necesario provocar un cambio metodológico importante, tratando de llevar a cabo una filosofía diferente de actuación. En este sentido, nos parece importante la utilización de las distintas ideas que subyacen en lo que genéricamente se denomina "método científico", relacionando sus fases entre sí y asumiendo la importancia del conjunto. Pero, además, englobaría a su vez una serie de procedimientos: identificar, analizar, recabar información, formular hipótesis, recoger datos, elaborar conclusiones, etc. Es necesario que todo esto sea una tarea real y cotidiana de los propios alumnos en el aula al estudiar los diferentes tópicos de la Física y Química. Lógicamente también nos parece conveniente dotar al alumno de los procedimientos manipulativos elementales para que pueda desarrollar experiencias sencillas de forma autónoma; y que se asuma la necesidad de que existan unas normas de uso y seguridad, como en cualquier actividad.

4. 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.

De acuerdo con este objetivo, consideramos que es imprescindible abandonar la idea -predominante en el actual sistema educativo- de que la única forma posible de actuación del alumno en el aula, es la individual; de esa manera evitaríamos una serie de características indeseables en una clase de Ciencias, como es la enseñanza meramente transmisiva o la pasividad de los estudiantes. Es preciso valorar e asumir el trabajo en equipo y las características que le son propias. La participación de cada uno de sus componentes sin exclusión fomenta la promoción de actitudes propias de una sociedad democrática y favorece la convivencia pacífica, el aprendizaje entre

iguales y el abandono de la idea de que el especialista -en este caso el profesor- es el único que puede dar respuesta a los problemas que se le presentan a una persona a lo largo de su vida -en este caso al alumno en el aula-. Hay que destacar que este tipo de trabajo genera en las personas una capacidad de reflexión crítica sobre sí mismo, para, de esta manera, conocerse mejor y poder aceptarse sin conflictos.

5. Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época, mediante el contraste y evaluación de informaciones de distintas fuentes.

Para lograr este objetivo consideramos necesario procesar adecuadamente la información a la que tenemos acceso a través de los distintos canales informativos y, de esa forma, procurar que los alumnos sean capaces de seleccionar, analizar, interpretar y elegir la que más les interese en cada momento de forma autónoma y crítica. El reconocimiento de la gran relación de todo ciudadano con las diferentes fuentes no es más que la asunción de una realidad palpable e ineludible, a la que el mundo académico no puede ser ajeno. Por ello, es fundamental para lograr conectar los aprendizajes en el aula con la propia realidad del alumno, lo que en nuestra opinión llevaría consigo un aumento de la motivación, tan necesaria como importante.

6. Utilizar sus conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano para desarrollar y afianzar hábitos de cuidado y salud corporal que propicien un clima sano y saludable.

Asimismo, nos parece muy interesante contribuir a aplicar los conocimientos asimilados a nuestro propio organismo: higiene, alimentación, sexualidad, ejercicio físico, etc.; entre otras cosas, para asumir la importancia real de los contenidos del área en la salud y en los hábitos de funcionamiento, tanto a nivel individual como colectivo. Creemos que se puede y se debe contribuir a propiciar actitudes críticas ante las actividades y prácticas sociales susceptibles de provocar trastornos y enfermedades en el ser humano.

7. Utilizar sus conocimientos sobre los elementos físicos y los seres vivos para disfrutar del medio natural, así como proponer, valorar y, en su caso, participar en iniciativas dirigidas a conservarlo y mejorarlo.

En la misma línea que el anterior, se vuelve a propugnar la necesidad de contribuir a aplicar los aprendizajes adquiridos, pero ahora a nuestro entorno y a la propia actividad humana, especialmente con respecto a los seres vivos y los elementos físicos. Entendemos que todo ello debe llevar emparejado una visión dinámica del mundo en el que vivimos, en cuya evolución los seres humanos no sólo no son ajenos, sino que son el principal elemento modificador. Pensamos que hay contribuir de la manera más activa posible a lo que se viene denominando el desarrollo sostenible.

8. Reconocer y valorar las aportaciones de la Ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos, apreciar la importancia de la formación científica, utilizar en las actividades cotidianas los valores y actitudes propios del pensamiento científico y, adoptar una actitud crítica y fundamental ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre la Ciencia y la sociedad.

Según este objetivo, es una tarea de todos colaborar a desterrar ideas maximalistas sobre las Ciencias, especialmente sobre las de la Naturaleza, y darle la importancia que tiene para nuestra propia calidad de vida. Es necesario, por tanto, asumir la estrecha relación entre Ciencia y Sociedad, pero evitando promocionar la idea de que de ella se derivan sólo consecuencias positivas o negativas. Consideramos muy importante el rechazo frontal de dogmatismos fruto de visiones sesgadas o incompletas de dicha relación, para lo que es imprescindible fomentar contenidos tales como el rigor en el análisis, la argumentación de las decisiones, el debate reflexivo, etc.

9. Valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción ligado a las características y necesidades de la sociedad en cada momento y sometido a evolución y revisión continua.

Consideramos que es muy importante contribuir de forma activa a un objetivo tan deseable como éste, centrado en el reconocimiento de la relación existente entre la Ciencia y la Sociedad, lo que supone didácticamente priorizar la construcción secuenciada de los aprendizajes de los alumnos a partir de sus conocimientos previos. Pero

también es conveniente entroncar los conocimientos científicos con los valores sociales en los distintos niveles en los que hemos de vivir y desarrollar nuestra actividad como ciudadanos y trabajadores. Los valores locales, regionales, nacionales, etc. no sólo tienen una pluralidad y diversidad que hemos de asumir de forma constructiva, sino que hemos de reconocer la influencia que la Ciencia tiene en todos ellos, y a su vez la dependencia de ésta con las necesidades y características de la sociedad.

Contenidos

Otro de los elementos más caracterizadores del currículum son los contenidos objeto de enseñanza. En primer lugar conviene precisar qué se entiende por contenidos en las propuestas curriculares de la Reforma educativa. En una primera aproximación, podemos decir que en estas propuestas el término "contenidos" se utiliza en una acepción mucho más amplia de lo que es habitual en las discusiones pedagógicas. En realidad, designan "*el conjunto de saberes o formas culturales cuya asimilación y apropiación por los alumnos y alumnas se considera esencial para su desarrollo y socialización*" (Coll, 1992).

También hay que resaltar, no sólo para el área de Ciencias de la Naturaleza, que los contenidos de enseñanza adquieren una gran importancia en las propuestas curriculares de la Reforma educativa. Esto llama la atención porque, si bien han jugado siempre un papel decisivo en las orientaciones y programas oficiales, en las programaciones de los profesores y en la organización práctica de las actividades concretas de enseñanza y aprendizaje en las aulas, en las últimas décadas ha habido una cierta tendencia a minimizar su relevancia e interés, cuando no a considerarlos como una especie de mal necesario.

En las propuestas curriculares de la Reforma se considera que los *hechos* y *conceptos* son únicamente un tipo de contenidos, y que junto a ellos han de tenerse igualmente en cuenta otros, es decir los *procedimientos*, y las *actitudes*, *valores* y *normas*. La distinción entre los tres y su inclusión de esta forma encierra, pues, un mensaje pedagógico de alcance. Entre otras cosas, supone un intento de romper con la práctica habitual, justamente denunciada en innumerables ocasiones, de una enseñanza centrada en exceso en la memorización más o menos repetitiva de hechos y en la asimilación más o menos comprensiva de conceptos y sistemas conceptuales. Pero supone también, lo que es todavía más importante si cabe, un intento de acabar con una cierta tradición pedagógica que, de forma totalmente injustificada excluye de la enseñanza sistemática un determinado tipo de formas y saberes culturales cuya importancia está fuera de toda duda y cuya asimilación se deja por entero a la única y exclusiva responsabilidad de los alumnos.

Habría que resaltar que esta presentación de los contenidos, permite la creación de un *currículum abierto* y demanda unas tomas de decisiones a nivel de centros. La importancia de esta medida es indiscutible, ya que a partir de ahora los profesores podrán intervenir decisivamente en la elaboración del currículum de sus propios alumnos, con todo lo que ello conlleva. En esta corresponsabilidad será decisiva la concepción del profesor sobre la importancia de los distintos contenidos ya que, en última instancia, será el que se encargue -dentro del departamento correspondiente- de su selección.

Continuamos este análisis describiendo aquellos contenidos que están más íntimamente relacionados con la Física y Química, analizamos sus principales características y reflexionamos sobre el contraste que suponen respecto a lo que actualmente existe en nuestras aulas.

Contenidos conceptuales

Hay que destacar que el significado de los conceptos científicos que se propugna en el documento, les atribuye la pertenencia a sistemas organizados. Un concepto no es un elemento aislado, sino que forma parte de una estructura conceptual. Se puede observar en el currículum de Ciencias de la Naturaleza, la existencia de algunos, que se podrían considerar estructurantes e inclusores, generadores de otros y que pueden dar lugar a lo que se denomina jerarquización conceptual. "Para que los datos y los hechos cobren significado, los alumnos deben disponer de conceptos que les permitan interpretarlos" (Pozo, 1992).

Asumiendo que los contenidos conceptuales pueden ser comunes a más de una disciplina o materia, es posible detectar en el Diseño Curricular Base un planteamiento disciplinar. Desde nuestro punto de vista se aprecia fácilmente en el Cuadro 1.1 que la mayoría de las unidades didácticas propuestas pertenecen a uno de los bloques: Física y Química, o Ciencias Naturales.

Organización de los contenidos

La organización de los contenidos para la Enseñanza Secundaria Obligatoria y según el Real decreto ha de estructurarse en función de las siguientes unidades didácticas.

- Diversidad y unidad de estructura de la materia (1)
- La energía (2)
- Los cambios químicos (3)
- La Tierra en el Universo (4)
- Los materiales terrestres (5)
- Diversidad y unidad de los seres vivos (6)
- Las personas y la salud (7)
- Interacción de los componentes abióticos y bióticos del medio natural (8)
- Los cambios en el medio natural. Los seres humanos, principales agentes del cambio (9)
- Las fuerzas y los movimientos (10)
- Electricidad y Magnetismo (11)

Cuadro 1.1

Pero hay un tema trascendente. Dada la responsabilidad de los profesores en la selección de contenidos, podemos plantearnos una serie de preguntas: ¿son los conocimientos conceptuales compartidos por los distintos profesores?, ¿qué relación tiene la formación inicial del profesor con la posterior selección?, ¿están capacitados los profesores para esta decisiva tarea?, ¿qué necesidades pueden derivarse en la formación permanente de los mismos para llevarla a cabo con coherencia y rigor?,... Todas estas preguntas y otras que pudiéramos hacer con una respuesta incierta, van a ser una de las claves del éxito de la Reforma de las Enseñanzas Medias actualmente en proceso experimental.

Los temas claves en los que se pueden entroncar los contenidos conceptuales implicados serían:

Sistemas materiales: identificación.
 Modelos de interpretación de la materia.
 Energía: principio de conservación.
 Transformaciones químicas.
 Fuerza.
 Carga y corriente eléctrica.
 Ondas. Luz y sonido.

De todos los conceptos de Física y Química incluidos, los más "novedosos" podrían ser: La energía y la sociedad actual; restos en la utilización de recursos; energías alternativas, que aparecen en el bloque 2, apartado 7 (2.7). Relevancia de las reacciones químicas importantes en relación con aspectos energéticos y biológicos (3.4).

A su vez hemos podido detectar algunas aparentes contradicciones científicas. Así, por ejemplo en el bloque 10 del Real decreto por el que se establece el curriculum oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, los objetivos hacen referencia al estudio cualitativo de cualquier movimiento, pero a su vez se incluye el cálculo de la aceleración; es destacable también la ausencia de algunos conceptos -al menos de forma explícita- que por su relevancia, importancia y conexión con la vida cotidiana merecerían estar presentes -aunque sólo fuera a nivel cualitativo-, como es el caso de la fuerza de rozamiento por choque con el aire, en el bloque 10. También es posible observar problemas de tipo didáctico como ocurre, por ejemplo en el bloque 2, al introducir conceptos de gran complejidad como los de calor o energía, desde una perspectiva física.

Respecto al tratamiento que se le da al estudio de las Ondas en la Naturaleza, que es el objeto fundamental de nuestra investigación, nos parece conveniente hacer una reflexión más detallada del mismo. Se observa que aparece incluido en el bloque 2, cuyo eje central es la Energía, citándosele exclusivamente en el apartado 2

2. Propagación de energía sin transporte de masa. Movimiento ondulatorio. Luz y sonido

Consideramos, en función de tan escueta referencia, que es un reflejo de la escasa importancia que se le atribuye a un tema tan relevante y de creciente influencia en la vida de las personas de la sociedad actual. Nos parece que este ámbito del conocimiento debería estar mucho más considerado y, a la vez, que en la descripción del bloque

deberían estar incluidas muchas más indicaciones de las que hay para evitar la ambigüedad que deja entrever.

Contenidos procedimentales

En primer lugar habría no sólo que describir lo que es un procedimiento, sino también diferenciarlo claramente de aquello que no lo es. Según el Diseño Curricular Base consiste en: "un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de una meta"; y añade "no debe confundirse un procedimiento con una determinada metodología. *El procedimiento es la destreza que queremos ayudar a que el alumno construya.* Es por tanto, un contenido escolar objeto de la planificación e intervención educativa y, el aprendizaje del mismo puede trabajarse mediante distintos métodos".

Por tanto, cuando utilicemos este término, no nos referimos a los métodos o estrategias de enseñanza que utiliza el profesor ni a las actividades de aprendizaje de los alumnos. Como señalan diversos autores (Coll y Valls, 1992), en los nuevos currícula de Enseñanza Infantil, Primaria y Secundaria, los procedimientos son considerados como "un tipo de contenidos escolares, tan propios como lo son los hechos, los conceptos, los principios, las actitudes, los valores y las normas".

A pesar de que el término pueda ser novedoso en el vocabulario profesional de los docentes, la simple lectura de la relación de procedimientos que se incluyen confirma que no nos encontramos ante unos campos de aprendizaje y enseñanza recién inventados, y que contenidos de este tipo siempre han estado presentes en la escolaridad. Su inclusión no es nueva aunque sí es posible que la explicitación de los mismos constituya una novedad.

Consideramos que la importancia de los contenidos procedimentales es incuestionable, puesto que son inherentes a cualquier actividad científica. El crecimiento de este conocimiento no es ajeno a la forma en que se lleva a cabo el trabajo y sólo es posible dentro de una metodología coherente con estos planteamientos. Todo ello supone que los procedimientos, ya sean manipulativos o intelectuales, básicos o integrados, elementales o complejos, son inseparables de la propia Ciencia. Por tanto, son procesos esenciales y sus estructuras deben proyectarse en la enseñanza de la misma porque *facilita el aprendizaje.*

Los contenidos procedimentales que aparecen en el Real decreto por el que se establece el currículum oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria se recogen en el Cuadro 1.2; en éste también se indica el bloque temático y el apartado correspondiente.

<i>Contenido procedimental</i>	<i>Bloque y apartado</i>
- Realización de experiencias.	(1.3) (2.3) (2.6) (3.2) (3.5) (10.1) (10.2) (10.7) (11.2) (11.4)
- Identificación de propiedades, magnitudes, variables,... en procesos observables o de la vida diaria	(1.4) (1.5) (2.1) (2.7) (3.1) (3.4) (10.4) (10.6) (11.1) (11.5)
- Diseño de experiencias	(2.6) (5.1) (10.1) (10.2) (10.7) (11.2)
- Manejo de instrumentos de medida sencillos	(1.1) (2.5) (10.2) (11.3)
- Expresión numérica de valores o resolución de problemas numéricos	(1.2) (2.2) (10.5)
- Emisión de hipótesis y control de variables	(2.6) (3.5) (10.6)
- Representación simbólica	(1.6) (3.3) (11.2)
- Utilización de fuentes de información	(2.4) (11.7)
- Comunicación de resultados y elaboración de informes	(2.8) (10.1)
- Realización de debates	(2.8)
- Normas de seguridad	(3.6)

Cuadro 1.2

Respecto al estudio específico de las Ondas, Luz y Sonido observamos que en el Bloque 2 están incluidos de forma bastante genérica:

6. *Planificación y realización de experiencias sencillas dirigidas a analizar la descomposición de la luz blanca, a explorar las mezclas de colores, así como la reflexión y la refracción de la luz*

7. *Identificación de fenómenos de propagación de la luz y el sonido del entorno*

8. *Elaboración de conclusiones y comunicación de resultados mediante la redacción de informes y realización de debates*

Contenidos actitudinales

Una de las mayores novedades de los programas en la Reforma educativa es la introducción en los nuevos currícula de las actitudes como contenidos objeto de enseñanza. De hecho, al igual que ocurre con los conceptos y los procedimientos, nos indica que *hay que dedicarles tiempo* para que puedan ser aprendidos por los alumnos.

Dado que una actitud es un constructo hipotético, ha de ser definida por las propiedades que se le asignan. "Teniendo en cuenta que guían los procesos perceptivos y cognitivos que conducen al aprendizaje de cualquier contenido educativo y que éstas son consideradas explícitamente un contenido concreto en los nuevos currícula, la importancia -por partida doble- que parecen tener es enorme" (Sarabia, 1992).

(Sarabia, 1992) dice que "las actitudes poseen, tres componentes básicos y definitorios que reflejan la complejidad de la realidad social: *componente cognitivo* (conocimientos y creencias), *componente afectivo* (sentimiento y preferencias) y *componente conductual* (acciones manifiestas y declaraciones de intenciones)". Desde nuestro punto de vista, entendemos que no son innatas; ello supone que las actitudes, como cualquier otro contenido, pueden ser trabajadas en el aula, conjuntamente con los otros contenidos.

Las actitudes de los alumnos se ven condicionadas por la metodología planteada por el profesor, más que por otras variables. Pero es curioso también que se detecten fuertes relaciones negativas entre las actitudes hacia las asignaturas de Ciencia y lo avanzado del curso e, incluso, el tiempo de permanencia en la institución escolar. La importancia que tiene todo esto es obvia ya que, si las actitudes condicionan el proceso de aprendizaje, será imprescindible que el profesor reflexione profundamente sobre sus propios presupuestos de aula, para evitar o paliar este problema.

Los contenidos actitudinales que más aparecen a lo largo de los distintos bloques temáticos del Real decreto por el que se establece el curriculum oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria se recogen en el Cuadro 1.3.

<i>Contenidos actitudinales</i>	<i>Bloque y apartado</i>
- Respeto al orden, limpieza, seguridad,... en el trabajo	(1.3) (10.4) (10.4) (11.1) (11.2)
- Asunción de la importancia de la relación -positiva- Ciencia/Técnica/Sociedad	(2.1) (2.3) (3.1) (3.2) (11.3)
- Valoración de la conservación del medio	(2.2) (3.1)
- Reconocimiento de la importancia de la estructura de la Ciencia	(1.1)
- Valoración de la provisionalidad de las explicaciones, carácter cambiante de la Ciencia, no dogmático..	(1.2)
- Disposición al planteamiento de interrogantes	(10.1)
- Reconocimiento del trabajo en equipo	(10.2)

Cuadro 1.3

Respecto al estudio específico de las Ondas, Luz y Sonido observamos que en el Bloque 2 están incluidos los contenidos correspondientes en el apartado 3

3. Reconocimiento y valoración de la importancia de los fenómenos ondulatorios en la civilización actual y de la trascendencia de sus aplicaciones en diversos ámbitos de la actividad humana

Continuando con el análisis del marco oficial de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, vamos ahora, siguiendo la misma secuencia que la del documento a reflexionar sobre lo que denomina orientaciones didácticas.

Orientaciones didácticas

Nos vamos a centrar en aquellas ideas más relevantes de las orientaciones que propugna el nuevo marco institucional y que debieran constituir los ejes fundamentales de cualquier profesor de estos niveles educativos. El documento distingue el papel del profesor y de los alumnos, y las actividades de los alumnos, aunque lógicamente están muy relacionados.

Respecto al papel del profesor y del alumnado

Se recoge en primer lugar, la importancia que a partir de ahora y en función del carácter abierto y flexible del currículum, van a tener las decisiones del profesor dentro de las diversas estructuras de un centro educativo (claustró, departamento, seminario, etc.). Tiene que conocer la relevancia y las dificultades de los contenidos; esto supondrá un vuelco en el trabajo docente ya que las unidades didácticas han de ser cambiantes. Las propuestas de enseñanza han de ir dirigidas simultáneamente a los tres tipos de contenidos que pueden distinguirse (conceptuales, procedimentales y actitudinales), concediéndoles a cada uno de ellos, la misma importancia que a los demás.

Las orientaciones didácticas se centran en la recomendación explícita del modelo de Enseñanza/ Aprendizaje que ha de ser utilizado en el aula, un modelo tan prestigioso y tan en boga como el constructivista. Se propone, además, un vuelco en las claves del trabajo cotidiano de aula, ya que se considera que han de girar alrededor de las situaciones problemáticas planteadas y no como hasta ahora en torno al libro de texto y a la intervención del profesor.

El profesor deberá tener muy en cuenta las preconcepciones de los alumnos. Por ello, no sólo ha de procurar detectarlas (de diversas maneras) en toda su profundidad y amplitud, sino que ha de proporcionar en el desarrollo de las tareas de aula las condiciones y el tiempo indispensable para que éstas afloren. Se trata de proporcionar a los estudiantes actividades que vayan produciendo en ellos un cambio conceptual. Éstas deben ser diseñadas y concretadas para contribuir a que el alumno se cuestione sus ideas, las modifique, si ha lugar, las amplíe y las evolucione.

Por otro lado, el profesor, de forma explícita, debe destacar la utilidad de lo que se va a aprender, de manera que el alumno vaya conectando los aprendizajes de aula con los no académicos. Se le pide una atención más individualizada y cercana, y que las tareas que plantee en clase sean lo suficientemente atractivas para lograr la implicación de los estudiantes. Ha de asumir además, el rol de orientador y colaborador en el proceso de aprendizaje del alumno.

Conviene evitar la motivación basada en la competitividad y potenciar el desarrollo de una actitud cooperativa. Hay que apostar por que el trabajo se desarrolle en grupo y que cada uno de los alumnos asuma su responsabilidad. Las tareas basadas en la investigación de problemas presentes en el medio facilita la autonomía de los estudiantes. En ellas el profesor, considerado como un investigador experto, ha de actuar como asesor científico del trabajo de los propios alumnos, a los que podemos considerar "investigadores noveles".

Respecto a las actividades de los alumnos

El papel del alumno consiste en construir sus aprendizajes, participando activamente. Para ello, lógicamente, necesita de la ayuda del profesor pero, sobre todo, de su contribución e implicación en el proceso y la asunción de su propia responsabilidad en el mismo.

Se establece la necesidad de una gran variedad en las actividades planteadas, evitando la monotonía que supone para los alumnos la presencia de una única forma de trabajo en el aula. Respecto a la forma de llevarlo a cabo, las recomendaciones se centran en la conveniencia del uso de estrategias de descubrimiento dirigido. Éstas se defienden por la gran ventaja que supone que los alumnos pueden acercarse a las sensaciones que transmite la realización de una verdadera investigación -aunque sea pequeña- y entender un poco mejor el espíritu de la Ciencia.

Conviene fomentar también la realización de pequeños proyectos para construir algún aparato, instrumento, instalación, maqueta, etc. Contribuiremos así, a desmitificar la Ciencia y a que se produzca un mayor acercamiento a su vida cotidiana y a otras áreas del conocimiento.

La resolución de problemas de lápiz y papel sigue ocupando un lugar prominente en la enseñanza de las Ciencias. Se insiste en que hay que plantear en su aula algo más que simples ejercicios tipo, para eliminar la idea de que un problema es una relación matemática entre una serie de letras, que se pueden sustituir por la misma cantidad de números.

La comunicación de resultados, después de un proceso de trabajo, es una situación privilegiada para favorecer el debate, relacionar ideas, propiciar la síntesis, plantear el contraste con las ideas previas e, incluso, introducir nueva información. Evitaremos así, que los alumnos consideren que un trabajo está terminado cuando hemos llegado a una solución numérica, sin pararse a reflexionar sobre él.

Orientaciones para la evaluación

Por último, siguiendo la misma secuencia que la del documento, aparecen ciertas orientaciones para la evaluación. Como en los temas anteriores comentaremos algunos aspectos que nos parecen importantes. Distingue entre qué evaluar, cómo hacerlo y cuándo evaluar

Respecto a los objetivos y objetos de la evaluación

Hay que señalar previamente que la evaluación es una fase más en el desarrollo del Proyecto Curricular, que ha debido elaborarse teniendo en cuenta estos tres elementos: el Diseño Curricular Base, las características especiales del Centro y del grupo y las propias del área que se imparte. Ello debe contribuir a darle un carácter más próximo al propio proceso de aprendizaje, lo que ayudará a los alumnos a entender su importancia y estará a la vez en consonancia con la puesta en práctica de una enseñanza comprensiva y más personalizada.

Con la evaluación se pretende conseguir información sobre la práctica docente, detectando los progresos y las dificultades que se van originando, para introducir las modificaciones que se estimen convenientes desde la praxis educativa. Es fundamental que los estudiantes asuman su valor formativo y que el profesor la tenga presente en el desarrollo del trabajo diario, separando calificación y evaluación, y considerando ésta como continua.

Se pretende evaluar su progreso y no sólo los logros alcanzados, por lo que se requiere tener en cuenta el diagnóstico o evaluación inicial. Ello conlleva adecuar el trabajo de aula en función del nivel de los alumnos, logrando de esta manera dirigir los objetivos de la evaluación a lograr su verdadera implicación. Pero la evaluación formativa tiene también como fin relacionar los resultados individuales y del aula con la actuación del profesor, procurando profundizar lo más posible en ésta.

Respecto a los instrumentos y técnicas de recogida de información

Para la recogida de información relativa al conocimiento y aplicación de las ideas básicas de la Ciencia, conviene plantear situaciones en las que se requiera la aplicación de los contenidos que pretendan evaluarse. Ello se justifica por la exigencia al alumnado dar un paso más en la comprensión del trabajo que llevan a cabo en el aula.

Para la evaluación de la comprensión y de la expresión se sugiere que se recojan datos en las intervenciones de los alumnos durante las clases. Esta recomendación no debe distorsionar el desarrollo del trabajo de los estudiantes, por lo que lo más operativo es hacerla periódicamente y, sobre todo, cuando nuestro conocimiento sobre ellos sea suficientemente grande.

Es muy conveniente que la evaluación contribuya a que los alumnos adquieran hábitos que, como la búsqueda de información, son sumamente interesantes desde la perspectiva del trabajo científico. Para ello es necesario que el profesor tenga suficientemente sistematizado la forma de valorarlo.

Se indica que el principal instrumento de evaluación de actitudes es la observación directa de situaciones determinadas en que es más propicia su manifestación. Es necesario que la dinámica de funcionamiento de la clase permita una cierta autonomía en el trabajo, a la vez que el profesor les de la importancia que estos contenidos poseen.

La evaluación del trabajo en grupo puede realizarse haciendo observaciones durante las actividades. Debe estar encaminada a detectar si se desarrolla una tarea, si se respetan las opiniones ajenas, si se acepta la disciplina, si participan en los debates, etc. Gracias a ella es posible la valoración de algunos contenidos no-conceptuales, muy difíciles de evaluar de otra manera; pero, además, resulta decisiva en cuanto a que marca la propia dinámica de funcionamiento del aula.

Otro elemento fundamental sugerido para la recogida de información es el cuaderno de trabajo del alumno. En él deben quedar reflejadas muchas de las situaciones de aprendizaje. La revisión del mismo deberá realizarse periódicamente, sobre todo al principio. Su evaluación, nos parece decisiva si queremos lograr que se acostumbre a describir, anotar, recoger, sintetizar, etc. toda la información generada por su propio trabajo.

Conviene también realizar pruebas de lápiz y papel, teniendo en cuenta que constituyen sólo un elemento más en el proceso de evaluación. En función de estas indicaciones, entendemos que es necesario asumir la realidad del aula -en la que hay un gran número de alumnos- y considerar que la evaluación ha de ser lo más completa posible. Nos parece que esas pruebas son un elemento útil para disponer de una información que, de otra manera, sería muy difícil de obtener.

Por último, resulta fundamental que las pruebas, los cuadernos y los trabajos que se realicen se devuelvan corregidos lo antes posible. No se debe dejar de valorar todo lo positivo pues, como se sabe, una de las principales motivaciones de las personas es el éxito en la tarea. Hay que recordar que los alumnos agradecen mucho que el profesor corrija con diligencia las tareas que se les piden, ya que ven en ello un interés que suele ser muy conveniente para lograr un buen ambiente de trabajo en el aula.

Respecto a los momentos de la evaluación

Cualquiera de las actividades realizadas en clase puede ser evaluada; de esta manera los alumnos se acostumbran a que el trabajo que realizan cada día es parte del proceso de evaluación continua. El alumno no considera aquello que no se evalúa, por lo que resulta bastante infructuoso e, incluso, contraproducente pedirle la realización de tareas que luego no le van a servir para lograr -no lo olvidemos- su principal objetivo: aprobar la asignatura.

Se propone la realización de una evaluación inicial del alumno al principio de curso. Ésta no es sólo para que el profesor disponga de una importante información que le pueda servir para la planificación de su enseñanza, sino que, además, es un magnífico instrumento para que ellos asuman lo que han aprendido a lo largo del proceso y vean la importancia de las tareas que están llevando a cabo.

Se dice que se desarrolle a lo largo de todo el proceso de aprendizaje, no pudiendo asignarle una temporalización concreta. Consideramos que, aunque haya ciertos momentos en los que ésta ha de ser llevada a cabo, es fundamental que la verdadera evaluación, basada en su carácter formativo, ha de ser potenciada desde todos los resortes de los que disponga el profesor y llevada a cabo a lo largo de todo el proceso. Lograremos con ello que los alumnos la contemplen como una parte no sancionadora del proceso de aprendizaje y que a su vez asuman la importancia de la misma; para ello nada mejor que fomentar su implicación y diversificar los instrumentos de recogida de información, haciéndolos lo más habituales posibles.

C.1.3.2.- La enseñanza y el aprendizaje en las Ciencias Experimentales

En este apartado vamos a exponer algunas contribuciones de otros autores y opiniones propias que definen el marco general de creencias donde se sitúa nuestra investigación. Como ya dijimos iremos de lo general (la propia Ciencia) hasta lo particular (hallazgos en la enseñanza y aprendizaje de las Ondas, en general, y el Sonido y la Luz, en particular)

Ciencia de los científicos y Ciencia escolar

Un referente fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias es su propia naturaleza. Aunque algunos tratan aún de definirla (Gilbert, 1991), podríamos caracterizarla por un conjunto de conceptos, principios, teorías,... y por unos métodos de trabajo que sustentan la construcción del conocimiento y su evolución. No obstante, en esta breve consideración subyacen aspectos de gran relevancia didáctica.

En efecto, cuando hablamos de conceptos, estamos asumiendo implícitamente que la creación de los mismos por los científicos tiene unas determinadas características:

- surgen ante la necesidad de estudiar "algo" o de dar una respuesta a un interrogante previamente planteado; si no se hubieran necesitado, no se habrían creado.
- son construcciones artificiales, con sus reglas y algoritmos matemáticos, que no tienen una existencia real o palpable.
- no siempre el punto de partida ha sido un fenómeno natural o experimental sino que la evolución de la Ciencia Teórica (más avanzada que la Ciencia Aplicada) ha exigido también la introducción de algunos de ellos.
- aparecen siempre contextualizados entorno a una problemática, lo que impide su "aislamiento" del resto de los conocimientos; de ahí que hablemos de conceptos relacionados o de estructuras conceptuales.
- y, desde luego, los científicos tratan de rentabilizar al máximo sus posibilidades, dando una dimensión especial a la transferencia de los mismos a situaciones próximas o para la resolución de nuevos problemas...

Estos elementos (utilidad, artificialidad, vinculación teórico-experimental, contextualización y transferencia) son muy importantes a considerar en cualquier propuesta de enseñanza que diga fundamentarse en la naturaleza del conocimiento científico. La conceptualización en la Ciencia no ha sido caprichosa o circunstancial. En consecuencia, parecen contradictorias o poco coherente actuaciones como:

- una introducción de los conceptos de cara a los alumnos que ignore qué aportan, por qué son necesarios, qué tratan de solucionar,...
- la tendencia a utilizarlos como algo tangible o sustancial que tienen los objetos o los cuerpos o a identificarlos con acepciones del lenguaje cotidiano
- la presentación de estos como pequeñas construcciones independientes que van salpicando las diferentes lecciones que deben abordarse en un curso académico; de esta manera el alumno tiende a atomizar los contenidos que debe aprender
- la creencia de que la transferencia no va más allá de la realización de algunos ejercicios y actividades de escasa utilidad en el mundo extraescolar...

Pero, aceptar nuestra primera afirmación sobre lo que es la Ciencia, también implica que consideremos que no es concebible pensar en ella sin una serie de procesos, habilidades, técnicas y estrategias que han posibilitado su identidad y sus logros. Esto implica aceptar que:

- tan importante ha sido para los científicos el desarrollo de los conocimientos conceptuales como el de los procedimentales.
- los procesos de construcción del conocimiento no se han basado exclusivamente en la observación de la naturaleza y en la inducción experimental de leyes fenomenológicas; existen otros procedimientos que podríamos considerar bastante más significativos y relevantes.
- los marcos teóricos de las Ciencias no han sido independientes de los métodos de trabajo con los que se iba construyendo el conocimiento.
- la metodología de trabajo de los científicos no ha sido innata sino que se ha desarrollado paralelamente a la resolución de los interrogantes y problemas que han ido resolviendo; podría hablarse de una evolución de métodos...

También estos elementos (papel de los procedimientos, variedad, relación teoría-práctica y evolución metodológica) pueden tener una gran repercusión en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Parece ilógico, si vamos a utilizar la Ciencia como marco de referencia de la actividad docente:

- no considerar la adquisición de conocimientos sobre la metodología de las Ciencias como un objetivo intencionado en la educación científica o limitarlo a alguna referencia anecdótica que debe estudiarse teóricamente, pero no practicarse.
- creer que la observación y las destrezas manipulativas son los únicos procedimientos que la Ciencia utiliza para su evolución.
- separar, como entidades independientes, el llamado trabajo teórico del práctico; esto hace difícil el establecimiento de relaciones significativas por parte de los alumnos
- pensar que los procesos se tienen o se "adquieren con la práctica", como si los conocimientos se aprendieran sin estudiarlos.

Por lo tanto, el modelo de enseñanza que tradicionalmente se ha proyectado en la institución escolar no tiene mucho que ver ni con las "formas" ni el "fondo" de las Ciencias. En este contexto, algunos defendieron que el modo de hacer ciencia de los científicos debía reproducirse a la hora de trabajar en el aula con los alumnos. La idea de repetir las condiciones en que se produjo la construcción del conocimiento para garantizar el aprendizaje de los estudiantes tenía una lógica -discutible obviamente- y suponía un avance respecto a concepciones menos reflexivas; además, se utilizaba la materia objeto de enseñanza como fundamento metodológico, frente a modelos exclusivamente psicologistas... Sin embargo, participando de la crítica hacia las formas con las que suelen llevarse las Ciencias al aula, creemos que hay unos factores fundamentales que no deben ser ignorados: las diferencias entre los conocimientos, los desarrollos cognitivos, los entornos socioambientales,... de los científicos y de los alumnos.

Compartimos con Jiménez (1991) que hay elementos que no se pueden confundir: la Ciencia de los científicos está por descubrir y la de los estudiantes ya está bastante elaborada (por lo menos en los niveles de enseñanza obligatoria); los primeros han elegido esta dedicación profesional mientras que los segundos no lo han hecho (estamos "obligándolos" a estudiar algo que a priori no es voluntario); los científicos suelen especializarse y no tienen "otras materias" que trabajar, y los alumnos deben compartir su dedicación con otras disciplinas curriculares que no tienen puntos de encuentro con ésta; ...

No obstante, Burbules y Linn (1991) realizan una fundamentada invitación a orientar el trabajo del aula como una investigación. Sostienen los autores que existen similitudes importantes entre la investigación científica y el aprendizaje de las Ciencias, insistiendo en que los alumnos deben ser considerados como una comunidad de investigadores; en este sentido, el profesor actuaría dando orientaciones como se hace con un investigador novel.

Nosotros creemos necesario establecer una diferenciación entre la Ciencia de los científicos y la Ciencia de los alumnos. Ahora bien, aunque no puedan identificarse, ni por las características de las personas implicadas ni por la propia naturaleza de la disciplina objeto de estudio, siempre tendrán unos referentes comunes que hay que considerar.

Así, Hodson (1986) alude a la necesidad de una mayor reflexión del profesorado sobre la Filosofía de las Ciencias por la importancia que tiene para la acción docente. Destaca que la mayoría de los profesores ponen mayor énfasis en los objetivos de adquisición de conocimientos que en los referidos a la comprensión de la naturaleza de los procesos científicos o al desarrollo de actitudes, lo que supone una visión contradictoria con la ciencia que tratan de enseñar. Además realiza unas reflexiones de gran trascendencia metodológica: la observación depende de las percepciones sensoriales que no siempre son fiables; aquella depende de la teoría y, sólo a veces, la teoría de la observación; el conocimiento científico tiene un status temporal; la inducción es inadecuada para la "caracterización" de la metodología científica,... , temas en los que detendremos más adelante. También Matthews (1994b) se ha referido al papel de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias y a la necesidad de su inclusión en los programas de formación del profesorado (entre otros).

En otros trabajos, Hodson (1988; 1992; 1993) profundiza en el significado de la relación existente entre la naturaleza de la Ciencia y el aprendizaje, rechazando lo que denomina una visión simplista de la práctica científica, bastante habitual -según el autor- en los profesores de estas materias. Defiende la importancia, por ejemplo, de la emisión de hipótesis en el proceso de construcción del conocimiento científico y lo contrasta con la escasa presencia de este tipo de contenido en el marco escolar. De esta manera, si presentar una imagen coherente de las Ciencias es un objetivo de enseñanza, los alumnos deben aprender en situaciones más cercanas a las investigaciones científicas y lógicamente con estrategias que faciliten la participación reflexiva desde dentro del proceso.

Por lo tanto, el hecho de mantener a la Ciencia como paradigma de referencia lleva implícito una serie de consideraciones para "adaptarla" al hecho de aprender. Otero (1989) realiza una reflexión sobre lo que denomina Ciencia pública y Ciencia privada para distinguir lo que es el contexto de descubrimiento y el de justificación, y añade que las estructuras conceptuales que tratamos de transmitir están centradas en las conclusiones y no en el proceso en el que fueron creadas.

Ahora bien, esto no implica en modo alguno la necesidad de un redescubrimiento autónomo de sus conocimientos por parte de los alumnos (Solomon, 1988; Hodson, 1990; Gil, 1993) por varios motivos. En primer lugar, porque resulta contradictorio con la evolución de la Ciencia (Lakatos, 1983; Hodson, 1986; Gil, 1986; López, 1990; Niaz, 1994). En segundo lugar, porque pensamos que la rentabilidad de cara al aprendizaje o al desarrollo de determinadas capacidades no compensarían el tiempo dedicado a esta tarea. Y, en tercer lugar, porque el estudiante demanda una cierta seguridad -"tener claras algunas ideas"- en el proceso de construcción del conocimiento que le permitan avanzar con algunas garantías; esto no suele ocurrir en propuestas metodológicas en las que debe "actuar como un científico" cuando evidentemente no lo es. La consecuencia de todo ello suele ser el desencanto por no llegar a nada y el aburrimiento al aplicar siempre las mismas estrategias intuitivas porque no conocen otras.

Gil (1994), a partir de un análisis realizado sobre el momento actual de la Didáctica de las Ciencias, nos habla de unas concepciones espontáneas sobre la Ciencia como obstáculos fundamentales para su enseñanza. En concreto, alude a la visión empirista y atórica, a la rígida, a la aproblemática y ahistórica, a la exclusivamente analítica, a la acumulativa y lineal, a la elitista, a la del sentido común, a la individualista y a la socialmente neutra. Parece como si las creencias de un ciudadano cualquiera no presentaran diferencias significativas con las de unos profesionales que, en principio, han tenido acceso a una formación específica en el campo científico...

Sin embargo, Barrón (1993) defiende que no habría que confundir las aplicaciones inadecuadas (empirismo, elemento comprobatorio, ensayo y error, reduccionismo cientísta, individualismo y mecanicismo) con el aprendizaje por descubrimiento. Así, el autor enumera una serie de principios que respaldan dicha afirmación: existe una potencialidad natural para producir descubrimiento; el resultado es una construcción intrapsíquica novedosa; el punto de partida es la identificación de un problema y se desarrolla con su propia resolución; encuentra su centro en la comprobación de conjeturas; debe ser autorregulada y creativa; va asociada a la producción de errores; es consustancial con la mediación sociocultural; inversamente proporcional al grado de predeterminación; y puede ser promovido pedagógicamente.

También parece interesante resaltar la poca coherencia que tienen los planteamientos metodológicos que presentan una ciencia acabada y sin fisuras. Habría que recordar que conceptos tan "comunes" como Energía (Warren, 1982; 1986; Solomon, 1986; Hierrezuelo, 1986; 1987; Michinel y D'Alessandro, 1994), Fuerza centrípeta (Casadella y Bibiloni, 1985), Calor (Sevilla, 1986; Fernández, 1986; Hierrezuelo y otros, 1986; Vázquez, 1987; Michinel y D'Alessandro, 1994), Masa (Zalamea y Paris, 1992; Domenech, 1992) o ión (Galache y otros, 1991; Galache y Camacho, 1992) son discutidos científicamente por investigadores y especialistas. Esto avalaría la idea de que estamos hablando de concepciones complejas, que no son "tan evidentes" y que es necesario una clarificación científica, en algunos casos entre los propios profesores. Sin embargo, la constatación de todas estas dificultades son

obviadas muchas veces, tanto en la elaboración del currículum oficial por sus diseñadores como en su puesta en práctica por el profesorado en las aulas de educación obligatoria.

Por otro lado, se ha demostrado un cierto paralelismo entre la evolución de algunas concepciones históricas equivocadas y el pensamiento de los alumnos (Driver, 1985; 1988; Sequeiro y Leite, 1991; Mellado y Carracedo, 1993;...). Así suelen aparecer en los razonamientos e interpretaciones de los estudiantes creencias newtonianas en la relación fuerza-movimiento (Saltiel y Viennot, 1985; Azcárate y otros, 1988; Hewson, 1990), las ideas del calórico (Cervantes, 1987; Pessoa y Castro, 1992; Michinel y D'Alessandro, 1994), la continuidad de la materia (Gentil y otros, 1989),... condicionando de forma significativa sus aprendizajes; llama la atención que estas circunstancias no sean constatadas muchas veces por los propios profesores...

También ha llamado la atención de algunos investigadores la utilización de los modelos interpretativos en la enseñanza (Joshua, 1986; Izquierdo, 1988; Meheut y otros, 1988; Beléndez y otros, 1989; Castro, 1992). Al respecto habría que recordar que la utilidad de un modelo en las Ciencias ha estado avalada por unos conocimientos y necesidades previas, una consistencia y estabilidad temporal, y unas posibilidades de explicación de fenómenos. Desde este punto de vista, la inclusión de los mismos como contenido objeto de aprendizaje deberá estar justificada por unas capacidades cognitivas del que aprende, por una construcción escalonada de los mismos y por unas situaciones donde el alumno perciba la factibilidad de su transferencia; en este contexto, no nos parecen adecuados los modelos analógicos (Ruben y Andrade, 1990; Dupin y Joshua, 1990).

La utilización de la Historia de las Ciencias ha sido defendido por Gagliardi (1988) para la determinación de los obstáculos epistemológicos, para la selección de contenidos, para la apreciación y control del conocimiento e, incluso, como apoyo de otras materias curriculares; en una postura menos favorable podríamos encontrar a Sánchez (1988). Nosotros creemos que hay hechos de la Historia de las Ciencias que resultan interesantes para que nos recuerden que la superación de los errores o la creación de modelos no fueron automáticas; se precisaron discusiones entre científicos (es decir, entre iguales), nuevas aportaciones teóricas y experimentales, mayor profundización en los saberes ya existentes,...y por supuesto, un marco de trabajo favorecedor para la evolución de los conocimientos. Posiblemente estos aspectos se han ignorado de cara al diseño de unidades didácticas y en el trabajo de aula.

Dentro de esta tendencia a establecer paralelismos se trató de identificar el denominado "método científico" con el fin de adecuar las propuestas metodológicas a unas supuestas secuencias que la Ciencia utilizaba en la construcción del conocimiento. Numerosos autores se han referido a este tema en la literatura científica (Swartz, 1982; Gil, 1986; Lakatos, 1983; Aliberas y otros, 1989; Martin y otros, 1990;...). Al respecto habría que indicar que igual que no se puede generalizar el proceso de evolución de las Ciencias, parece imposible encontrar un método universal que garantice el aprendizaje de todos nuestros alumnos. Por lo tanto, habría que relativizar algunas afirmaciones que se realizan con demasiada rotundidad en la investigación didáctica.

En los últimos años están emergiendo iniciativas que pretenden, entre otras cosas, una ruptura del hermetismo académico de la Ciencia escolar. Resulta muy difícil romper la inercia de los profesores a "enseñar como les enseñaron"; de hecho el arraigo de determinadas creencias y estilos docentes pueden tener su origen en la transmisión histórica de una visión tendenciosa que afirma que no hay otras posibilidades para enseñar (Osborne y Freyberg, 1991). En este sentido, podría ser aconsejable incidir en la formación (inicial y permanente) del profesorado, más que para intentar trasladar una metodología similar a la de los científicos, para provocar una reflexión profesional sobre qué estamos enseñando, qué utilidad formativa tiene y qué otras alternativas o posibilidades tenemos en la enseñanza de nuestras materias.

Nos parece importante que se reconsidere un aspecto esencial: su papel en la construcción social (Layton y otros, 1986; Solomon, 1987; Hodson, 1987). Pensamos que modificar la visión de las Ciencias y del trabajo de los científicos pasa por no asumir su neutralidad en la vida diaria, con todas sus consecuencias (Catalán y Catany, 1986; Polo y López, 1987; Hodson, 1992). Desde esta perspectiva, su enseñanza no puede tener los mismos fundamentos y contenidos que hace cincuenta años porque tanto las Ciencias como el contexto sociocultural han cambiado.

Llaman la atención los resultados del trabajo de Aikenhead (1988) en el que pone de manifiesto que la influencia de la televisión sobre la percepción de los alumnos sobre estas disciplinas es mucho mayor que la de varios cursos de Ciencias. O los de Fleming (1988) en los que llega a la conclusión de que los estudiantes que no han terminado sus estudios tienen las mismas creencias respecto a las Ciencias que los que han acabado su formación básica... Pero resulta lógico si consideramos la desinformación bastante generalizada de los alumnos de estos niveles educativos en temas clave como: la naturaleza de los modelos, las influencias externas del conocimiento, los métodos

de trabajo de los científicos,... A esta situación no sólo ha contribuido la utilización de programas academicistas sino la imagen transmitida por los propios textos escolares (Solbes y Vilches, 1989) o la conducta del profesor (Lederman, 1986). Y no podemos obviar que estos aspectos tienen un potencial formativo tan fundamental que, por sí mismo, justificaría la inclusión de estas materias en la educación obligatoria (Sequeiro y Leite, 1991; Matthews, 1994b).

Solbes y Vilches (1992) inciden en las relaciones del enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad y el modelo constructivista que veremos más adelante. Según los autores, la Ciencia es una construcción social, es decir, un conjunto de ideas, modelos y teorías que interpretan una realidad y que, cuando no pueden explicar ciertos problemas son sustituidas por otras nuevas. Desde esta perspectiva, el aprendizaje de esta materia curricular debiera plantearse como un proceso de construcción humana sometido a ciertos condicionamientos, sociales y contextuales, que inciden en el que aprende.

En este sentido, nos parecen muy interesantes las aportaciones del movimiento C-T-S (Penick y Yager, 1986; Aikenhead, 1987; Aikenhead y otros, 1987; Solbes y Vilches, 1987; Fensham, 1988; Solomon, 1988; Ryan, 1990; Yager, 1990; Ben-Chaim y Zoller, 1991; McFadden, 1991; Bell y Pearson, 1992; Aikenhead y Ryan, 1992; Luffiego y otros, 1994; Vilches, 1994;...).

Rosenthal (1989) habla, incluso, de dos enfoques en estas interrelaciones C-T-S: el que se centra más en el tratamiento de los problemas sociales y el que da un predominio a los aspectos científicos; posiblemente el actual marco oficial y la especialización de los profesores haga más factible la segunda opción en nuestro sistema educativo. No obstante, la introducción de la C-T-S no ha sido defendida unánimemente frente a lo que se denomina "Ciencia auténtica" (Martin y otros, 1990)...

Contenidos del curriculum de Ciencias

Otro elemento que condiciona cualquier propuesta de aula es el curriculum oficial, aunque las finalidades atribuidas a la enseñanza de las Ciencias sean diferentes para los estudiantes y para sus profesores (McIntosh y Zeidler, 1988; Boyer y Tiberghiem, 1989). Nuestros alumnos no están en la Reforma pero hemos incorporado muchas de las innovaciones que aportan los nuevos programas de Ciencias. Recordemos que estos se dirigen a un período de educación obligatoria; por tanto, no tienen como finalidad la formación de futuros científicos aunque esta faceta difícilmente se considerará si se sigue manteniendo que "todos deben prepararse para la Selectividad"...

Si realmente estamos hablando de una formación básica para cualquier ciudadano, es necesario cuestionarse el curriculum tradicional y plantearse una educación científica útil para todos, que permita usar de forma consciente sus conocimientos, que favorezca el desarrollo de sus capacidades y que estimulen las consecuencias éticas del progreso (Caravita y otros, 1989). Estos aspectos han sido contemplados, por lo menos a nivel de declaración de intenciones, en los nuevos programas; habrá que ver cómo los traducen los profesores en el aula y en los centros.

Coincidimos con Hodson (1987) cuando afirma que, aunque los diseñadores curriculares no sean conscientes de ello, los programas oficiales están siempre determinados sociopolíticamente. De hecho, habla de la falacia de la "neutralidad técnica" del mismo y de las evidencias históricas de las influencias que los grupos dominantes han ejercido, concluyendo que "todas las propuestas en Ciencias representan una visión particular de la Ciencia, de la actividad científica y de la Sociedad". Por ello, desconfiamos de los planteamientos exclusivamente tecnológicos y con unas aparentes carencias ideológicas en la función docente...

Lucas (1990) propone algunos criterios de análisis de los currícula (conceptos de las Ciencias, procesos científicos, aplicaciones de las Ciencias, Ciencia y Sociedad, contribuciones al desarrollo personal, implicaciones en el proceso de clase y nuevas tecnologías); en todos los casos señala las áreas consiguientes de investigación con las que se encuentran estrechamente relacionadas. Al respecto habría que señalar que la aplicación de un instrumento similar a los nuevos programas podría definir las necesidades de formación (inicial y permanente) del profesorado que creemos muy alejadas del marco actual (Krajcik y Penick, 1989; Sáez, 1990).

Se han realizado estudios relevantes en algunos ámbitos de la elaboración del curriculum; particularmente extendidos están las aportaciones sobre la existencia de una Educación sexista en muchos de ellos, lo que se traduce en una potencial discriminación académica y social (Erikson y Erikson, 1984; Whyte, 1986; Kelly, 1987; Sahuquillo y otros, 1993; Susi, 1994;...).

Pero hay otros que tratan de clarificar las consecuencias de la utilización de un determinado modelo o paradigma como punto de referencia en el diseño curricular. Así, sobre un curriculum piagetiano encontramos los trabajos de Shayer y Adey (1984), Abraham y Remer (1986),...; sobre aquellos con fundamentos constructivistas podríamos mencionar los de Driver (1988), Hodson (1987), Segura y Molina (1991),...; o sobre los currícula de ciencia integrada los de Guerra (1984), Frey (1989), Borrut y otros (1992),...

Dejando a un lado estas consideraciones y analizando los objetivos generales del Área de Ciencias para la Educación Secundaria (MEC, 1989), podemos encontrar, como ya dijimos en el apartado anterior, declaraciones importantes:

- comprender y expresar mensajes científicos sencillos utilizando el lenguaje oral y escrito...
- utilizar los conceptos básicos de las Ciencias... valorar desarrollos y aplicaciones tecnológicas...
- aplicar estrategias, coherentes con los procedimientos de la Ciencia, en la resolución de problemas: identificación, formulación de hipótesis, diseño de actividades para contrastarlas,...
- participar en la planificación y realización en equipos de actividades científicas...
- elaborar criterios personales y razonados... mediante el contraste y evaluación de informaciones obtenidas de distintas fuentes
- utilizar sus conocimientos... para disfrutar del medio natural...
- reconocer y valorar las aportaciones de la Ciencia para la mejora de la existencia de los seres humanos,... y adoptar una actitud crítica y fundamental ante los problemas que plantean las relaciones Ciencia y Sociedad.
- valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción...

Aunque se van realizando análisis de los nuevos programas (Baradiaran, 1988; Caamaño, 1988; Lucas, 1990; del Carmen, 1990; García, 1992;...) y a pesar de que más adelante incidiremos en el estudio del curriculum de forma detallada, podemos adelantar que la lectura detenida de los objetivos mencionados implican cambios en las creencias y en las concepciones que muchos profesores tienen sobre la enseñanza de las Ciencias y, desde luego, modificaciones profundas en el ámbito metodológico (coordinación entre los programas, tipo de actividades, roles del profesor y de los alumnos, papel de la evaluación...). Si bien estas transformaciones eran demandadas, con o sin Reforma, la institucionalización del cambio curricular debe hacer aún más generalizado el proceso.

Brincones y otros (1986) identificaron los comportamientos deseables del profesorado de Ciencias. Creemos que cualquier cambio en los currícula oficiales debe considerar dos elementos fundamentales: un diagnóstico exhaustivo de la base que lo sustenta (profesores, alumnos, centros, dificultades, logros,...) y una cualificación del profesorado en la innovación e investigación didáctica que haga comprensible dicha transformación educativa. Desde esta perspectiva, resulta prioritario un conocimiento institucional sobre el punto de partida de la Reforma y, por supuesto, una sensibilización y actualización de los profesionales que van a llevarla al aula. Parece que los esfuerzos realizados hasta estos momentos se han centrado más en la "modificación técnica" de los programas que en una mejora general de la formación de los profesores en ejercicio, tanto científica como didáctica; olvidando que probablemente sea más fácil un cambio profundo en la enseñanza de las Ciencias cuanto mayor sea la capacitación profesional de los docentes.

Otra aportación importante se refiere a los contenidos objeto de enseñanza. El fracaso de los que estaban vigentes había sido ya puesto de manifiesto (Segura, 1991) y, en el nuevo marco institucional, se hace un claro esfuerzo por modificar, incluso, la forma de presentarlos; así se habla de conceptuales, procedimentales y actitudinales.

La importancia de los contenidos ha sido defendida por Coll y otros (1987) en base a tres argumentos: el concepto mismo de la Educación, la interpretación que se hace del aprendizaje escolar desde los postulados de la psicología cognitiva y la percepción de que el proceso de construcción se lleva a cabo en un contexto de relaciones interpersonales en torno al objeto de conocimiento. La ampliación del concepto de contenido favorece una

clarificación sobre qué debemos enseñar; hay que añadir al respecto que la presencia de esta asignatura en el currículum de la enseñanza obligatoria de un ciudadano se justifica por los valores formativos que tienen todos ellos y no sólo los conceptuales... (Hodson, 1986).

El énfasis en la materia a enseñar (enfoque logocéntrico) frente a formulaciones "más pedagógicas" se había asociado en cierto modo a un planteamiento tradicional de la enseñanza.. En nuestro caso, no es así y creemos que es necesario evidenciar estos elementos de gran trascendencia para las futuras unidades didácticas; no se puede olvidar en qué habían derivado las formulaciones de los anteriores contenidos, mucho más genéricos pero insuficientes para el profesorado que identificaban el currículum oficial con los libros de texto.

Sobre los contenidos conceptuales hay numerosas aportaciones en la literatura científica. Se ha llamado la atención sobre el hecho de que los mismos no son independientes y que lógicamente deben aparecer, como dijimos, interrelacionados (estructuras conceptuales); de ahí el desarrollo de los mapas de conceptos, que tratan de representar las relaciones significativas de conceptos en forma de proposiciones (Novak y Gowin, 1988). Son muchos los ámbitos en los que se ha utilizado esta técnica de comunicación como aparece en el Cuadro 1.4

Ambitos de utilización	Autores
Exploración de las ideas de los alumnos	(Nieda y otros, 1985; Cubero, 1987; Gómez y otros, 1992;...),
Recurso didáctico en el aprendizaje de las Ciencias	(Takeco, 1984; López, 1991; Novak, 1991;...),
Guía de una explicación o esquema para desarrollar alguna exposición	(Novak, 1988)
Representación simbólica de conocimientos científicos	(Moreira, 1990; Brosseau y Viard, 1992; Valente y Neto, 1992; Meneses y Caballero, 1993;...)
Técnica de selección y secuenciación de contenidos curriculares	(Perales, 1990)
Instrumento para la investigación	(González, 1992).
etc.	

Cuadro 1.4

Otras técnicas tienen fundamentos similares (Joshua, 1986; Perales, 1987); habría que señalar las redes conceptuales (Galagovsky, 1993; Galagovsky y Ciliberti, 1994; Raviolo y Andrade, 1994) pero están menos extendidas.

A pesar de que se ha avanzado en la clarificación, la ambigüedad con la que son contemplados los contenidos conceptuales en los nuevos programas permiten y exigen a los Seminarios y a los Centros una identificación, una delimitación y una secuenciación de los que se van a enseñar. Pensamos que obviamente deberían seleccionarse a partir de la relevancia científica y didáctica de los mismos. Esto exige, en primer lugar, un buen conocimiento de la materia en cuestión y una actualización científica permanente; y, en segundo lugar, que se compartan y se discutan los conocimientos entre los profesores ya que parecen cada vez más evidentes las discrepancias científicas de los que enseñan.

Otro de los tipos de contenidos que aparecen en el nuevo currículum son los procedimentales. Habría que indicar previamente que no deben confundirse con actividades de enseñanza; de manera que son contenidos que deben de aprenderse con independencia de cómo se haga. Así, aparecen algunos elementales como observación de hechos y fenómenos, clasificación de objetos y sistemas, mediciones,... y otros de mayor complejidad como identificación de problemas, control y exclusión de variables, diseño de experiencias, emisión de hipótesis,... (Millar y Driver, 1987).

Para provocar realmente un aprendizaje de los mismos, habrá que contemplarlos en las propuestas didácticas con una presencia significativa. Es difícil mantener que los procedimientos se aprenden de forma poco intencionada, que casi son "innatos" o que requieren de esfuerzos relativos. Sin duda, hay que dedicarles tiempo, a costa posiblemente de no incidir en otros contenidos y, desde luego, demandan acciones continuadas y reflexivas; piénsese

que no sólo se trata de incluirlos en una secuencia de enseñanza sino que hay que hacerlo escalonadamente pues, igual que en los conceptuales, los hay con distintos grados de complejidad cognitiva.

Pero probablemente también nos equivocaríamos tratando de elaborar un currículum centrado en los procedimientos. Según Caamaño (1988), en un enfoque de estas características subyacen una serie de ideas bastante discutibles: los procesos con los que trabajan los científicos son fácilmente identificables, resultan independientes o aislables de los desarrollos conceptuales de las Ciencias y son trasladables al aula con nuestros alumnos. Estos autores muestran la inexistencia del denominado "método científico", rechazan la visión empirista inherente, se refieren a la imposibilidad de enseñar habilidades descontextualizándolas de los otros contenidos y señalan los condicionamientos derivados de las ideas previas de los alumnos (lógicamente diferentes a las de los científicos). En nuestro ámbito educativo, habría que añadir la escasa tradición de este planteamiento que realmente complicaría en exceso la elaboración del currículum, tanto por las características de los profesores como de los alumnos.

Hay aportaciones importantes respecto a la identificación de los contenidos procedimentales en una secuencia de enseñanza o en materiales de aprendizaje. Así, Klopfer (1978), Caamaño (1988); Palacios y otros (1989), Tamir y García (1992), Coll y otros (1992), Sevilla (1994), Lawson (1994)... han aportado distintas clasificaciones que han ayudado a una mayor clarificación de los mismos; de esta manera se puede hablar de estrategias de aprendizaje, de habilidades, de destrezas,... e, incluso, de metaconocimiento.

En menor medida, estarían las contribuciones en cuanto a la secuenciación de los mismos en el currículum en función de su complejidad (Shayer y Adey, 1984; Gutiérrez y Rodríguez, 1987), de su lógica científica (Quílez y Llopis, 1990; Seoane, 1991) o de ambos (Sánchez y Valcárcel, 1993).

Sin embargo, nos parece muy interesante la aportación de la técnica denominada V de Gowin pues representa, de forma simbólica, las relaciones entre los marcos conceptual y procedimental (Novak y Gowin, 1988). Aunque menos difundida y desarrollada que los mapas conceptuales, también puede utilizarse para explorar las ideas de los alumnos, como recurso didáctico de gran utilidad en trabajos prácticos, como técnica de análisis de materiales curriculares,...(Bascones, 1989; Novak, 1991). Supone un elemento de comunicación y de visualización de dos ámbitos que, tanto desde un punto de vista epistemológico como psicológico, están interrelacionados (Pozo, 1987).

Hay otras consideraciones en la literatura científica como que la inclusión de los contenidos procedimentales permite la familiarización de los estudiantes con las formas de trabajo de los científicos (Bastida y otros, 1990), otros trabajos que demuestran que se fomenta el desarrollo de la autonomía favoreciendo paralelamente un mayor dominio de las estrategias de aprendizaje (Dumon, 1992) y algunos que establecen una relación directa entre los procesos de la Ciencia y el desarrollo evolutivo del alumno (Palacios y otros, 1989).

En cualquier caso, la formulación de este tipo de contenidos en el currículum oficial también permite, como en los conceptuales, la elaboración de muy variadas propuestas en función de las decisiones de los profesores y de las características de los alumnos. Creemos que la inclusión intencionada de este tipo de contenidos puede ser un elemento que facilite el cambio metodológico que se demanda en la investigación.

Por último, aparecen los contenidos actitudinales. Asociados tradicionalmente al ámbito afectivo, su inclusión en el campo cognoscitivo pudiera ser considerado como "un elemento extraño" en relación con las características de los contenidos anteriores; por ejemplo, está por demostrar la posible jerarquía de dificultades que resaltábamos en los conceptuales y en los procedimentales. Pero el principal obstáculo que ha venido arrastrando proviene de que muchas veces no sabemos a qué nos estamos refiriendo cuando se utiliza este término.

Tampoco la literatura científica ha ayudado en exceso. Así, los enfoques funcionalistas o conductistas no han tenido el desarrollo que inicialmente se presumía; unas veces por carecer de técnicas adecuadas para su estudio y otras por ser modelos que no han sido capaces de explicar determinados hechos de la conducta humana (Ortega, 1986). Nosotros hemos asumido el modelo de Fishbein y Ajzen como referente o punto de partida de este tipo de contenidos (Escámez, 1986; Koballa, 1988). Soler (1986) ha realizado una revisión bibliográfica muy interesante.

Desde esta perspectiva, podemos distinguir tres ámbitos: las actitudes ante las Ciencias y los descubrimientos de los científicos, las actitudes científicas en el desarrollo de un proceso de aprendizaje y las actitudes respecto a las asignaturas del currículum. Como se puede apreciar la primera acepción estaría próxima al conocimiento derivado de C-T-S; la segunda estaría muy vinculada a los contenidos procedimentales; y la tercera a la forma de desarrollarse unas materias en el aula. Parece ser que no tiene por qué existir una relación significativa entre ellas pero existe un denominador común: la dependencia con componentes cognoscitivos y experienciales; es decir, la adquisición de

actitudes no se debe a la casualidad sino que depende del conocimiento en su sentido más amplio. Más atomizada es la clasificación que utiliza Caamaño (1988) en el análisis del curriculum.

Se han realizado contribuciones interesantes en los tres ámbitos. Así podemos verlo en el Cuadro 1.5:

Temática investigada	Autores
Percepciones del alumno sobre sus profesores, sus clases y la vida de los científicos	Yager y Yager (1985)
Relaciones existentes entre variables sociales y las actitudes hacia la Ciencia en adolescentes	Talton y Simpson (1986)
Relaciones entre las percepciones de los alumnos de sus clases de Ciencias, sus profesores y la valoración de los hallazgos científicos	Yager y Penich (1986)
Relaciones entre varias variables y las percepciones de los estudiantes respecto a la Ciencia, a su enseñanza y a sus resultados académicos	Schibecci (1986) y Schibecci y Riley (1986)
Imagen de las asignaturas de Ciencias	Arana y otros (1987)
Control social como factor para el cambio curricular	Hodson (1987)
Importancia de las actitudes de los alumnos y su evolución en el tiempo	Serrano (1988)
Visión del mundo que encubren los profesores en su enseñanza	Proper y otros (1988)
Características de los alumnos universitarios y tipo de estudios	Escudero (1989)
Percepciones de los estudiantes sobre "profesores ejemplares"	Fraser y Tobin (1989)
Influencia de las actitudes en los conflictos planteados	Dreyfus y otros (1990)
Evaluación de los valores	Fontes (1990)
Preferencias de diferentes estrategias didácticas en función de características motivacionales	Martín y Kempa (1991)
Actitud hacia la Ciencia y las asignaturas pendientes	Espinosa y Román (1991)
Imagen de la Ciencia y de los científicos por los estudiantes	Solbes y Vilches (1992)
Diseño de una escala de actitudes	Ortega y otros (1992)
Influencia del sexo, del período de permanencia en un centro universitario y de otras variables	Espinosa y Román (1995)
Motivación hacia la Química	De Morán y otros (1995)
etc.	

Cuadro 1.5

Quisiéramos resaltar el trabajo de Simpson y Oliver (1990); han realizado un análisis de las contribuciones recogidas en la literatura científica sobre las actitudes hacia las asignaturas de Ciencias, llegando a que:

- cuanto más tiempo está el alumno en la institución escolar o más se adentra en el curso, resulta más negativa.
- no hay una dependencia clara de variables sociales; en algunos temas sí aparece con el sexo.
- están significativamente relacionadas las actitudes entre los compañeros; el clima de clase y el comportamiento de los profesores inciden de forma determinante en la creación de actitudes.
- el autoconcepto y la actitud hacia la materia condicionan significativamente el rendimiento académico.

Todos estos elementos nos llevan a valorar muy positivamente la inclusión de los contenidos actitudinales en el curriculum oficial. Sin embargo, la explicitación de los mismos en los nuevos programas y la propuesta

institucional de secuenciación nos parece que contradicen algunas de las conclusiones a las que hemos hecho referencia. Más adelante, insistiremos en estos temas...

Por último, nos gustaría señalar que las recomendaciones más generalizadas por los investigadores y especialistas en cuanto a la concepción del currículum insisten en que "abordar más contenidos no implica un mayor aprendizaje" (Linn, 1987). El dilema entre profundidad y amplitud enmascara otro más claro: aprender o perder el tiempo. Resulta fundamental, pues, acomodarse al alumno y no realizar una huida hacia adelante que sólo se justifica por dar una falsa imagen de eficacia.

Aprendizaje de los contenidos científicos

Uno de los fundamentos de cualquier modelo didáctico o secuencia de actividades es la concepción que se tiene sobre el aprendizaje de los contenidos científicos por parte de los alumnos. Así, el modelo tecnológico se basaba en los postulados de la psicología conductista (Zaki, 1978; Gutiérrez, 1989), el de los métodos activos en la psicología evolutiva (Abraham y Renner, 1986), el sistémico-investigativo en los de la psicología cognitiva (Cañal y Porlan, 1987; 1988),... En todos los casos los interrogantes centrales han sido: ¿cómo se produce el aprendizaje?, ¿qué características lo condicionan? y ¿qué consecuencias se derivan para la enseñanza?

Obviamente las respuestas a estas cuestiones no son fáciles y, en estos momentos, tampoco son definitivas. Ahora bien, si hay una teoría arraigada actualmente en la Didáctica de las Ciencias Experimentales es la concepción constructivista. El origen de este marco teórico-habría que buscarlo en la proliferación de estudios e investigaciones sobre las ideas que tenían los alumnos y que condicionaban su proceso de aprender (Driver y otros, 1989; Hierrezuelo y Montero, 1988; Osborne y Freyberg, 1991;...). El análisis de las mismas llevaba, según Driver (1986; 1988) a caracterizarlas de la siguiente manera:

- hay ideas que se repiten en diferentes medios y edades.
- las ideas tienen un soporte lingüístico y comunicativo.
- las ideas de los estudiantes son esquemas activos, que tienen una coherencia singular y presentan una gran resistencia al cambio.
- el razonamiento está ligado a situaciones concretas.
- el tránsito del pensamiento perceptivo al conceptual no es automático.
- el sujeto atiende a las propiedades más que a las interacciones; y razona sobre estados cambiantes y no de equilibrio.

Otros autores, como Osborne y Wittrock (1985), en otro contexto, llegaban a afirmaciones de una gran importancia para la enseñanza, en general, y para las Ciencias en particular:

- lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene su importancia.
- encontrar sentido supone el establecimiento de relaciones (conocimientos declarativo, procesal y emocional).
- quien aprende construye activamente significados.
- los estudiantes son los responsables de sus aprendizajes.
- las personas generan percepciones y significados consistentes con su aprendizaje anterior.

Lo cierto es que existía una creencia compartida sobre el papel y la importancia de los conocimientos previos, la complejidad de la tarea de aprender comparándola con las capacidades del estudiante y el desajuste entre

el estilo de enseñanza y el que utiliza el alumno para aprender (Kempa, 1991). Si consideramos que la Educación implica un contexto de comunicación, habría que valorar de forma especial el lenguaje como vehículo del aprendizaje; en este sentido las interferencias entre el léxico cotidiano y la terminología científica condicionan de forma muy importante las concepciones de los estudiantes (Llorens y otros, 1987; Llorens y otros, 1989).

Las ideas previas permiten al ser humano predecir, controlar, explicar,... la realidad. El origen de las mismas no parecía único; unas tenían una gestación de tipo sensorial, otras derivaban del contexto sociocultural (lenguaje cotidiano, cultura de la imagen,...), y algunas eran propiciadas por los libros de texto o por los profesores,.. (Pozo y otros, 1991; Pozo, 1992); lógicamente, al no existir una unicausalidad, se complican las estrategias de resolución del problema.

En cualquier caso, exigía a los investigadores la indagación en los ámbitos del saber científico. Se ha investigado mucho las concepciones de los alumnos, como se puede comprobar en la recopilación de Driver y otros (1990). En nuestro contexto educativo también se han publicado muchos trabajos; podemos apreciarlo en los diferentes ámbitos de la Física y de la Química según aparece en el Cuadro 1.6.

Ámbito de investigación	Autores
- cinemática	Laburí y Carvalho (1992),...
- mecánica	Sebastiá (1984), Sanmartí y Casadella (1987), Domenech y otros (1987), Colombo y Cudmani (1988), Hierrezuelo y Molina (1988), Viennot (1989), Llorens y otros (1989); Acevedo (1989), Acevedo y otros (1989), Bullejos y Sampedro (1990), Hewson (1990), Vázquez (1990), Lahore (1991), Carrascosa y Gil (1992), Oñorbe y Sánchez (1992), García y Barrios, (1993),...
- estudio de los fluidos	Fernández (1985; 1987), Barral (1990),...
- energía	Hierrezuelo (1986), Sanjosé y otros (1989), Hierrezuelo y Molina (1990), De Posada y Prieto (1990), Hierrezuelo y Molina (1990), Villani y Pacca (1990); Gallastegui y Lorenzo (1993), Pérez y otros (1995),...
- calor y temperatura	García y Rodríguez (1985), Cervantes (1987), Fernández y otros (1988), Llorens y otros (1989), Vázquez (1990),...
- circuitos eléctricos	Acevedo (1989), Viennot (1989); Martín y otros (1989 a); Martín y otros (1989b), Varela y otros (1989), Andrés (1990), Ruiz y otros (1991), Sebastia (1993),...
- electricidad y magnetismo	Colombo y Fontdevilla (1990), Vázquez (1990), Meneses y Caballero (1995)...
- ondas y óptica	Perales y Nieves (1988; 1991), Vázquez (1990), Viennot y Kaminski (1991), Carrascosa y Gil (1992), Maurines (1992), Brosseau (1993),...
- estructura de la materia	Furió y Hernández (1983), Llorens (1988), Llorens y otros (1989), Gentil y otros (1989), Vázquez (1990), Lahore (1990), De Posada (1993), Mondelo y otros (1994),...
- naturaleza de las sustancias	Fernández y otros (1988), Prieto (1989), Valcárcel y Sánchez (1990), Miró y Llitjós (1991), Bardanca y otros (1993),...
- transformaciones químicas	Carbonell y Furió (1987), Bueso y otros (1988), Llorens y otros (1989), Lorenzo y Gallastegui (1989), Chastrette y Franco (1991),...
- concepto de mol	Vázquez (1990), Grupo Alkali (1990), Furió y otros (1993),...
- equilibrio químico	Furió y Ortiz (1983), Quílez y Sanjosé (1995),...
- etc.	

Cuadro 1.6

Como puede apreciarse la producción no deja muchos campos sin investigar; por lo menos, desde un punto de vista conceptual... No obstante, en la denominación de estas construcciones cognitivas no se ha utilizado un único término. Han sido llamadas preconcepciones, errores conceptuales, la ciencia de los niños, la ciencia del sentido común, esquemas alternativos, ideas previas, obstáculos de aprendizaje,... que no sólo encierran diferencias semánticas sino percepciones diferentes y, a veces, creencias muy alejadas sobre el tema (Jiménez y otros, 1994; García y Rodríguez, 1988); incluso, Gustavo (1987) las trató de interpretar según las corrientes psicológicas

(conductismo, Ausubel, Piaget;...). Como veremos, puntos de partida similares se han plasmado en secuencias de enseñanza diferentes.

Creemos que, en muchos casos, se ha identificado al constructivismo con el estudio de los conocimientos iniciales, lo cual ha distorsionado algunas percepciones sobre dicho modelo didáctico (Marín y Jiménez, 1992). En efecto, el conocer las ideas previas no son un fin en si mismo sino un punto de partida de cara a una intervención intencionada. Lo realmente sustancial no es identificarlas sino saber cómo se pueden trabajar para provocar o favorecer el aprendizaje de los alumnos (Clough y Driver, 1986). En este campo las contribuciones de la investigación están más limitadas; no obstante, parece compartirse la necesidad de que:

- el alumno reconozca sus ideas y las distinga de las de otros compañeros
- provocar un conflicto cognitivo puede ayudar a cambiar las ideas alternativas
- la nueva información tiene que ser útil para el que debe aprenderla
- el proceso de construcción de las nuevas ideas debe incluir la transferencia de los conocimientos en situaciones próximas
- hay que capacitar a los alumnos para aprender a aprender
- ... y los alumnos deben disponer de más tiempo para que se produzca el aprendizaje

Pero, además, creemos que hay un campo que no ha sido estudiado suficientemente: las ideas previas o concepciones alternativas de los propios profesores, tanto en el ámbito científico como didáctico (Hewson y Hewson, 1987; 1988; Tobin y Espinet, 1989; Zalamea y París, 1989; Viennot y Kaminski, 1991; Gil, 1991; Cronin, 1991; Briscoe, 1991; Lorschbach y otros, 1992; Gunstone y otros, 1993; Hernández, 1993; Vázquez, 1994;...). Pensamos que la existencia de estos esquemas y creencias constituyen unos factores de distorsión de la enseñanza de gran importancia por el efecto multiplicativo que tiene en cualquier sistema educativo; de ahí la relevancia de una revisión profunda de los programas de formación inicial y permanente del profesorado.

Aunque la mayoría de los estudios se han centrado en el diagnóstico sobre ideas aisladas, se va abriendo paso las investigaciones sobre conceptos relacionados o estructuras conceptuales (Otero, 1990). Este planteamiento resulta coherente con que los alumnos dispongan de unas teorías personales que tratamos de aproximar a las científicas, lógicamente "sin prisas" y favoreciendo que los alumnos valoren "los estados intermedios" (Hills, 1989); en términos de Giordan (1989), aprender con y contra las representaciones...

Pozo (1992) ha diferenciado las formas de estructuración del conocimiento de los científicos y de los estudiantes; entre ellas, resaltaríamos que los primeros buscan la verdad y los estudiantes la utilidad... Pero, además, el grado de implicación de ambos en la defensa de sus teorías son diferentes (distorsionadas, cambiantes, personales, espontáneas,... en los alumnos) y esto provoca que el conflicto puede no ser suficiente para el cambio conceptual, ni necesario, ni siquiera útil (Sebastiá, 1989); es más: es posible la existencia de concepciones aparentemente contradictorias que se utilizan según el contexto (Sebastiá, 1993).

Matthews (1994a), aún reconociendo sus grandes aportaciones, ha realizado una crítica a lo que denomina error epistemológico del constructivismo por considerar que conserva el paradigma aristotélico-empirista y que, al darse cuenta de este error, cambia hacia una epistemología relativista sin abandonar el mencionado marco teórico de referencia. Este trabajo tiene fundamentos teóricos muy interesantes.

Para producir un cambio conceptual es preciso modificar una serie de condicionamientos: el lenguaje, las formas de representación y el ámbito de aplicación (Aliberas y otros, 1989). Desde esta perspectiva, podemos hablar de unos conocimientos racionales pero modificables, criticables y ampliables. No parece coherente que los alumnos puedan alcanzar "de golpe" ideas o esquemas, científicamente correctos y definitivos, sino que irán consiguiendo unos aprendizajes que tienen utilidad, que sus ideas pueden ser susceptibles de evolución y que, desde luego, la admiten.

Ahora bien, todas las aportaciones sobre el aprendizaje no han girado en torno al constructivismo; otras de gran relevancia en el aprendizaje de las Ciencias han partido de los postulados ausubelianos (Novak, 1982). La interpretación de cómo se incorpora la nueva información a la estructura cognitiva del que aprende y los factores que

lo condicionan han hecho que, términos como aprendizaje significativo y memorístico, memoria a corto o a largo plazo, organizadores previos,... hayan sido incorporados al acervo de muchos trabajos e investigaciones.

En pocas palabras, el aprendizaje memorístico es aquél que puede memorizarse, a corto o largo plazo, pero que no establece relaciones con la estructura cognitiva del sujeto; Novak (1991) comenta que uno de los principales valedores de la memoria a corto plazo es la presión que el profesorado ejerce con los exámenes... Es, pues, necesario un aprendizaje distinto al meramente repetitivo de una información y olvidable en el tiempo; por ello, hay que dar paso a otro que se base en una comprensión de su significado, en la interpretación de la misma a partir de lo que sabemos y en la capacidad para transferirla a otras situaciones. Aprender pasaría a ser sinónimo de cambiar las ideas a partir de una interacción con la nueva información.

En este contexto, para aprender es preciso establecer relaciones; existen unos conceptos (inclusores) que son los generadores de los demás; es posible establecer una jerarquía conceptual,... Todo ello conduce a creer que; cuando una persona utiliza su conocimiento para generar nuevos aprendizajes, lo hace con estructuras conceptuales completas y con unas estrategias relacionadas con éstas. Esta dimensión no es antagónica con el constructivismo y pensamos que es un complemento para la interpretación de algo tan complejo como es el aprendizaje (Novak, 1988).

Además de las aportaciones mencionadas respecto a técnicas como los mapas de conceptos o la V de Gowin, se han realizado otras que han tratado de profundizar en el modelo (Gutiérrez, 1987), en analizar la relación existente entre las calificaciones académicas y el aprendizaje significativo (Vázquez, 1992) o la puesta en práctica y evaluación de un diseño instruccional que toma como referencia el paradigma ausubeliano (Gómez y otros, 1993)... Nos parece un salto de gran importancia el desarrollo de un modelo interpretativo de cómo se produce el aprendizaje y, en éste, que se incida en que un verdadero aprendizaje (significativo) sólo ocurre si tiene relevancia personal para el que aprende (Pope y Scott, 1983).

Aunque, con una menor producción de trabajos, siguen realizándose estudios e investigaciones que toman como marco de referencia la psicología de Piaget. Así, podemos encontrar varios que utilizan las conocidas Tareas Razonadas de Shayer y Adey (Hierrezuelo y Molina, 1988; Saura y otros, 1989;...) u otros instrumentos con intenciones similares (López y otros, 1986; 1987; Braga, 1987; Palacios y otros, 1989;...). No obstante, algunos no ven claras las diferencias paradigmáticas con los postulados constructivistas (López, 1990).

La devaluación de las teorías piagetianas ha sido criticada vehementemente por Marín (1992) pero, sobre todo, contrasta con los resultados obtenidos en muchas de estas investigaciones. Así se pone de manifiesto, por ejemplo, en el Cuadro 1.7.

Temática investigada	Autores
Razonamiento formal y enseñanza de las Ciencias	(Lawson, 1985)
Nivel de desarrollo de los alumnos que entran en la universidad	(Braga, 1987)
Influencia del aprendizaje de la Física en el desarrollo del pensamiento formal	(López y otros, 1987)
Relaciones entre el estilo cognitivo (DIC) y el razonamiento de los alumnos en las clases de Ciencias	(Niaz, 1987)
Dependencia entre nivel de desarrollo y nivel de razonamiento	(Hierrezuelo, 1988)
Influencia del desarrollo cognitivo (concreto y formal) en la producción del cambio conceptual	(Acevedo y otros, 1989)
Relación entre los procesos de la Ciencia y desarrollo evolutivo	(Palacios y otros, 1989)
Relaciones entre el nivel cognitivo y el rendimiento escolar	(Saura y otros, 1989)
Relaciones entre causalidad y las operaciones en la interpretación de las concepciones espontáneas	(Pacca y Saravia, 1989)
Implicaciones de los estudios piagetianos en la resolución de problemas	(Pomes, 1991)
Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico	(Lawson, 1994)
etc.	

Cuadro 1.7

Las conclusiones a las que llegan respaldan la necesidad de no obviar este tipo de hallazgos en el panorama general de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias.

Secuencia de enseñanza

Como hemos dicho, las diferentes concepciones sobre el aprendizaje tienen unas consecuencias e implicaciones que pueden afectar al profesor, al clima de clase, a la utilización de materiales, a la evaluación,... Así, por ejemplo, Hewson y Beeth (1995) han establecido lo que denominan normas sobre la enseñanza para el cambio conceptual:

- las ideas de los estudiantes tienen que ser una parte explícita del debate en el aula
- el status de las ideas debe ser discutido y negociado
- la justificación de las ideas debe ser un componente explícito del plan de estudios
- el debate en el aula debe ser explícitamente metacognitivo

También Gil (1986) o Segura (1991) realizan un contraste entre la que llaman metodología de la superficialidad y la metodología científica, sugiriendo algunos elementos a considerar para una alternativa didáctica:

- las actividades deben originarse en preguntas concretas que el alumno debe hacer propias
- se debe facilitar la discusión de las respuestas y la elaboración de predicciones
- lo que hay que probar empíricamente son las opiniones de los alumnos
- la incoherencia lleva a pasar de las predicciones fáciles a la conceptualización
- el profesor debe dirigir el proceso orientando, provocando, informando y creando situaciones de aprendizaje

Sin embargo, uno de los elementos más significativos son las secuencias de enseñanza asociadas. Todos los autores insisten en el carácter orientativo de las mismas y en los inconvenientes de "encorsetarse" en una sucesión sistemática de actividades que terminan por aburrir al alumno. No obstante, con estas matizaciones, consideramos que clarifican principios teóricos que están muy alejados de los conocimientos profesionales de los profesores; además se ponen de manifiesto las diferencias entre las aseveraciones que las fundamentan.

La concepción constructivista del aprendizaje, aludida por los autores del Proyecto CLIS, fue establecida por Driver (1988) y aparece en el Cuadro 1.8. Identifican cinco fases diferentes que tienen distintas intenciones educativas: Orientación, Elicitación de ideas, Reestructuración (nos parece más adecuado hablar de Construcción del conocimiento), Aplicación y Revisión de las ideas.

Sobre las bases del llamado modelo generativo (Osborne y Wittrock, 1985), muy semejantes al anterior, los autores han establecido la secuencia que aparece en el Cuadro 1.9. Identifican cuatro fases: Iniciación, Enfoque, Cambio y Aplicación. Aunque pudiera pensarse de que se trata de una estructura muy diferente, una lectura detallada de los objetivos que pretende cada fase nos aleja de esta percepción. Además de un cambio en la denominación, la diferencia más palpable está en la Revisión

Fase de secuencia	Intención educativa
<i>Orientación.</i>	Favorecer el interés sobre la unidad didáctica y plantear interrogantes que justifican su estudio Organizar la forma de llevar el tema
<i>Eliciuación de ideas.</i>	Conocer por parte de los alumnos sus propias ideas Conocer por parte del profesor las ideas de sus alumnos, como consecuencia de lo anterior
<i>Reestructuración de ideas.</i> a) clarificación e intercambio b) exposición a situaciones de conflicto c) construcción de nuevas ideas d) evaluación en situaciones próximas	Modificar, sustituir o ampliar las ideas de los alumnos para acercarlas a la perspectiva científica -Reconocer por parte de los alumnos las ideas de otros compañeros y contrastarlas con las suyas -Comprobar por parte de los alumnos la invalidez de las ideas que condicionan su aprendizaje; incidir en las lagunas de información -Modificar, sustituir o ampliar los conocimientos de los alumnos, usando las ideas ya existentes (equivocadas o no) -Comprobar la utilidad de las nuevas ideas e información en situaciones próximas
<i>Aplicación.</i>	Reforzar las nuevas ideas en otras situaciones y conectar con otros conocimientos
<i>Revisión de las ideas.</i>	Hacer consciente al alumno que sus ideas se han modificado y que ha aprendido

Cuadro 1.8

Fases de secuencia	Intencionalidad educativa
<i>Fase preliminar</i>	Conocer los punto de vista del alumno (conocimientos previos). Identificar la visión histórica de los contenidos. Clarificar por parte del profesor los contenidos científicos y seleccionar aquellos objeto de enseñanza.
<i>Fase de enfoque</i>	Establecer el contexto de aprendizaje. Realizar actividades de motivación e iniciación al tema. Plantear cuestiones participativas. Interpretar las respuestas de los alumnos (individual, en pequeño grupo y en clase).
<i>Fase de cambio</i>	Facilitar el cambio de punto de vista (considerar las ideas de otros compañeros). Defender y demostrar sus ideas, si es necesario, por los alumnos. Presentar ideas correctas científicamente y contrastarlas con las de los alumnos. Aceptar la reacción contraria del alumno al cambio de ideas. Inventar problemas para aplicar nuevas ideas y facilitar su aceptación.
<i>Fase de aplicación</i>	Ayudar a los alumnos a la clarificación de las nuevas ideas y a utilizarlas en la resolución de problemas. Verbalizar los alumnos sus ideas exponiéndolas a los compañeros. Inventar nuevos problemas.

Cuadro 1.9

Otra secuencia que deriva de la concepción del aprendizaje como cambio conceptual fue descrita por Hodson (1988). En ella se incide de una forma muy importante tanto en el proceso de modificación y ampliación de los paradigmas espontáneos para adecuarlos a los conocimientos científicos. Así se habla de:

- Explicitación de las propias ideas por escrito y a través de la discusión con otros compañeros
- Exploración de las implicaciones de sus ideas
 - Contrastación experimental de las mismas (el profesor puede incitarles a la búsqueda de apoyos observacionales)
 - Aplicación de sus concepciones a nuevas situaciones

- Modificación de las concepciones para una mejor concordancia con las observaciones
- Realización de predicciones, búsqueda de apoyo observacional y contrastación de las mismas

En cuanto a la introducción de las nuevas ideas, añade:

- Introducción de experiencias que cuestionen y contradigan las percepciones
- Estimulación de concepciones alternativas y explicaciones mediante nuevas ideas
- Introducción del marco explicativo correcto como una de las posibles alternativas
- Exploración y contrastación tal como se proponía con los conocimientos previos
- Comparación de las alternativas y aceptación de la más idónea por consenso

Aunque esta última secuencia es la más sistematizada en el cambio conceptual, parece bastante metódica de cara a su utilización habitual en el aula.

Lo verdaderamente importante es que el alumno encuentre que el nuevo contenido sea comprensible, posible y, desde luego, útil. Para ello, como dicen Colombo y otros (1991), es preciso que los estudiantes "realicen hipótesis audaces y contrastaciones rigurosas"; hay, pues, que alentar a que se cuestionen cosas, ayudarles a que den forma a las hipótesis que planteen y generar un clima de discusión racional, fundada y contrastada. Otro problema es planteado por Nussbaum (1989) al preguntarse si el cambio conceptual es revolucionario o evolutivo... En cualquier caso, como dijimos, sólo pretenden dar algunas orientaciones sobre cómo utilizar los marcos teóricos, normalmente más alejados de los profesores en ejercicio, en sus tareas diarias.

No obstante, el paradigma del cambio conceptual empieza a ser sustituido por otro más amplio: el cambio conceptual, metodológico y actitudinal (Duschl y Gitomer, 1991; Gruender y Tobin, 1991; Segura, 1991; Gil, 1986; 1993). Desde esta perspectiva emergente, además de estas secuenciaciones, hay que considerar que el cambio de ideas no sólo se resuelve mediante el conflicto cognitivo sino que juega un papel importante el trabajo científico en situaciones problemáticas abiertas; de ahí la consideración del aprendizaje como proceso de investigación, transformando el currículum en un programa de actividades.

Propuestas de enseñanza y aprendizaje

Como es lógico en un proceso de reforma del sistema educativo han aparecido determinadas propuestas didácticas completas. Muchas de ellas han utilizado el formato de los programas-guía que responden a un conjunto de actividades secuenciadas que se organizan y se dirigen para la construcción del conocimiento por parte del alumno. Así, podríamos mencionar las del Grupo Recerca (1980), las del Grupo Axarquía (1990), las del Seminario de Formación del Profesorado (1987),... Pensamos que es un instrumento útil para la introducción de dinámicas innovadoras en las clases de Ciencias pues constituyen "algo concreto" que puede ser utilizable como punto de partida para dar ideas, para discutir las o, incluso, para criticarlas reflexivamente.

La investigación sobre propuestas metodológicas siempre ha sido un ámbito prioritario en la Didáctica de las Ciencias; así se aprecia al analizar las revisiones realizadas por Tiberghien de la Universidad de París (1983), por Lim de la Universidad de Berkeley (1987), por Gabel y otros sobre varias universidades norteamericanas (1987), por Moreira y Novak respecto a la Universidad de Cornell (1988), por Pessoa y otros de la Universidad de Sao Paulo (1991)... e, incluso, en las de Mata y Anta (1985; 1986) o la de Caballer y otros (1986) para nuestro contexto educativo.

Respecto a la enseñanza de la Física y de la Química se han recogido numerosas aportaciones en la literatura científica, abordándose problemáticas de muy diversos temas como aparece en el Cuadro 1.10.

Metodología investigada	Autores
Estudio químico de algunas sustancias	(Palacios y otros, 1987)
Modelos interpretativos de la materia	(Iglesias y otros, 1990)
Reacciones químicas	(Furió, 1986)
Equilibrio químico	(Quílez y otros, 1993)
Temas relacionadas con la Mecánica	(Gutiérrez y Rodríguez, 1987; Fernández y Moreno, 1989; Bullejos y Sampedro, 1990; Hewson, 1990; López, 1991)
Energía	(Hierrezuelo y Molina, 1990; Pérez y otros, 1995)
Circuitos eléctricos	(Valera y otros, 1988; Martín y otros, 1989a; Andrés, 1990; López, 1991)
Electricidad y magnetismo	(Massons y otros, 1993; Gómez, 1994; Meneses y Caballero, 1995)
Óptica	(Beléndez y otros, 1989; Bascones, 1989; Puey, 1992)
Enseñanza de la Química por métodos activos	(Seminario Permanente Física y Química, 1987)
Curso de Laboratorio de Física	(Colombo y otros, 1986)
Experiencia didáctica de descubrimiento dirigido	(Pérez y Rubio, 1986)
Uso de estrategias no-directivas en la Química	(Aguirre, 1993)
Utilización de estrategias cooperativas en Química	(Basili y Sanford, 1991; Lonning, 1993)
etc.	

Cuadro 1.10

Como es lógico las limitaciones de espacio en la difusión de estos trabajos impide muchas veces la profundización en aspectos muy interesantes que, sin duda, llevan consigo; por otro lado, la necesaria fragmentación de las investigaciones completas hace perder la percepción global de la experiencia. Todo ello, conduce a que de este conocimiento parcial se saquen muchas veces sólo impresiones sobre el modelo teórico que subyace, sobre la forma de plasmarlo en unos materiales y unas estrategias de enseñanza, sobre la percepción de los alumnos sobre su proceso de aprendizaje,... y, sobre todo, las creencias, teorías implícitas, conocimientos y estilo docente del profesor.

Si examinamos las aportaciones recogidas en las revisiones anuales realizadas por la prestigiosa revista *Science Education* en los últimos años podemos vislumbrar que no hay un modelo de estrategia experimental único, pero se pueden detectar algunas tendencias:

- se va abandonando la idea de generalizar los resultados utilizando muestras representativas o situaciones de laboratorio difícilmente extrapolables; los grupos de control no son tan habituales como antaño y muchas veces lo que aparecen son varios experimentales.
- se incide de forma importante en el estudio de las condiciones iniciales de los alumnos; aunque no hay unanimidad en las variables que se diagnostican, predominan los conocimientos conceptuales de los estudiantes (en mucha menor medida se incide en otro tipo de conocimientos o de desarrollo cognitivo).
- las estrategias metodológicas ensayadas tienen como modelo teórico los modelos que hemos mencionado (constructivismo, psicología cognitiva,...), desechándose otros como el empirismo, el descubrimiento autónomo o "recetas" muy cerradas; también se observa que emerge con fuerza el tema de la resolución de problemas como eje de las propuestas investigadas.
- va evolucionando de forma muy importante el concepto de evaluación, tanto en las variables como en las técnicas utilizadas; la investigación de los profesores sobre su propia acción educativa puede favorecer la incorporación de los hallazgos al aula y, sobre todo, a mejorar la utilidad de muchos esfuerzos.

- hay un predominio de los estudios longitudinales frente a los transversales; no obstante siguen proliferando los diseños "ex post facto", posiblemente por la facilidad de difusión... y de realización.

- empieza a realizarse evaluación de los aprendizajes al cabo de un cierto tiempo de la intervención didáctica, lo que supone una iniciación al tópico de la significación del aprendizaje (aunque más próximo a la memoria a largo plazo).

Una revisión de las estrategias para investigar en el aula fue elaborada por Porlan (1987). En ella se pueden observar la diversidad de las mismas: diarios de clase, entrevistas (estructuradas y semiestructuradas), cuestionarios, protocolos de análisis de tareas, observadores externos, procesos de triangulación,... También Rodríguez y otros (1992) distingue entre métodos interactivos (observación participante y entrevista) y no interactivos (flujos de comportamiento, protocolos de observación de interacciones, grabaciones, análisis de documentos,...).

Obviamente no existe uno que pueda ser considerado el idóneo en la investigación sobre propuestas metodológicas en el aula pero creemos, como fundamento de la selección de estrategias, que debe existir una coherencia entre la intencionalidad de la experiencia (que no es sólo evaluar o pasar muchas pruebas...) y los esfuerzos realizados en la recogida de la información; una proliferación de técnicas puede desvirtuar el objetivo primordial de este ámbito de la didáctica: que el alumno aprenda. Desde esta perspectiva, parece muy útil que se analicen los cuadernos de trabajo de los alumnos, los debates y discusiones en el aula, el tipo de interrogantes que surgen tras las explicaciones o en la realización de tareas,...; en definitiva, que se acuda a una información lo más contextualizada posible en el proceso de aprendizaje.

Otro elemento importante a considerar en las investigaciones, es el tipo de variables que tratan de valorarse en el propio contexto de la propuesta metodológica ensayada; pensamos que, en cierto modo, constituyen una declaración explícita de las prioridades educativas. Así, siguen siendo preferentes las que se refieren a la adquisición de conocimientos conceptuales frente a los otros contenidos (procedimentales y actitudinales); pero, incluso, todavía no se ha profundizado con mucho énfasis en temas como la evolución de los esquemas conceptuales en una propuesta de enseñanza... En algunos casos, contrasta la importancia dada en la fundamentación teórica a determinados tópicos y variables, y el escaso interés con que luego se trasladan al diseño de investigación de la experiencia estudiada.

En cuanto a la dicotomía entre el paradigma cualitativo y el cuantitativo, nos parece que ha enrarecido y distorsionado el verdadero sentido con el que aparecieron. Etiquetar un ámbito de investigación tan complejo como el de la Educación parece, cuanto menos, una autolimitación. La utilización de ambos paradigmas ha dado aportaciones importantes pero, sobre todo, ha permitido una sistematización y una reflexión necesarias para un mayor conocimiento de la realidad de las aulas.

La exigencia de rigor y fiabilidad en la recogida de datos y de profundización interpretativa en los resultados obtenidos debieran ser banderas de cualquier investigación, sea cual sea su marco experimental de referencia. En este sentido nos parecen muy interesantes las reflexiones realizadas por Yager y Kahle (1982) o por Viennot (1989) en relación con la verdadera problemática de la investigación en Didáctica de las Ciencias: la repercusión de ésta en el trabajo diario de los profesores y en la mejora del aprendizaje de los alumnos.

Materiales de aprendizaje: resolución de problemas y trabajos prácticos

La resolución de problemas ha sido uno de los elementos fundamentales para el aprendizaje de los contenidos procedimentales. Su papel en la enseñanza siempre ha sido muy valorada, tanto por investigadores como por profesores en ejercicio.

El enorme crecimiento del conocimiento en las Ciencias sólo ha sido posible desde la identificación, el planteamiento y la resolución de una serie de interrogantes por los científicos; consiguientemente, un currículum basado únicamente en la transmisión de información parece insostenible. También hemos de considerar que, como ya se dijo, la inclusión de los procesos básicos y las estructuras de cualquier materia favorece el aprendizaje de la misma. Por lo tanto, existen suficientes argumentos que respaldan la importancia de la resolución de problemas en el aprendizaje de esta disciplina curricular (Garret, 1988).

A pesar de que esta creencia está bastante generalizada, la concepción de qué es un problema no es universal; resulta evidente si se analizan, por ejemplo, las diferentes acepciones que se recogen en los libros de texto: ejercicios numéricos (para aplicar fórmulas matemáticas), actividades extraescolares (lógicamente poco valoradas), cuestiones (resueltas por la lectura en el propio texto)...

En los últimos tiempos, se han realizado revisiones epistemológicas de su naturaleza y de su significación; en ellas se insiste en que un problema es una situación que plantea dificultades para las que no hay soluciones únicas y establecidas de antemano. Con este punto de partida, pueden plantearse para aplicar conceptos o leyes con el objetivo único de la transferencia conceptual, para el aprendizaje de técnicas o métodos con una intención eminentemente procedimental o para aprender estrategias que permitan la profundización en estructuras conceptuales, en la relación teoría-método, en la creación de actitudes científicas, etc...

Kempa (1986) ha realizado una clasificación de los modelos de resolución de problemas. Así distingue las cinco etapas descritas por Dewey, las dos fases desde la perspectiva de los psicólogos de Gestalt y, sobre todo, el derivado de la teoría del procesamiento de la información. Además de su aportación en cuanto a la secuencia (lectura de la cuestión, interpretación en términos de tareas, selección de métodos, operación con hechos e información y verificación o rechazo de la respuesta), señala la influencia que tiene la memoria a largo plazo, tanto en el conocimiento proposicional como en el algorítmico y metodológico. Esta consideración nos parece de gran importancia pues cuestiona, en gran medida, el papel que tienen los problemas actualmente en la enseñanza de las Ciencias.

Gil y otros (1988) parten de la explicitación de las diferencias entre un buen y un mal resolvente y plantea un nuevo enfoque que trata de dar respuesta a preguntas como: qué se entiende por problema, qué coherencia tienen las explicaciones de cómo resolverlos, cómo realizar la resolución, cuándo se emiten realmente hipótesis y cómo orientar a los alumnos en situaciones abiertas. La resolución como investigación que defienden estos autores también conlleva una secuenciación aproximada (Gil y Martínez, 1987; del Carmen, 1987):

- estudio cualitativo del enunciado e identificación del problema
- emisión de hipótesis a partir del cuerpo de conocimientos
- elaboración de estrategias de resolución
- realización desde una perspectiva científica (no exclusivamente matemática)
- análisis y discusión de los resultados

Hay otras muchas aportaciones en esta línea, que tratan de clarificar y contextualizar la resolución de problemas; algunos a partir de la naturaleza de las Ciencias (Barberá, 1992) y otros con la referencia del propio proceso de resolución (Contreras, 1987; Sigüenza y Saez, 1990; Bastida y otros, 1990;...).

En todos los casos, existe un rechazo a los problemas consistentes en tomar los datos como punto de partida (error empirista) y los llamados problemas-tipo (error transmisión verbal), poniendo un énfasis especial en la necesidad de incluir contenidos procedimentales como identificación del problema, emisión de hipótesis o establecimiento de predicciones, diseño de experiencias para contrastarlas, análisis de resultados, establecimiento de conclusiones coherentes con el proceso, crítica a los resultados,...

Se han realizado ya revisiones específicas sobre ámbitos científicos más concretos: Delacote (1984) sobre la problemática general; Camacho y Good (1989) sobre los problemas de equilibrio químico; Gabel y Samuel (1986) sobre los de molaridad; Sigüenza y Saez (1990) sobre los de Biología, etc. De todos estos estudios, sin duda, derivan muchas implicaciones pero existe un denominador común: modificar el papel del profesor en la puesta en práctica de dichas consideraciones.

Pero las aportaciones en este ámbito han sido mucho más prolíficas y variadas. Así, tenemos recogidas algunas en el Cuadro 1.11.

Temática investigada	Autores
Estructuras cognoscitivas de los buenos resolventes	Kempa y Nicholls (1983)
Influencia del conocimiento previo del resultado numérico	Perales y Cervantes (1984)
Resolución por sistemas expertos (inteligencia artificial) e importancia del pensamiento divergente	Good (1984)
Significación de la verbalización en la resolución	Larking y Rainard (1984)
Métodos para resolver problemas-tipo	Gisbert (1985)
Importancia de la creatividad y originalidad	Garret (1987)
Dificultades al ajustar las reacciones químicas	Barberá (1990)
Protocolo para observar la resolución	Atwater y Alick (1990)
Factores psicológicos que influyen en el fracaso (información conceptual, verbal y personal, las limitaciones de la memoria operativa y el desarrollo cognitivo)	Neto (1991)
Ejemplos que apoyan los ejercicios cualitativos como forma de generar razonamientos funcionales	Saltiel (1991)
Habilidades que influyen en este tipo de actividades (conocimientos previos y desarrollo de capacidades de procesamiento de la información)	Pomés (1991)
Contraste entre las habilidades en preguntas conceptuales y en la resolución de problemas	Lang y otros (1992)
Planteamiento de un curso en base a la resolución de problemas	Arruda y Nardi (1992)
Problemática de los errores de los libros de texto	Quílez y otros (1993)
Relación con el aprendizaje de procedimientos en Física	Sevilla (1994)
Defectos sistemáticos en su realización	Félix (1994)
etc.	

Cuadro 1.11

Todo ello refleja la vasta producción realizada en los últimos años y la trascendencia que se le da en la Didáctica de las Ciencias.

Siendo importantes los avances logrados en este campo, quedan aún muchos interrogantes por resolver. Perales (1993) ha señalado algunos de ellos: ¿qué variables son las más relevantes para la eficiencia en la resolución de problemas?, ¿qué tipo de estrategias realistas habría que usar?, ¿cómo integrarlos en una propuesta constructivista?, ¿qué papel deben ocupar en la evaluación? y, uno muy importante, ¿cómo incorporar los logros a los manuales utilizados en las aulas de Ciencias?.

Desde esta nueva perspectiva de la resolución de problemas, los trabajos prácticos se han englobado como un caso particular que permite desarrollar una serie de destrezas, unas específicas de este tipo de actividades y otras más genéricas que completan la adquisición realizada en otras tareas de aprendizaje. Swain se refiere a ellas (1988):

- Reconocer y describir la naturaleza de una investigación
- Generar hipótesis contrastables y adecuadas a la resolución de un problema
- Diseñar técnicas y procedimientos para resolverlos
- Seleccionar un procedimiento entre varios posibles
- Indicar la secuencia de acciones a realizar y aplicarla a la investigación
- Confirmar o rechazar la hipótesis en función de los datos y resultados obtenidos

Miguens y Garret (1991) también explicitan los objetivos intencionados de los trabajos prácticos: desarrollar competencias en el trabajo como un científico y habilidades para la realización de una investigación, ayudar a extender un conocimiento a través de nuevas experiencias, facilitar el contacto con fenómenos reales, dar oportunidad para explotar la extensión y los límites de las teorías (incluso, las ideas alternativas) y desarrollar destrezas específicas como la observación y la manipulación. Pero, además, hacen una clasificación de los problemas en el uso de estas actividades en relación con la Ciencia, con el aprendizaje, con temas pedagógicos y con lo que denominan evidencia investigada.

Caamaño (1992) distingue los objetivos en relación con los hechos, conceptos y teorías, con los procedimientos, y con las actitudes. Además de otras aportaciones, nos parece muy interesante que los trabajos prácticos no sólo se consideren actividades orientadas al aprendizaje de unos contenidos procedimentales muy restringidos. Este isomorfismo supone una contradicción, tanto con la naturaleza de las Ciencias como con la naturaleza del aprendizaje; la independencia teoría-práctica sólo se justifica como estrategia de análisis pero no están desvinculadas ni en la experimentación de los científicos ni en la de los alumnos.

En el Cuadro 1.12 se recogen algunas aportaciones realizadas en este ámbito que, como puede apreciarse, también ha llamado la atención de muchos investigadores. No obstante, no es el "campo por excelencia" de hace algunos años.

Temática investigada	Autores
Revisiones generales de la literatura científica sobre los trabajos prácticos	Pastor (1987) y Payá (1990)
Perfiles de objetivos de laboratorio de profesores y alumnos	Sebastiá (1987)
Limitaciones de las percepciones del profesorado sobre el experimento	Solomon (1988)
Evaluación de las prácticas de laboratorio	Furió (1989)
Reflexiones sobre determinados aspectos de prácticas habituales en la institución escolar	Lucas y García (1990)
La escasa rentabilidad de este tipo de actividades en la realidad escolar	Bastida y otros (1990)
Evaluación de estrategias de aprendizaje en la puesta en práctica de una enseñanza de tipo experimental	Dumon (1992)
Necesidad de renovación en los trabajos prácticos	González (1992)
Clasificación de los diferentes tipos de experimentos	Delgado (1993)
Papel que han jugado en la enseñanza de las Ciencias en relación a los diversos modelos didácticos.	Perales (1994)
etc.	

Cuadro 1.12

Sin embargo, Hodson (1994) realiza una crítica muy dura de los llamados fundamentos lógicos que habitualmente se utilizan para defender los trabajos de laboratorio; en concreto, pone en duda la motivación, la adquisición de habilidades, el aprendizaje de los métodos de la Ciencia, la mejora de otros conocimientos científicos o la creación de actitudes. El autor apoya su percepción en la mala orientación de estas actividades y a lo que denomina problema de interferencias, llamando a una reconceptualización que tenga presente en qué consiste el aprendizaje de las Ciencias, de su naturaleza y de su práctica; en palabras del autor es necesario "menos práctica y más reflexión".

En otro trabajo (Hodson, 1992) incide en la evaluación de los trabajos prácticos y considera que no es tanto un problema de una calificación objetiva como de una orientación educativa. Creemos que esta afirmación podría ser trasladable para la evaluación de otros recursos y estrategias que se utilizan habitualmente en la enseñanza de las Ciencias. La valoración de un proceso de enseñanza y aprendizaje no sólo se puede plantear para cuantificar un rendimiento; de esta manera se están sustrayendo dos elementos básicos: la interpretación de unos valores y la toma de decisiones.

Tamir y García (1992) también han realizado un trabajo de caracterización de las prácticas de laboratorio incluidas en los libros de texto de nuestro sistema educativo. Para este análisis utilizan los siguientes indicadores: nivel de indagación (tipo de pregunta, método y respuesta), inventario de habilidades (planificación, realización, análisis y aplicación) e inventario de dimensiones (dimensión social, conocimientos previos, relación con la teoría, obtención de datos, complejidad de los instrumentos, análisis de datos, tiempo y aprendizaje de conceptos). En sus conclusiones manifiestan la escasa presencia de dichos indicadores en nuestros libros de texto, comparándolo con los manuales de otros contextos educativos y la baja calidad de los mismos; esta situación es preocupante si consideramos el papel que juega institucionalmente este recurso.

También creemos importante recordar que no hay experimentos sin unos contenidos conceptuales y procedimentales. Las estrategias de enseñanza que utilicemos no pueden considerarse generalizables o universales pues dependen de los contenidos que se ponen en juego y del contexto en el que deben ser aprendidos. Los recursos didácticos no son buenos o malos; en el mejor de los casos serían los procesos metodológicos completos. Será la capacidad para favorecer o no un aprendizaje intencionado los que los avalarán o los harán rechazables, pero únicamente como un elemento constitutivo de dicho contexto.

En cualquier caso, parece detectarse una reubicación de estas actividades de aprendizaje (integradas plenamente en el proceso y no como un elemento sumativo con la mal llamada parte "teórica"), una redefinición de los contenidos académicos que se pretenden abordar (no sólo la observación y las destrezas manipulativas) y un replanteamiento del enfoque organizativo del aula (mayor presencia de dinámicas en grupos, sin obviar el trabajo individual).

En el contexto de materiales de aprendizaje nos gustaría resaltar el trabajo de Sanjosé y otros (1993) referido a la efectividad instruccional de los textos; en concreto, las variables aludidas para la misma se pueden adaptar tanto a la resolución de problemas de papel y lápiz como a las orientaciones a considerar en la elaboración de guiones de laboratorio:

- estructura, cohesión y organización de contenidos.
- exigencias cognitivas
- legibilidad, estilo expositivo y lenguaje figurativo
- cuestiones insertadas y utilización para el cambio conceptual
- organizadores de avance y consideración de prerrequisitos
- consideración de los conocimientos previos y posibles dificultades de aprendizaje
- estrategias de estudio desarrolladas en el alumno
- variables metacognitivas

No nos vamos a ocupar de otro tipo de actividades o recursos que no inciden de forma sustantiva en nuestra investigación como, por ejemplo, la enseñanza asistida por ordenador (Gorga y otros, 1989; Barberá y Sanjosé, 1990; Valente y Neto, 1992; Massons y otros, 1993; Juanes y otros, 1993; Gómez, 1994; Herrán y Parrilla, 1994; Valdés y Valdés, 1994; Martínez y otros, 1994) o el uso de audiovisuales (Martínez y otros, 1988; Mas y otros, 1991; Seminario Permanente Física y Química, 1992; Llitjós y otros, 1994).

No obstante, habría que indicar genéricamente que la selección de cualquier tarea o materiales de aprendizaje puede tener una intencionalidad para el profesor y otra muy distinta para el alumno. La implicación de éste en el proceso de construcción de su conocimiento es una exigencia incuestionable. Por lo tanto, habría que utilizar situaciones de enseñanza que favorezcan que el estudiante entienda por qué y para qué las realiza; que sea consciente de que sus respuestas y conclusiones son valoradas y discutidas; que perciba que, si algo le interesa, le "dejan aprender";... y, en definitiva, que la metodología está concebida para que él aprenda y no para que el profesor desarrolle un programa.

Ondas, Sonido y Luz

En relación a los contenidos específicos del módulo de investigación, los estudios desarrollados son escasos, centrándose en la mayoría de los casos en el estudio de la luz. No obstante, en el Cuadro 1.13 aparecen sintetizadas algunos trabajos que han sido referentes de nuestra investigación.

Ámbito de las Ondas	Autores
Propagación de las señales mecánicas y las dificultades que los alumnos encuentran en una situación de varias variables y sus consideraciones pedagógicas	Maurines (1992)

Ámbito del Sonido	Autores
Conceptualización del sonido en los estudiantes	Cedric y otros (1989)
Propagación del Sonido y sobre los factores que los alumnos consideran relevantes en su velocidad y sus implicaciones para la enseñanza.	Linder (1993)

Ámbito de la Luz	Autores
Creciente papel que está tomando la óptica en la ciencia y la importancia de su enseñanza	Beléndez y otros (1989)
Preconcepciones de los profesores sobre óptica geométrica, detectando gran número de errores	Perales (1987) Beléndez y otros (1989)
Errores conceptuales de los estudiantes sobre la luz y sus propiedades	Sexena (1991) Beléndez y otros (1989)
Importancia de las preconcepciones en el caso concreto de la enseñanza de la óptica	Puey (1992)
Dificultades que tienen los alumnos en la adquisición de conceptos relacionados con la luz y las diferencias de sus puntos de vista con los de los científicos sobre su naturaleza	Shapiro (1989)
Dificultades de comprensión por parte de los alumnos del concepto de luz y algunos de sus fenómenos más característicos, entre los que destaca la visión	Osborne y otros (1993)
Efectividad en el aula de estrategias y materiales elaborados a partir de la detección de los errores conceptuales de los estudiantes	Fetherestonhaugh y otros (1992)
Relación entre la epistemología genética y las concepciones de los estudiantes sobre la luz.	Monk (1991)
Ideas espontáneas de los estudiantes acerca de la velocidad de la luz	Villani y otros (1987)
Conocimientos de óptica geométrica y las sombras	Bascones (1989) Olivieri (1988) Perales (1987)
Problemática de la enseñanza de las leyes de reflexión de la luz	Mohapatra (1988)
Concepciones de los estudiantes sobre la refracción de la luz y las derivaciones para su enseñanza	Shing y otros (1990)
Concepciones sobre la luz, las imágenes y las sombras; su integración en un modelo de funcionamiento	Feher y otros (1988)
Museos interactivos en el proceso de Enseñanza/Aprendizaje de la luz y de la visión.	Feher (1990)
etc	

Cuadro 1.13

Realizado el análisis de contribuciones y hallazgos puestos de manifiesto en la bibliografía consultada, corresponde especificar las Hipótesis de trabajo que pretendemos contrastar

C.1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Tal como indicamos en el apartado C.1.2, el objetivo central de nuestra investigación es el diseño, aplicación, seguimiento y evaluación de un módulo de aprendizaje sobre las Ondas en general y sobre el Sonido y la Luz en particular. Desde nuestro punto de vista, dicho estudio requiere su desarrollo en diversas Hipótesis y Subhipótesis que guardan un paralelismo con los Problemas y Subproblemas que, en su momento, se mencionaron.

Hemos optado por una secuencia de Hipótesis que se ajusta a la evolución temporal en la que hemos trabajado; por lo tanto, el orden en que aparecen no define su importancia. Se han distinguido cuatro: la primera referida a las condiciones iniciales, la segunda a los resultados del seguimiento, la tercera a los resultados finales (inmediatos y al cabo de un cierto tiempo) y la cuarta de contraste. Pasamos a declararlas.

Hipótesis Principal Uno (H.P.1)

Hemos incidido, en distintos momentos de la revisión, en la importancia que tienen las condiciones iniciales de los alumnos en el diseño experimental y en la propia metodología didáctica. Es preciso, pues, la valoración del aprendizaje y de las características intelectuales de los mismos antes del comienzo de nuestra experiencia. Este estudio se va a concretar en el análisis de cuáles son sus conocimientos respecto a una serie de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que se consideran representativos del pensamiento científico del estudiante. Por otro lado, los resultados condicionarán la aplicación metodológica a emplear, sobre todo en el ámbito de la selección y secuenciación del contenido académico y de los propios materiales de enseñanza.

Teniendo en cuenta nuestra experiencia profesional en estos niveles y la numerosa bibliografía consultada, consideramos que los alumnos que acceden a de un curso de Física y Química de las características de éste, 2º de Formación Profesional de las ramas de Electricidad y Electrónica de primer grado, no disponen de los conocimientos que desde el punto de vista científico podrían considerarse como básicos en relación con las Ondas, el Sonido y la Luz. Por ello, nuestra Hipótesis Principal Uno (HP1) la declaramos de la forma siguiente:

Los conocimientos de los alumnos respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz son escasos y poco estructurados.

Dicha hipótesis está desarrollada en una serie de subhipótesis (SH) que tratan de estructurar el estudio de las condiciones iniciales en relación con las características de los alumnos respecto a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Como puede comprobarse, hemos seguido un paralelismo intencionado con los interrogantes planteados en el apartado C.1.2.

Subhipótesis Uno (SH. 1.1)

Los conocimientos de los alumnos, respecto a los contenidos conceptuales respecto a las Ondas, el Sonido y la Luz son escasos y poco estructurados.

Subhipótesis Dos (SH. 1.2)

Los conocimientos de los alumnos respecto a los contenidos procedimentales de las Ondas, el Sonido y la Luz son escasos y poco estructurados.

Subhipótesis Tres (SH. 1.3)

Las actitudes de los alumnos respecto a la Ciencia y a los científicos pueden considerarse poco favorables para favorecer el aprendizaje de conocimientos científicos.

Subhipótesis Cuatro (SH. 1.4)

Los instrumentos de evaluación utilizados en las pruebas iniciales de nuestra investigación reúnen las condiciones exigibles desde la literatura científica.

Estas subhipótesis nos permiten un estudio más analítico de la Hipótesis Principal Uno, dado el amplio campo de ésta. En el análisis de los resultados mantendremos estas divisiones para facilitar el establecimiento de conclusiones parciales que respalden el rechazo o la aceptación de la Hipótesis Principal.

Hipótesis Principal Dos (H.P.2)

Para la resolución del Problema Principal Dos, tenemos que tener presentes dos aspectos: la puesta en práctica del módulo ensayado, y el seguimiento de los aprendizajes que genera. Tras el análisis realizado de la literatura científica, pensamos que las estrategias de evaluación del proceso deben estar integradas, de la forma más decidida posible, en el mismo. Por ello, nos parece fundamental considerar como elemento básico los cuadernos de trabajo de los alumnos pero, no como algo que a posteriori nos lleve a tomar decisiones, sino como una retroalimentación permanente con efectos reales inmediatos en nuestra propuesta.

Podemos considerar que se trataba de una muestra de tipo incidental, es decir, no reunían características especiales que pudieran suponer, a priori, la existencia de diferencias con alumnos de las mismas edades y niveles educativos... pero, como dijimos, no es nuestra intención fundamental la generalización de los resultados obtenidos.

Por último, señalar que, en base a la revisión de la literatura científica consultada no hay unanimidad a la hora de considerar la homogeneidad de aplicación. Los supuestos experimentales asociados a este tipo de investigaciones presuponen tal homogeneidad. Para nosotros, más importante que la declaración en sí misma, nos parece útil estudiarla para profundizar en los efectos de su aplicación. En cualquier caso, la Hipótesis Principal Dos (HP2) quedaría:

La aplicación en el aula de la metodología ensayada favorece una evolución positiva de los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz y, además, es valorada por los estudiantes de forma satisfactoria de cara a sus aprendizajes.

Dicha hipótesis está desarrollada en una serie de subhipótesis (SH), paralelas a los correspondientes subproblemas planteados, que tratan de estudiar el seguimiento del trabajo de los alumnos en el aula y la valoración que los estudiantes hacían del mismo.

Subhipótesis Uno (SH. 2.1)

La aplicación en el aula de la metodología ensayada favorece una evolución positiva de los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas, al Sonido y la Luz.

Subhipótesis Dos (SH. 2.2)

La utilización en el aula de la metodología ensayada produce efectos homogéneos a los diferentes grupos a los que se les ha aplicado.

Subhipótesis Tres (SH. 2.3)

La aplicación en el aula de la metodología ensayada es valorada por los alumnos de forma satisfactoria de cara a sus aprendizajes.

Los resultados se obtendrán a partir de dos instrumentos: el cuaderno de trabajo de los alumnos y las entrevistas que les hicimos. No obstante, hemos creído conveniente completar la información mediante el diario del profesor. Para la verificación o rechazo de la Hipótesis Principal mantendremos el criterio de análisis de las Subhipótesis.

Hipótesis Principal Tres (H.P.3)

Para la resolución del Problema Principal Tres pensamos que es necesario llevar a cabo una evaluación global del módulo ensayado en la línea de la mayoría de los trabajos revisados de estas características, pero no sólo para detectar y analizar los aprendizajes producidos a corto plazo, sino también para averiguar cuáles son los que permanecen al cabo de algún tiempo. No suelen encontrarse valoraciones de este tipo en la literatura científica pero, para nosotros, resultan de una gran importancia. Los resultados obtenidos en la evaluación final son complementarios a los de la H.P.2. pero se diferencian en que los datos de referencia están tomados en el proceso o una vez concluida la aplicación.

Para el estudio de la retención y el olvido habrá que redefinir la muestra de manera que se acomode a la distancia temporal que se establezca (en nuestro caso, nueve meses). Por todo ello la Hipótesis Principal Tres (HP3) la declaramos de la forma siguiente:

Los conocimientos de los alumnos respecto a las Ondas, al Sonido y a la Luz, después de la aplicación de la metodología ensayada, son más estructurados y han mejorado manifiestamente desde el punto de vista científico. Estos conocimientos permanecen estables al cabo de un cierto tiempo.

Dicha hipótesis está desarrollada en una serie de subhipótesis (SH) que tratan de estructurar el estudio de las condiciones finales en relación con las características de los alumnos respecto a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales; además, se incluye otra en relación a la retención. Como puede verse resultan las correspondientes a los Subproblemas a los que hicimos referencia en el apartado C.1.2 de este Capítulo.

Subhipótesis Uno (SH. 3.1)

Los conocimientos de los alumnos respecto a los contenidos conceptuales y procedimentales de las Ondas, el Sonido y la Luz, después de la aplicación de la metodología ensayada, son más estructurados y han mejorado manifiestamente desde el punto de vista científico.

Subhipótesis Dos (SH. 3.2)

Las actitudes de los alumnos, respecto a la Ciencia y al trabajo de los científicos, después de la aplicación de la metodología ensayada, pueden considerarse favorables para el aprendizaje de conocimientos científicos.

Subhipótesis Tres (SH 3.3)

Los instrumentos de evaluación utilizados en las pruebas finales de nuestra investigación reúnen las condiciones exigibles desde la literatura científica.

Subhipótesis Cuatro (SH3.4)

Los conocimientos de los alumnos respecto a los contenidos de las Ondas, el Sonido y la Luz, después de la aplicación de la metodología ensayada son estables al cabo de un cierto tiempo.

El desarrollo de esta Hipótesis Principal precisa, pues, de dos estudios diferenciados: aprendizaje a corto y a medio plazo. No obstante, por razones obvias en este tipo de estudios, tendremos una mayor información del primero sin que ello presuponga una mayor importancia.

Hipótesis Principal Cuatro (H.P.4)

Esta Hipótesis es fundamentalmente de contraste entre los resultados ya descritos en las Hipótesis y Subhipótesis anteriores e, incluso, en muchos de los trabajos revisados, suelen incluirse en éstas. La desarrollamos independientemente para apoyar los estudios descriptivos e interpretativos, que generalmente son más cualitativos; Esta, por sus propias características, resulta más cuantitativa y es el tipo más habitual que encontramos en la literatura científica, como ya dijimos en el apartado anterior.

En cualquier caso, para establecer comparaciones entre los aprendizajes habrá que tener unas dimensiones comunes; usaremos para tal menester los valores globales y, cuando sea posible, algunos elementos parciales que deberemos definir. También mantendremos como referente los cuadernos de los alumnos para ver la relación entre el seguimiento y cualquier otra variable. Con estos presupuestos, la Hipótesis Principal Cuatro (H.P.4) la declaramos de la siguiente manera:

Existen progresos significativos en el aprendizaje de las Ondas, el Sonido y la Luz con la metodología ensayada, estableciéndose relaciones significativas entre algunas de las variables estudiadas y no existiendo pérdidas significativas al cabo de un cierto tiempo desde nuestra intervención

Esta Hipótesis está también desarrollada en varias subhipótesis (SH) que tratan de analizar cada uno de los contrastes posibles, así como indagar en las relaciones existentes entre varias de las variables intervinientes en el proceso de construcción de los aprendizajes (conocimientos iniciales de los alumnos, seguimiento de sus cuadernos de trabajo,...).

Subhipótesis Uno (SH. 4.1)

La aplicación de la metodología ensayada sobre las Ondas, el Sonido y la Luz produce diferencias significativas entre los resultados obtenidos inicialmente y al final de la intervención

Subhipótesis Dos (SH. 4.2)

Hay relaciones significativas entre los resultados obtenidos en el aprendizaje final y otras variables intervinientes en el proceso (características iniciales y seguimiento de los alumnos)

Subhipótesis Tres (SH. 4.3)

Las pérdidas debidas al olvido, al cabo de un cierto tiempo de la puesta en práctica de la metodología de enseñanza de las Ondas, el Sonido y la Luz, no son significativas

C.1.5 PLAN DE TRABAJO

Una vez definidas las hipótesis de nuestra investigación fue necesario establecer el Plan de Trabajo. Este viene condicionado tanto por las actuales líneas de investigación didáctica como por nuestra concepción de la labor docente. Los fundamentos de nuestro trabajo en el aula, descritos en el mapa conceptual que aparece en la Figura 1.1, podrían sintetizarse en una serie de principios, de los que destacamos los siguientes:

- El aula no es sólo un espacio físico en donde se desarrollan las tareas docentes, sino que también se puede considerar un ecosistema de comunicación, en el que están implicados profesor, alumnos, entorno social, etc.
- El proceso de Enseñanza/Aprendizaje en el que intervienen, de forma interrelacionada, profesor, alumnos y clima creado en el aula, es sumamente complejo y hay que contemplarlo de manera global.
- El profesor no es un elemento neutro del proceso sino que al asumir, de forma implícita o explícita, un modelo de Enseñanza en función de sus creencias e intereses, condiciona su funcionamiento.
- El alumno tiene unas características propias, personales y sociales, que influyen decisivamente en su aprendizaje.
- Las mentes de los alumnos no son libros en blanco, tienen unas características intelectuales y unas concepciones que también intervienen en el proceso.
- El ambiente de clase no depende exclusivamente de la actuación de los alumnos, ni de la planificación e intervención del profesor; es determinante la comunicación que se crea entre ambos para el establecimiento de una dinámica favorable.
- De la misma manera que la Ciencia no se restringe a los conceptos, los conocimientos que ha de adquirir el alumno no deben ser sólo conceptuales, también han de propiciarse la adquisición de los procedimentales y actitudinales.
- Existe una estrecha relación entre los contenidos que se pretenden enseñar y la metodología que ha de aplicarse en el aula para conseguirlos, por ello ésta ha de ser coherente con el planteamiento inicial.
- La evaluación, distinta de la calificación, define el proceso de forma decisiva, de tal manera que la misma ha de estar en consonancia con los principios metodológicos que se propugnan.

Con estos presupuestos de partida y las necesidades derivadas de las Hipótesis de la investigación nos planteamos las distintas etapas de desarrollo del trabajo. Pasamos a continuación a describir someramente las distintas fases del mismo.

Fase 1 (Preparación de la parte experimental completa)

- Revisión de la literatura científica
- Identificación de los problemas de la investigación
- Planificación del módulo de Ondas, Sonido y Luz (análisis científico, problemática didáctica, secuencia de enseñanza y estrategias de evaluación)
- Planificación de los módulos de acomodación a la metodología (Cinemática, Propiedades físicas de la materia, Circuitos eléctricos)
- Diseño de los materiales didácticos y de las estrategias de aplicación
- Diseño de los instrumentos de evaluación y de las estrategias de aplicación

- Aplicación localizada de la metodología
- Diseño definitivo de materiales e instrumentos
- Selección de la muestra experimental y de los criterios para establecer la correspondiente al estudio de la retención

Fase 2 (Puesta en práctica -módulos de acomodación metodológica-)

- Aplicación de las pruebas iniciales del curso; especialmente una sobre contenidos actitudinales
- Aplicación generalizada de la metodología a los módulos anteriores al de investigación
- Aplicación generalizada de algunos instrumentos de seguimiento (cuadernos de trabajo de los alumnos y diario del profesor)

Fase 3 (Puesta en práctica -módulo de Ondas, Sonido y Luz-)

- Aplicación de las pruebas iniciales sobre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales
- Aplicación generalizada del módulo de investigación
- Aplicación generalizada y simultánea de algunos instrumentos de seguimiento (cuadernos de trabajo de los alumnos, entrevista de profundización en los mismos y diario del profesor)
- Aplicación de las pruebas finales sobre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales
- Aplicación generalizada del cuarto instrumento de seguimiento (entrevistas sobre la valoración de los alumnos)
- Aplicación de las pruebas de retención sobre contenidos conceptuales y procedimentales

Fase 4 (Análisis de los resultados y establecimiento de conclusiones)

- Análisis de resultados de las pruebas iniciales sobre contenidos conceptuales
- Análisis de resultados de las pruebas iniciales por esquemas conceptuales
- Análisis de resultados de las pruebas iniciales sobre contenidos procedimentales
- Análisis de resultados de las pruebas iniciales sobre contenidos actitudinales
- Análisis de las características de los instrumentos utilizados en las pruebas iniciales
- Establecimiento de conclusiones respecto a la H.P.1

- Análisis del seguimiento de los cuadernos de trabajo de los alumnos
- Análisis de la entrevista de profundización sobre los cuadernos de trabajo
- Análisis de la homogeneidad de aplicación en los grupos donde se aplicó la metodología
- Análisis de la entrevista de valoración de la metodología por los alumnos
- Establecimiento de conclusiones respecto a la H.P.2

- Análisis de los resultados de las pruebas finales sobre contenidos conceptuales y procedimentales
- Análisis de los resultados de las pruebas finales por esquemas conceptuales
- Análisis de los resultados de las pruebas finales sobre contenidos actitudinales
- Análisis de las características de los instrumentos utilizados en las pruebas finales
- Análisis de los resultados obtenidos en la prueba de retención
- Establecimiento de conclusiones respecto a la H.P.3

- Contraste de los resultados entre las pruebas iniciales y finales
- Estudio de relaciones entre los progresos, características iniciales y seguimiento de los alumnos
- Contraste de los resultados entre las pruebas finales y la prueba de retención
- Establecimiento de conclusiones respecto a la H.P.4

- Establecimiento de conclusiones generales

La V de Gowin de la Figura 1.2, puede contribuir a aclarar un poco más cuales han sido las claves de nuestro Plan de Trabajo.

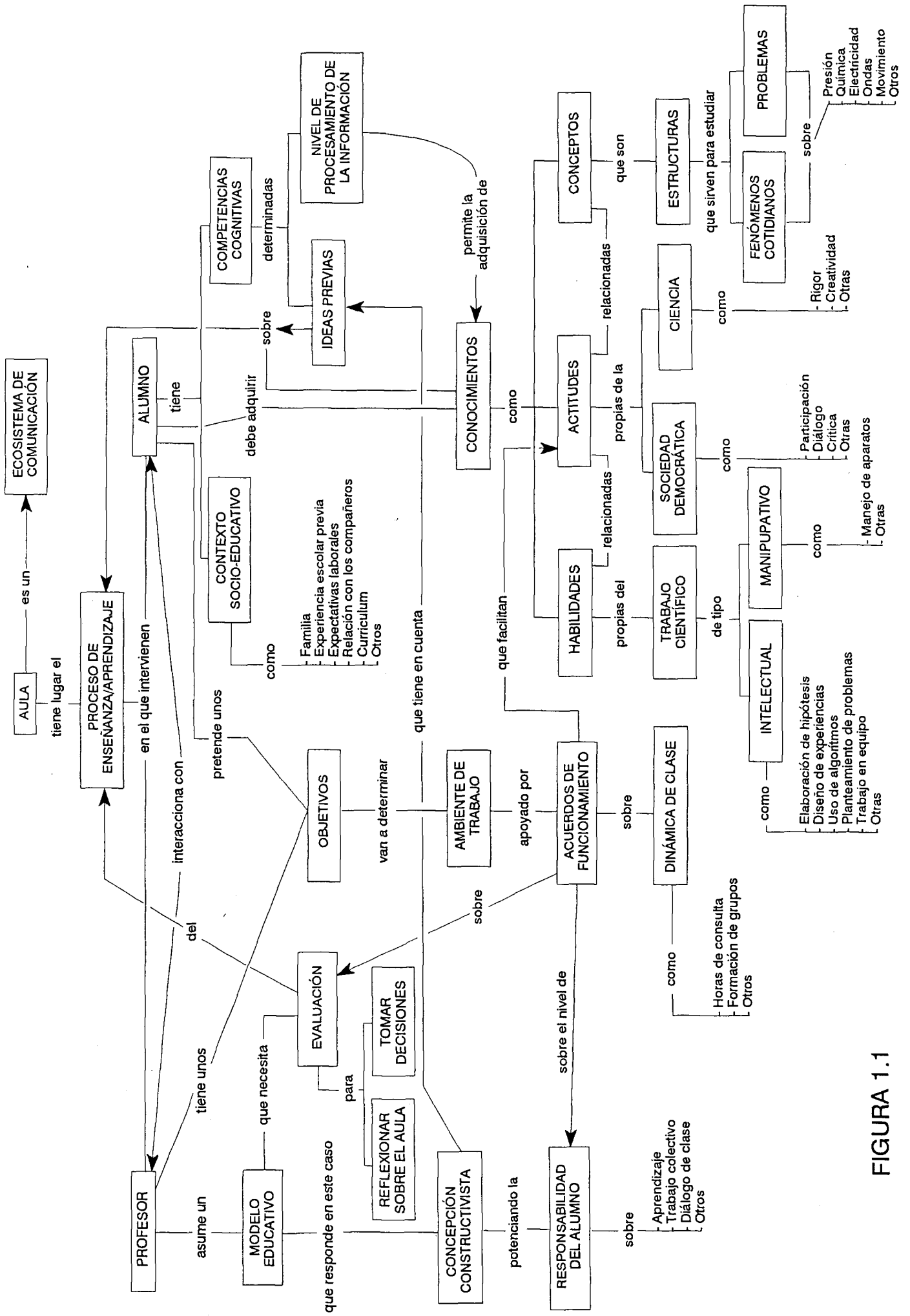


FIGURA 1.1

Marco teórico

Teoría:

- Modelo constructivista.
- Teoría del aprendizaje significativo.
- Ciencia escolar.
- Investigación-acción

Principios:

- Potencialmente el alumno tiene una gran capacidad de aprender que hay que aprovechar.
- La responsabilidad del aprendizaje es del alumno... y la de la enseñanza del profesor.
- El aula es un ecosistema complejo como lo es la comunicación humana.
- El ambiente de clase no es algo inocuo sino determinante en el proceso
- No es lo mismo "dar" los temas que enseñar Ciencias.
- La Física y la Química son ciencias que no se restringen exclusivamente a los contenidos conceptuales.
- Los contenidos procedimentales no se pueden circunscribir a la observación y a la medición; hay otros de mayor relevancia y más adecuados a estos niveles educativos.
- En la planificación, el profesor integra sus conocimientos científicos y didácticos y, su experiencia práctica.
- La evaluación marca el proceso de E/A: no sólo debe servir para calificar sino para tomar decisiones.

Conceptos-clave:

Enseñanza/Aprendizaje de las Ciencias, ideas y esquemas conceptuales, aprendizaje de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales), Educación Secundaria, evaluación en Ciencias, diseño de unidades didácticas, diseño de actividades, programa-guía, cuaderno de trabajo del alumno y ambiente de clase.

Preguntas centrales

- ¿Son los conocimientos de los alumnos respecto a las Ondas en general y respecto al Sonido y la Luz en particular, suficientes y estructurados desde el punto de vista científico?.

- ¿Favorece la aplicación en el aula de la metodología ensayada, una evolución positiva de los conocimientos de los alumnos respecto a las Ondas en general y respecto al Sonido y la Luz en particular? y, además, ¿cómo es valorado por los estudiantes de cara a su aprendizaje?.

- ¿Son los conocimientos de los alumnos, respecto a las Ondas en general y respecto al Sonido y la Luz en particular, después de la metodología ensayada, significativamente más estructurados y mejores desde el punto de vista científico?.

Marco procedimental

Afirmaciones sobre el conocimiento:

- Ver hipótesis experimentales

Interpretación de los resultados:

- Sobre contenidos conceptuales
- Sobre los esquemas conceptuales
- Sobre contenidos procedimentales
- Sobre contenidos actitudinales
- Sobre los instrumentos de evaluación

Trasformación y análisis de los datos de los registros:

- En las pruebas pretest y postest
 - Análisis descriptivo: conceptual y procedimental
 - Identificación de esquemas conceptuales
 - Análisis cuantitativo
 - Análisis de las características del instrumento
- En las pruebas de actitudes y retención
 - Análisis descriptivo
 - Análisis cuantitativo
- En los cuadernos de trabajo de los alumnos y diario del profesor:
 - Categorización de la información
 - Análisis de los problemas
- En las entrevistas
 - Tabulación y categorización de respuestas
- Estudios de contraste:
 - Pretest-postest
 - Postest- retención

Registros del módulo de Ondas:

- Pruebas iniciales sobre contenidos:
 - conceptuales
 - procedimentales
 - actitudinales
- Datos sobre el seguimiento:
 - Cuaderno de trabajo de los alumnos
 - Diario del profesor
 - Entrevistas
 - de la valoración de los alumnos
 - de profundización
- Pruebas finales sobre contenidos:
 - conceptuales y procedimentales
 - actitudinales
- Prueba de retención y olvido

Acontecimientos

- Diseño de la metodología:
 - antes del módulo de Ondas.
 - después del módulo de Ondas.
- Diseño de los instrumentos de recogida de información
- Aplicación en un aula de 2ºFP1 del IFP de Molina de Segura

FIGURA 1.2

CAPÍTULO II

Este Capítulo se centra en la descripción del diseño de la investigación. Para ello, empezamos por describir los sujetos y características de las muestras utilizadas que, como dijimos, corresponden a tres de los grupos a los que, en el momento de realizar este trabajo, impartíamos clases de Física y Química. Posteriormente, se explicita el diseño experimental propiamente dicho, a partir de las exigencias que se derivan de las Hipótesis declaradas.

A continuación se detalla la variable independiente (en nuestro caso, la metodología ensayada). Se incide en los planteamientos generales que inspiran nuestra propuesta, tanto en el papel del profesor, de los alumnos, de los materiales, de la evaluación,... Se describe sintetizadamente la fase previa, con la que nos hemos acomodado al proceso (módulos de Cinemática, Propiedades físicas de la materia y Circuitos eléctricos). Para concluir esta descripción con la planificación del módulo objeto de estudio (análisis científico y selección del contenido académico, problemática didáctica del aprendizaje de los mismos y secuencia de actividades).

Otro de los elementos importantes de la investigación también se recoge: las variables dependientes del trabajo; en concreto se detallan los instrumentos utilizados para la recogida de la información. Así aparecen pruebas de aprendizaje conceptual y procedimental, escalas de actitudes, entrevistas de profundización en los cuadernos de trabajo de los alumnos, protocolos de entrevista de valoración del proceso de aprendizaje por los estudiantes y la estrategia usada para delimitar la prueba de retención. Por último, se definen los tests estadísticos utilizados para el tratamiento de toda esta información.

C.2.1 SUJETOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Los alumnos con los que llevamos a cabo la investigación pertenecían a tres grupos de Formación Profesional de primer grado del I.F.P. de Molina de Segura (Murcia), dos de ellos pertenecientes a la rama de Electrónica y uno a la de Electricidad; todos eran del mismo nivel. Pasamos a continuación a describir algunos datos que pueden caracterizar la muestra.

Hemos elaborado los Cuadros 2.1, 2.2 y 2.3 (uno para cada uno de los cursos en los que estaban encuadrados) en las que incluimos el nombre del alumno, la fecha de su nacimiento, el domicilio habitual durante el curso 1991/1992, si estaban o no en posesión del título de Graduado escolar, si causaron baja o no a lo largo del curso y, en el caso de no serlo, el número con el que figuraban en la investigación, si eran repetidores y los estudios que habían realizado tanto su padre como su madre que dividimos en tres categorías, tantas como las que figuraban en el impreso de matrícula que rellenaron al matricularse.

Aún a pesar que sabemos que no es demasiado ortodoxo que en dichos cuadros figuren los nombres de los alumnos a los que les impartimos clase, queremos hacerlo así como un pequeño homenaje a los estudiantes en general (todos lo hemos sido en alguna ocasión) y a estos, en particular, por la gran dedicación y el interés que demostraron en superar las muchas dificultades que tuvimos a lo largo de todo el curso. Nos viene a la cabeza en estos momentos el comentario de uno de ellos, que queremos compartir; al conocer éste, que estábamos haciendo una investigación en el aula sobre su trabajo y el de sus compañeros, nos dijo:

Entonces.... ¿nosotros vamos a salir en ese "libro"? ¿Pero si nosotros no sabemos nada de Física y Química! ¡Qué vergüenza!.

CURSO 2º A FPI ELECTRÓNICA

Nombre	Fecha nacimien.	Domicilio	Graduado Escolar	Baja	Repetía curso	Estudios Padre	Estudios Madre
Alfonso García, Luis	8-6-75	Torres de Cotillas	Sí	No (1)	Sí	Primarios	Primarios
Ayala Gomariz, José	3-10-75	Molina de Segura	Sí	No (2)	No	Primarios	Primarios
de la Barrera López, José	15-12-73	Molina de Segura	Sí	No (45)	Sí	Medios	Primarios
Cantero Mtnéz, Emilio J.	16-11-73	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Esteve Sánchez, Fco.T.	15-7-75	Lorquí	Sí	No (3)	No	Primarios	Primarios
Fdez Párraga, Antonio J.	21-5-76	Torres de Cotillas	Sí	No (46)	No	Primarios	Primarios
Galián Dólera, José	22-10-74	Torres de Cotillas	No	No (47)	Sí	Primarios	Primarios
García Garres, M. Ángel	29-11-73	Torres de Cotillas	Sí	No (4)	No	Primarios	Primarios
García Marco, Antonio	3-12-75	Torres de Cotillas	Sí	No (5)	No	Primarios	Primarios
García Pastor, Juan A.	11-10-73	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
García Sánchez, Jose L.	18-1-75	Lorquí	No	Sí	Sí	Medios	Primarios
Gómez Nicolás, Juan C.	30-10-76	Molina de Segura	Sí	No (6)	No	Medios	Primarios
González Rodríguez, Juan	11-2-76	Molina de Segura	Sí	No (48)	Sí	Primarios	Primarios
Hernández Almáida, Jose	1-11-76	Torres de Cotillas	Sí	No (7)	No	Medios	Primarios
Hernández Hdez, José	17-11-75	Lorquí	Sí	Sí	No	Primarios	Primarios
López Fernández, Miguel	28-4-75	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
López López, Vicente	9-8-73	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Medios	Primarios
Martínez Grúa, J. Donato	7-4-73	Molina de Segura	Sí	No (8)	Sí	Primarios	Primarios
Martínez Gomariz, José	8-4-76	Torres de Cotillas	Sí	No (9)	No	Primarios	Primarios
Martínez López, Jose Luis	20-7-76	Lorquí	Sí	No (10)	No	Medios	Primarios
Molina Galián, Antonio	5-8-75	Torres de Cotillas	Sí	No (11)	Sí	Medios	Primarios
Navarro Navarro, David	18-8-76	Molina de Segura	Sí	No (12)	No	Primarios	Primarios
Nicolás Bastida, José	14-5-75	Molina de Segura	Sí	No (49)	Sí	Primarios	Primarios
Olmedo Muñoz, Daniel	9-10-76	Torres de Cotillas	Sí	No (13)	No	Primarios	Primarios
Ortuño Giménez, Pedro J	26-4-76	Molina de Segura	Sí	No (14)	No	Primarios	Primarios
Rosauro Riquelme, Ezequiel	10-11-76	Molina de Segura	Sí	No (15)	No	Medios	Primarios
Sánchez Sánchez, J. Ant.	12-10-75	Ceutí	Sí	Sí	No	Primarios	Primarios

Cuadro 2.1

CURSO 2º B FP1 ELECTRÓNICA

Nombre	Fecha nacimien.	Domicilio	Graduado Escolar	Baja	Repetía curso	Estudios Padre	Estudios Madre
Callejas García, Rafael	10-7-75	Torres de Cotillas	Sí	No (16)	No	Primarios	Primarios
Campillo Nicolás, J. Ángel	5-2-76	Alguazas	Sí	No (17)	No	Primarios	Primarios
Castellón Asís, Fulgencio	7-6-76	Molina de Segura	Sí	No (18)	No	Primarios	Primarios
Conesa Moreno, Joaquín	4-4-75	Molina de Segura	Sí	No (19)	No	Primarios	Primarios
Conesa Nuñez, David	19-7-76	Molina de Segura	Sí	No (20)	No	Primarios	Primarios
Dólera Gregorio, Juan J.	21-17-75	Molina de Segura	Sí	No (21)	No	Primarios	Primarios
Ferrando García, Ángel	28-4-75	Molina de Segura	No	No (50)	Sí	Superiores	Medios
Gª Hernández, J. Carlos	19-12-74	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
García López, Antonio	6-9-76	Llano de Molina	Sí	No (22)	No	Primarios	Primarios
Gª Palazón, Pedro Pablo	26-3-76	Molina de Segura	No	No (23)	No	Medios	Primarios
Gómez García, Germán	25-7-75	Molina de Segura	Sí	No (24)	No	Primarios	Primarios
Gómez López, Julio J.	21-1-75	Molina de Segura	Sí	No (25)	No	Primarios	Primarios
Hdez. Andugar, Fº Alfon.	10-10-75	Lorquí	Sí	No (26)	No	Primarios	Primarios
López Ortiz, Antonio	25-11-76	Molina de Segura	Sí	No (27)	No	Primarios	Primarios
Martínez Martínez, Óscar	24-11-74	Molina de Segura	No	Sí	No	Superiores	Primarios
Masgrau Berenguer, Sergio	4-11-75	Molina de Segura	Sí	No (28)	Sí	Medios	Primarios
Moreno Rabadán, Antonio	17-12-74	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Paños Martínez, Jose Fº	22-3-76	Molina de Segura	Sí	No (29)	No	Primarios	Primarios
Pastor López, Juan M.	6-11-76	Molina de Segura	Sí	Sí	No	Primarios	Medios
Pinar Martínez, Javier	3-8-76	Molina de Segura	Sí	No (30)	No	Primarios	Primarios
Quiles Romero, Julián	2-11-74	Molina de Segura	Sí	No (31)	No	Primarios	Primarios
Sarabia Ferrer, Bernardino	25-3-73	Ceutí	Sí	No (32)	Sí	Primarios	Primarios
Vidal Gil, Jose Antonio	18-10-73	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Vidal Ortiz, Bonifacio	16-2-75	Molina de Segura	Sí	No (33)	No	Primarios	Primarios
Zapata Martínez, José	27-1-75	Torres de Cotillas	Sí	No (34)	No	Primarios	Primarios

Cuadro 2.2

CURSO 2º FP1 ELECTRICIDAD

Nombre	Fecha nacimien.	Domicilio	Graduado Escolar	Baja	Repetía curso	Estudios Padre	Estudios Madre
Alacid Palazón, Antonio	18-11-75	Molina de Segura	Sí	Sí	No	Primarios	Primarios
Almagro Ortiz, Javier	8-3-76	Molina de Segura	Sí	No (35)	No	Primarios	Primarios
Bernal Gambín, Dionisio	8-5-74	Molina de Segura	Sí	No (36)	No	Primarios	Primarios
Bernal García, Pedro	18-4-76	Molina de Segura	Sí	No (37)	No	Primarios	Primarios
Carrión Díaz, Fº Emiliano	21-6-73	Molina de Segura	Sí	No (51)	Sí	Medios	Medios
Castellar García, Javier	19-1-76	Molina de Segura	Sí	No (38)	No	Primarios	Primarios
Contreras Schez., Joaquín	10-2-75	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Dólera Fdez, Antonio	15-1-75	Alguazas	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
García Lozano, Fº José	31-8-75	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Garrido Ripoll, Diego M.	26-8-74	Campos del Rio	Sí	Sí	No	Primarios	Primarios
Gil Valero, Juan José	30-8-76	Ceuti	Sí	No (39)	No	Medios	Primarios
Gomariz Castillo, Mariano	18-9-75	Molina de Segura	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Hernández García, Jose L.	13-6-74	Molina de Segura	Sí	No (40)	No	Medios	Medios
Marco Bermejo, David	22-12-76	Lorquí	Sí	No (41)	No	Medios	Primarios
Miñano Blasco, Enrique J.	26-2-74	Molina de Segura	Sí	Sí	No	Medios	Primarios
Pay Banegas, Pascual	3-12-76	Archena	Sí	No (42)	No	Primarios	Primarios
Ponce Sarabia, Pedro	2-11-72	Molina de Segura	No	No (43)	Sí	Medios	Primarios
Ruiz Illán, Jesús	16-12-75	Ribera de Molina	Sí	Sí	No	Primarios	Primarios
Soler García, Antonio	4-11-73	Fortuna	Sí	Sí	Sí	Primarios	Primarios
Torres Moreno, Juan J.	2-7-74	Molina de Segura	Sí	No (44)	Sí	Primarios	Medios

Cuadro 2.3

Se puede observar que los 72 alumnos matriculados estaban distribuidos de forma bastante homogénea (27 en 2º FP1 A de Electrónica, 25 en 2º FP1 B de Electrónica y 20 en 2º FP1 de Electricidad). Esto nos hace suponer que las diferencias que pudieran derivarse de la distinta composición numérica de los grupos fueron poco significativas. Teniendo presente estos datos podemos decir:

- Al comienzo del curso había 25 alumnos de la muestra (el 34.72%) nacidos en el año 1976, 26 (el 36.11%) nacidos en el año 1975, 10 (el 13.89%) nacidos en 1974, 10 (el 13.89%) nacidos en 1973 y 1 (el 1.39%) en 1972.

- De los que tenían que cursar la asignatura de Física y Química, 45 (el 62.50%) residían en la misma localidad en la que se encontraba el Instituto, es decir en Molina de Segura; el resto, en poblaciones cercanas: 11 (el 15.28%) en Torres de Cotillas, 6 (el 8.33%) en Lorquí, etc....

- 66 alumnos (el 91.17%) tenían el título de Graduado Escolar y 25 (el 34.72%) repetían curso.

- Los estudios del padre eran primarios en 54 ocasiones (el 75.00%), medios en 16 (el 22.22%) y universitarios en 2 (el 2.78%). En el caso de la madre eran primarios en 67 ocasiones (el 93.05%), medios en 5 (el 6.94%) y universitarios en ninguna (el 0.00%).

De los alumnos que comenzaron en la asignatura de Física y Química

- causaron baja 21 (el 29.17%) por diversas circunstancias a lo largo del curso, por lo que lo terminaron 51 (el 70.83%), que es un porcentaje muy elevado teniendo en cuenta el gran número de abandonos que suelen darse en el primer grado de los Institutos de Formación Profesional.

- de los 51 superaron la asignatura 36 alumnos (el 50% de los matriculados y el 70.58 % de los que la acabaron): 3 con la calificación de sobresaliente, 7 con la de notable, otros 7 con la de bien y 19 con la de suficiente.

Circunstancias	Alumnos
Abandono de estudios (5)	1, 8, 16, 33 y 40
Repitieron la asignatura (14)	2, 4, 7, 9, 13, 19, 23, 27, 28, 41, 44, 46, 47 y 48
Repitieron curso aprobando asignatura (11)	10, 14, 21, 25, 26, 29, 31, 32, 35, 38 y 51
Pasaron de curso y aprobaron (17)	6, 11, 12, 15, 17, 18, 20, 22, 24, 30, 34, 37, 39, 42, 45, 49 y 50

Para el estudio de las subhipótesis correspondientes a la retención al cabo de un cierto tiempo, nos aseguramos que los alumnos de esta parte de la muestra no hubieran recibido información institucional sobre los contenidos objeto de enseñanza. Para ello, controlamos no sólo las asignaturas de Física sino también otras que, por el carácter de las especialidades que estudian, pudieran distorsionar las condiciones establecidas en nuestra investigación. Con estas precauciones y dada la lógica mortalidad estadística de la muestra inicial, quedó configurada con los alumnos

1	2	4	6	7	9	10	11	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	25
27	28	29	30	31	32	34	35	37	38	39	41	42	45	46	49	50	51	

C.2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el apartado C.1.4 del capítulo anterior esbozamos las hipótesis de nuestra investigación y en C.1.5 el plan de trabajo que derivaba de las mismas. Siguiendo a Kerlinger (1981), en este apartado pretendemos exponer algunas de las estrategias que vamos a utilizar para dar respuesta a los interrogantes planteados en el trabajo.

Previamente habría que indicar que el objetivo del diseño experimental no ha sido plantear una estructura de investigación que permitiera una generalización de los resultados; esto pasaría por unas características muestrales determinadas, la existencia de grupos de control,... de las que no hemos hecho uso porque creemos que desvirtuarían la esencia de este trabajo. Todo ello no quiere decir que no valoremos otras investigaciones, incluso propias, en las que hemos tenido estos referentes sino que, en ésta, no pensamos que fueran útiles para nuestros propósitos. Fundamentalmente, hemos intentado evitar un excesivo encorsetamiento de las experiencias que probablemente no hubiera favorecido otros logros y hallazgos muy interesantes que hemos encontrado.

Lo que sí nos ha parecido importante cuidar es el proceso previo a la puesta en práctica de la propuesta innovadora que queríamos ensayar. Parece claro que cuando se introduce una modificación metodológica en el aula existe un periodo de acomodación, tanto de alumnos como del profesor, que sufre altibajos y que enrarece en gran medida la información recogida en esa fase de cara al establecimiento de unos resultados fiables desde una perspectiva experimental. En este sentido, creímos conveniente ir introduciendo la dinámica de trabajo, probada anteriormente, poco a poco y, una vez que existían unos hábitos exigibles para el cambio metodológico, ensayamos nuestro módulo de aprendizaje. Este proceso de acomodación debía ser amplio, pues las experiencias anteriores en el sistema educativo habían establecido estereotipos, conductas, actitudes, formas de trabajar,... que eran manifiestamente contrarias a nuestros planteamientos. Aunque, más adelante, vamos a realizar una descripción muy sistematizada de su desarrollo, no queremos obviar ese elemento en este apartado, ya que constituye una parte importante del diseño experimental que no se refleja en las diferentes hipótesis de la investigación que tienen otros objetivos.

Como ya hemos señalado, la investigación se ha centrado en la puesta en práctica del módulo de aprendizaje -fundamentado científica y didácticamente- en unas clases de 2º curso de 1º grado de Formación Profesional. No hemos buscado que éstas tuviesen unas características especiales sino que han sido simplemente las que nos habían correspondido en la distribución horaria del Instituto. Es, pues, una muestra incidental, en la que no se ha buscado la representatividad sino una situación natural y típica en la enseñanza: trabajar en el aula con unos alumnos a los que previamente no se les han aplicado técnicas de muestreo de ningún tipo.

Ahora bien, esto no implica que no caractericemos la muestra de alumnos de cara a que en la comunicación de resultados tengamos definidas las condiciones de partida, objetivo de la *Hipótesis Principal Uno*. En este sentido, había que delimitar las variables respecto a las cuales definíamos nuestro grupo. Se han utilizado en la literatura científica muchas y diversas: tests de inteligencia, estadios de desarrollo cognitivo, factores sociológicos,... A nosotros nos parece más útil conocer y determinar cuáles son los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales de los sujetos de la muestra. Creemos, además, que conocer lo que saben los alumnos no es sólo una exigencia que deriva desde la perspectiva del diseño experimental sino que nos da una información útil para el diseño de la propuesta didáctica, para la utilización de estos conocimientos en el propio discurso pedagógico, para llevar a la práctica planteamientos metodológicos de tipo constructivista,...

Por todo ello, esta hipótesis se centra en la caracterización de la muestra experimental en función de los conocimientos científicos previos que tienen sobre la materia objeto de estudio. Vamos a mantener en esta delimitación la clasificación en tipos de contenidos puesta de manifiesto en los currícula oficiales. No obstante, habría que matizar que esta diferenciación es más semántica que real. Ideas como que los conceptos científicos no son estructuras aisladas, que existe una interrelación y dependencia entre los marcos teóricos y metodológicos, o que las actitudes se fundamentan en conocimientos cognoscitivos y experiencias, nos indican la posible contradicción de una atomización que ignore la concepción global del aprendizaje.

Posteriormente, la *Hipótesis Principal Dos* se ocupa de la puesta en práctica de un módulo de aprendizaje previamente fundamentado en un análisis de su problemática científica y didáctica. Muchos trabajos centran la atención en los resultados de un pretest y un postest, sin profundizar en las causas de las posibles diferencias encontradas. De esta forma, las propuestas ensayadas pasan a ser una "caja negra", definida por tópicos más o menos del momento, pero que no reflejan el fondo de la evolución del conocimiento.

En otros casos, un excesivo control a base de pruebas permanentes hacen de una investigación en el aula, una sucesión de exámenes que desvirtúan, sobre todo, el aprendizaje de los alumnos. El problema fundamental en estas situaciones es que la información recogida no es fiable de cara a conocer qué sabe el estudiante, pues éste termina aburriéndose del excesivo control y desde luego no comprometiéndose con sus opiniones en un proceso que le resulta ajeno. Nos parece más útil buscar alguna estrategia que permita conocer qué está pasando en el proceso pero que no lo atosigue. Parece necesario utilizar herramientas próximas a su aprendizaje y personalizadas. Por ello, creemos que sus propios cuadernos de trabajo, dentro de una dinámica que posibilite realmente que sea un instrumento de reflexión, puede ser un elemento favorecedor para nuestro diseño experimental.

Obviamente, se precisa una clarificación de la información contenida en los cuadernos de trabajo, pues no es precisamente la comunicación escrita uno de los elementos emblemáticos que caractericen a los alumnos de estas edades y niveles educativos. Por ello, habrá que completarla con la realización de entrevistas que nos permitan profundizar en los datos aportados, pero siempre paralelamente al proceso de construcción del conocimiento.

Lógicamente, en una dinámica tan participativa resultaría paradójico no contar con la percepción que el estudiante tiene del propio proceso de enseñanza. Pensamos que el destinatario de una propuesta debe participar en la valoración de la misma, fundamentalmente porque supone una clarificación de qué se ha realizado realmente en el aula, lo que implica además, una delimitación de la variable independiente del diseño experimental. Dada la importancia que para nosotros tiene esta "percepción del usuario", vamos a utilizar una entrevista amplia y estructurada como técnica de recogida de información. Pensamos que otros tipos de instrumentos como escalas de estimación, diferencias semánticas,... pierden matices muy significativos para nuestro propósito, aunque lógicamente resulten más cómodos para el tratamiento de datos.

Parece evidente que, en un trabajo de estas características, se haga una valoración final de los aprendizajes generados; éste es el eje de la *Hipótesis Principal Tres*. Creemos que se pueda mantener la distinción entre contenidos ya apuntada, pero sin perder de vista la visión global del aprendizaje. En este sentido, vamos a tratar no sólo de evaluar ítems aislados, sino estructuras conceptuales que previamente habrá que determinar. Es decir, hay que incorporar el diseño experimental la idea de que un auténtico aprendizaje supone el establecimiento de esquemas conceptuales, que permiten una transferencia del conocimiento.

Pero, quizás, todo esto sería contradictorio con la idea del aprendizaje significativo si nos limitásemos a una evaluación inmediata de los aprendizajes; en dicha circunstancia, el predominio de la memoria a corto plazo puede enturbiar en gran medida la información recogida. Precisamos, pues, una estrategia que permita comprobar qué es lo que queda al cabo de un cierto tiempo. El hecho de que no existan unas pérdidas significativas puede suponer una cierta estabilidad en lo aprendido; mientras que lo contrario nos llevaría a considerar que sólo hemos generado una cierta sensibilización o hemos introducido ideas más o menos anecdóticas sobre la temática. Es, pues, ésta la "prueba de fuego" sobre la rentabilidad de nuestra intervención y, en este sentido, nos parece interesante que el diseño contemple una evaluación posterior del proceso.

Además de conocer cuál es la situación inicial, intermedia y final, los datos nos pueden permitir un contraste entre los distintos referentes utilizados; esto es el fundamento de la *Hipótesis Principal Cuatro*. En un diseño experimental más ortodoxo, habría que repetir pruebas para posibilitar una "comparación exacta" entre los distintos "tempus" de la investigación. Sin embargo, la conducta humana, mucho más rica y compleja que las variables científicas (temperatura, longitud,...), nos lleva a incluir en el diseño la idea de dimensión dentro de una concepción global del aprendizaje. Es decir que, al pasar, por ejemplo, la prueba inicial, uno de los objetivos de la misma será delimitar qué sabe el alumno sobre la naturaleza del sonido, las magnitudes características de las ondas, la reflexión de la luz,... Para ello, a partir de las respuestas de los estudiantes a uno o varios ítems, nosotros debemos identificar qué estructuras conceptuales está utilizando a lo largo de sus contestaciones; a este proceso lo denominamos dimensionar la prueba. Desde esta perspectiva, no precisaremos que sean los mismos instrumentos porque no es necesario contrastar ítem a ítem, sino dimensión inicial y final.

Además, nos interesa indagar en aspectos como qué influencia puede existir de las características iniciales o qué relación hay entre la información recogida en las libretas y en los resultados finales. Este cruce de datos resulta complejo y precisa de una cuantificación con los consiguientes problemas de pérdida de información, simplificación subjetiva, isomorfismos numéricos en una realidad llena de matices,... pero resulta muy ilustrativo de cara a profundizar en aspectos importantes del diseño experimental.

En resumen, siguiendo la simbología de Campbell y Stanley (1979) podríamos hablar de un diseño del tipo pretest-posttest-posttest separado sin grupo de control, presumiblemente caracterizado como cuasi experimental, pero

que cumple las intenciones de nuestro trabajo. Simbólicamente podríamos representarlo como en el Cuadro 2.4

Muestra A	X_p	$O_i = f(O_{ie}, O_{ip}, O_{ia})$ $O_{ie} = f(O_{ic})$	X_o X_s X_l	$O_{so} = f(O_{io}, O_a)$ $O_{ss} = f(O_{is}, O_a)$ $O_{sl} = f(O_{il}, O_a)$	$O_f = f(O_{fe}, O_{fp}, O_{fa})$ $O_{fe} = f(O_{fc})$	
Muestra A'						O_r
$A' \subset A$		H.P.1	H.P.2	H.P.3		

Cuadro 2.4

Donde cada una de las claves tiene el siguiente significado:

X_p : Intervención previa realizada con otros métodos de investigación

O_i : Observación inicial, función de una serie de observaciones

O_{ie} : Observación inicial respecto a los esquemas de conocimiento, función de las respuestas dadas en la prueba de contenidos conceptuales (O_{ic})

O_{ip} : Observación inicial respecto a los contenidos procedimentales

O_{ia} : Observación inicial respecto a los contenidos actitudinales

X_o : Intervención del módulo de Ondas

O_{so} : Observación del seguimiento del módulo de Ondas, obtenida paralelamente al desarrollo del mismo y que es función de la información recogida en las libretas (O_{io}) y de las apreciaciones de los alumnos sobre el proceso (O_a)

X_s : Intervención del módulo de Sonido

O_{ss} : Observación del seguimiento del módulo de Sonido, obtenida paralelamente al desarrollo del mismo y que es función de la información recogida en las libretas (O_{is}) y de las apreciaciones de los alumnos sobre el proceso (O_a)

X_l : Intervención del módulo de la Luz

O_{sl} : Observación del seguimiento del módulo de la Luz, obtenida paralelamente al desarrollo del mismo y que es función de la información recogida en las libretas (O_{il}) y de las apreciaciones de los alumnos sobre el proceso (O_a)

O_f : Observación final que es función de una serie de observaciones

O_{fe} : Observación final respecto a los esquemas de conocimiento que es función de la prueba de contenidos conceptuales (O_{fc})

O_{fp} : Observación final respecto a los contenidos procedimentales

O_{fa} : Observación final respecto a los contenidos actitudinales

O_r : Observación en la prueba de retención

Las X constituyen la intervenciones desarrolladas y, por lo tanto, configuran la variable independiente del diseño. Las O son las observaciones realizadas y determinan las variables dependientes. A todas ellas nos referiremos en los apartados siguientes de este capítulo.

C.2.3 VARIABLE INDEPENDIENTE: METODOLOGÍA Y ENSEÑANZA DE LAS ONDAS, SONIDO Y LUZ

Como hemos afirmado anteriormente la variable independiente de nuestro trabajo es la metodología que hemos utilizado en el aula. En este apartado vamos a concretar las características fundamentales que la definen. Para ello, vamos a referirnos a tres aspectos: principios inspiradores de la metodología de aula, especificación de la fase de adaptación y descripción del módulo de Ondas, Sonido y Luz.

En el primero expondremos los elementos claves de la forma de trabajar en clase, incidiendo en la organización del aula, el papel del profesor y en la evaluación. En el segundo, comentaremos brevemente la evolución metodológica previa a nuestra intervención a través de los módulos de Cinemática, Propiedades físicas de la materia y Circuitos eléctricos. En el último, fundamentaremos y estableceremos el módulo ensayado a partir del análisis del contenido científico (conceptual y procedimental), análisis de la problemática de su aprendizaje y determinación de la secuencia de enseñanza.

C.2.3.1 Planteamiento metodológico

Cuando se habla de cualquier metodología desde el punto de vista teórico, se suele concretar cuáles son las intenciones educativas, en qué teoría del aprendizaje se sustenta, cómo es la secuencia de enseñanza, etc. Ahora bien, por muy perfilada o definida que sea, no se puede hablar de una única y correcta interpretación, aceptada universalmente por cualquier profesional de la docencia que la pusiera en práctica.

La realidad, según nuestra opinión, es muy distinta. Cuando un profesor decide aplicar en el aula unos planteamientos metodológicos concretos surgen problemas inesperados y dificultades añadidas para cuya solución es necesario tomar decisiones comprometidas; y esas decisiones, que podemos asegurar que son numerosas, lógicamente tienen el referente de su aula y de sus alumnos. Por ello y aún suponiendo el dominio exhaustivo de los principios que inspiran un planteamiento por parte del docente, su puesta en práctica tendrá unas características singulares que le confieren entidad propia, que es necesario matizar si queremos conocer con exactitud qué es lo que realmente hace el profesor en el aula.

Refiriéndonos a nuestro caso concreto, hemos utilizando una metodología que posee un enfoque constructivista. No obstante, vamos a tratar de explicar a lo largo de este apartado cuál es la lectura práctica que hacemos de la misma y cuáles son las decisiones que tomamos para enfrentarnos a los problemas que surgen a lo largo del desarrollo de nuestras clases.

Como afirman algunos autores (Sánchez Blanco y Valcárcel, 1993) los planteamientos metodológicos nos informan sobre las funciones que profesor y alumno desempeñan en el proceso de E/A y están determinados por las teorías y creencias personales que el profesor sustenta, fundamentalmente sobre la naturaleza de la Ciencia, la naturaleza del proceso de E/A y la función del sistema educativo. Aunque puede haber otros (Clark y Peterson, 1990), nos centraremos principalmente en los siguientes:

- Organización del aula: forma de trabajo, clima de aula e instrumentos de trabajo
- Creencias y teorías implícitas del profesor en relación con la Ciencia, la materia a enseñar, los alumnos, el proceso de enseñanza-aprendizaje, los grupos de trabajo y la evaluación

Todos estos elementos estén íntimamente relacionadas entre sí; por lo tanto, nosotros vamos a diferenciarlos semánticamente para facilitar su descripción pero lógicamente surgen puntos comunes ya que en el aula inexorablemente están solapados.

A) Organización del aula

Dentro del proceso de Enseñanza/Aprendizaje, la organización del aula es uno de los elementos más importantes. Esta condiciona los resultados obtenidos por lo que ha de ser coherente con los presupuestos teóricos,

propiciar el aprendizaje significativo y contribuir a alcanzar todos aquellos objetivos que nos hallamos marcado. Ha de cumplir, por tanto, una serie de premisas como la de no ser autoritaria, ser flexible, favorecer el trabajo responsable y la actividad intelectual del estudiante, propiciar su participación, etc. Pero, además, también debe sintonizar con los intereses y preferencias que los alumnos tienen respecto al desarrollo de las clases, si quiere contar con su colaboración.

Por ello, la organización escolar es algo complejo pues debe aglutinar y hacer compatibles todas estas variables, sin olvidar que estamos tratando con un grupo real y muy numeroso de adolescentes, de procedencia y nivel heterogéneo, a los que hay que poner en situación de aprendizaje. Para facilitar su descripción, lo hemos dividido en tres epígrafes que pasamos a explicar a continuación.

A.1 Dinámica de trabajo en el aula

Teniendo en cuenta que tanto la Física como la Química son Ciencias Experimentales, las clases se desarrollaron integrando la parte teórica y la parte práctica de la asignatura, con la intención de que los alumnos tuvieran la posibilidad de ir poniendo a prueba sus hipótesis, o de realizar sus propios diseños y experimentos.

La forma de trabajo que propusimos, compartida con el quehacer individual en ocasiones, estuvo basada fundamentalmente en promocionar el trabajo en pequeños grupos, cuya relevancia es de sobra conocida en el mundo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Esta propuesta, que pretendía que los alumnos se fueran acostumbrando a defender sus opiniones con argumentos, a escuchar a los demás, a compartir las tareas, a tolerar y a respetar a sus compañeros,.... está respaldada tanto por nosotros como por otros autores, aunque tiene unas características que por sus singularidades consideramos necesario describir a continuación.

Pensábamos que era conveniente que la formación de los grupos fuera libre mejor que obligatoria o al azar, ya que suele favorecer un clima relajado de trabajo, la participación de todos los miembros del grupo y el aprendizaje entre iguales. De todos modos, ya fuera por indicación de los propios alumnos (en los casos en los que se sintieran incómodos por cualquier razón) o por nuestra percepción como profesores (en el caso en que alguno de los grupos no funcionara adecuadamente) siempre estuvimos dispuestos a alterar dicha composición.

El número de componentes por grupo debía favorecer el reparto equitativo de tareas, la aplicación de diversas técnicas, la participación, etc. Lo más frecuente fue tener 4 ó 5 alumnos, de manera que el número de grupos por clase fuera de 5 a 7. Pensamos que, por encima de estos números, las dificultades tanto para la labor del profesor como para el propio funcionamiento de la clase serían mucho mayores.

Vimos conveniente que todos los grupos realizaran las mismas tareas. Trabajar los mismos contenidos de enseñanza permite un mayor contraste de pareceres y un mayor control de la dinámica por parte del profesor; pero no impide, además, que una misma actividad se desarrolle de diferentes maneras, con lo que se incide en una enseñanza más personalizada. No obstante, cuando los alumnos estuvieron más habituados a trabajar de esta manera y no eran tan dependientes de lo que hacían los demás o del profesor, se les plantearon simultáneamente tareas diferentes.

Consideramos fundamental que existan dos niveles de debate; el primero en grupo pequeño, ya que tanto por su génesis como por sus características de interrelación y número, reúne unas condiciones de tranquilidad y confianza, que facilitan la participación de los alumnos. Fue interesante también aplicar diferentes dinámicas de funcionamiento dentro del grupo pequeño, ya que la diversificación de técnicas colaboraba a eliminar la rutina y favorecer la motivación del alumno. Las que utilizamos más frecuentemente para abordar un problema eran del tipo:

- todos los miembros de cada uno de los grupos pequeños debaten a la vez intentando ponerse de acuerdo
- primero se debate por parejas y luego entre las parejas del grupo pequeño consensuando una sola respuesta
- primero se discute individualmente, después por parejas y, por último, entre parejas para llegar a un acuerdo

El segundo nivel de debate se establecía posteriormente en gran grupo, habitualmente denominado "puesta en común". Era imprescindible, ya que en él se recogían todas las opiniones de los distintos grupos, muchas veces diferentes y en algunos casos contradictorias, que solían propiciar el debate e, incluso, la discusión. Los alumnos en estas situaciones, al tratarse en la mayoría de los casos de los datos o resultados obtenidos por ellos mismos, participaban normalmente con gran entusiasmo, cosa que aprovechábamos para propiciar nuevas situaciones de aprendizaje.

Las puestas en común eran flexibles y se adaptaban a los resultados obtenidos por los alumnos para conseguir el mayor grado de participación y compromiso. La adopción de diferentes estrategias en función de las respuestas agilizaba el proceso y evitaba la pérdida de tiempo. Las que más hemos utilizado eran del tipo:

- un grupo designado por el profesor o voluntariamente ofrece sus resultados; a continuación se identifican los grupos que habían llegado a la misma solución y los que tenían otra distinta y se establecía un debate entre ellos; era adecuada cuando había contestaciones diferentes.
- un grupo aportaba su solución al problema y los otros criticaban los resultados; era adecuada cuando no había muchas diferencias en las respuestas o cuando el que exponía había obtenido soluciones diferentes a todos los demás.

Las actividades que se utilizaron, aunque estaban condicionadas por la fase de desarrollo (iniciación, explicitación, etc.) para la que se diseñaron, tenían todas una serie de características comunes como las de ser:

- abiertas/divergentes: existían distintas soluciones o estrategias de solución, para que fomentaran la discusión entre los alumnos.
- ajustadas a sus capacidades cognitivas: ni tan difíciles que fueran incomprensibles para ellos, ni tan fáciles que no requirieran un esfuerzo mental; debían suponerles un reto intelectual.
- motivadoras: que se ajustaran a los intereses de los alumnos por estar próximas a la vida cotidiana, por su carácter novedoso, por estar relacionadas con temas de actualidad, por incluir aspectos manipulativos, etc.

A.2 Clima de aula

Consideramos que el clima de aula es uno de los factores determinantes del proceso de Enseñanza/Aprendizaje. Nuestra propia experiencia nos dice que es uno de los elementos claves de nuestra propuesta. Por ello, vamos a describir cómo entendemos que debía ser y qué acciones emprendimos para lograrlo.

En primer lugar debía ser agradable y relajado, ya que es fundamental que el alumno no se sienta incómodo o ajeno a lo que se está haciendo en clase. Con ello se pretendía lograr que no sintieran rechazo a su estancia en el aula y que la contemplaran como algo "normal" e incluso interesante, de forma que se implicaran activamente en el desarrollo de las sesiones de trabajo.

Por otro lado, el clima es algo que depende tanto del profesor como de los alumnos, por lo que es importante que para todos existan unas normas o acuerdos de funcionamiento comunes, que decididos de forma consensuada, regulen la actividad en el aula. Con ello pretendemos que tengan una información sobre lo que se espera de ellos en el aula, qué cosas se pueden hacer y cuáles no y, sobre todo cuáles son los derechos y obligaciones de cada uno. Pero también que vean al profesor como una persona interesada en colaborar con ellos, y no a alguien que desde el principio pretenda imponer sus propias normas.

Así, en todas aquellas facetas que son comunes (por ejemplo, la puntualidad, las faltas de asistencia o el respeto mutuo), es muy fácil llegar a acuerdos aunque sea solamente a nivel teórico. Esto siempre es positivo, aún en el caso en que no se cumpla por parte de los estudiantes. En cambio, es imprescindible que el profesor observe un cumplimiento exquisito de todas aquellas cosas que se ha comprometido a hacer o a dejar de hacer, elemento fundamental para crear y mantener confianza, lo que lógicamente redundará en un mejor clima de clase. Es mucho más rentable a medio y largo plazo, no prometer algo que no vamos a poder cumplir.

Entendemos que el papel del alumno en el aula debe ser activo, entendiendo como tal no sólo la actividad manual, sino también y fundamentalmente la intelectual; ésta se producirá en la medida en que lo propicien tanto la organización como el ambiente. Para ello, nos parecía necesario cultivar un clima que les incitara al trabajo. Teniendo en cuenta que estábamos organizados en grupos, íbamos por los mismos, mientras estaban realizando sus tareas, escuchando sus comentarios y dificultades. De esta manera los conocíamos directamente y propiciábamos que se acostumbraran al contacto con el profesor cuando estaban haciendo sus tareas, contemplando nuestra presencia como algo natural, una posible ayuda y no un elemento represor.

Como los contactos se producían tanto a nivel individual como de grupo, paulatinamente se fue creando una mayor confianza, lo que propiciaba un ambiente de aula, en el que, incluso, los errores no eran ningún "desdoro", sino algo que se produce inevitablemente y de lo que, además, se podía aprender. De esta manera, fomentando que llevaran a cabo sus tareas en libertad y acercándolos a una manera de funcionar cada vez más autónomo, logramos que, a la vez que iban trabajando los diversos contenidos, fueran asumiendo sus propias responsabilidades en el aprendizaje.

Creímos que los alumnos debían llegar a pensar que no era tan utópica la posibilidad de que hicieran Ciencia; tenían que ser conscientes de la importancia que tenía el trabajo que ellos mismos realizaban para su propio aprendizaje. Pero esto, que a priori parecía tan sencillo, fue difícil de lograr, tanto más cuando se trataba de alumnos que a lo largo de prácticamente toda su vida académica habían estado habituados a mantener una actitud pasiva en el aula.

Para lograr el clima que pretendíamos, planteamos actividades que pensamos que les podían resultar atractivas en sí mismas; fueron escogidas entre aquellas realizadas en cursos anteriores que reunían estos requisitos pero también acudimos a libros o trabajos de otros autores.

A.3 Instrumentos de trabajo en el aula

Es lógico suponer que no es posible que los alumnos, por sí solos, puedan construir todos los conocimientos que tanto tiempo y esfuerzo exigieron a los más relevantes científicos. Por ello parece necesario que cuenten con las suficientes ayudas para que, a lo largo de su actividad en el aula, logren la construcción de su propio aprendizaje. Las vías de solución que propusimos se basaban fundamentalmente en dos instrumentos: el programa-guía y el cuaderno de trabajo del alumno.

A.3.1 Programa-guía

Diversos autores confirman la importancia de este instrumento. Así, Driver y Oldham (1986) afirman que "quizá la más importante implicación del modelo constructivista, en el que se enmarcan nuestras propuestas didácticas, sea concebir el currículum no como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como un programa de actividades a través de las cuales dichos conocimientos y habilidades puedan ser construidos y adquiridos".

También Furió y Gil (1989) hacen referencia a los programas-guía y afirman que "la idea básica es que el desarrollo del tema ha de programarse a base de actividades a realizar por los alumnos constituyendo lo que se denomina programa-guía". Continúan los mismos autores diciendo que "la idea básica que subyace en la elaboración de los programas-guía es favorecer que, a través de las actividades, los alumnos puedan construir y afianzar conocimientos, al tiempo que se familiarizan con las características básicas del trabajo científico y adquieren un interés crítico por las ciencias y sus repercusiones. Pero ello exige que el conjunto de actividades tenga una lógica interna que evite aprendizajes inconexos y procesos excesivamente erráticos. Dicho de otro modo, ello exige que las actividades estén cuidadosamente estudiadas para cubrir el contenido del tema objeto de estudio. No puede pues, pensarse en actividades sueltas ni en una completa improvisación sino en un verdadero programa de investigación que pueda orientar y prever el trabajo de los alumnos y proporcione a estos un hilo conductor que dé sentido a su trabajo".

Asimismo Pontes (1989) afirma que "los trabajos prácticos de laboratorio concebidos como pequeñas investigaciones, constituyen la principal propuesta renovadora del trabajo experimental en el marco de la teoría constructivista de la enseñanza de las ciencias. El objetivo fundamental de esta propuesta consiste en practicar el método de investigación, permitiendo la actividad creativa y el aprendizaje comprensivo, mediante la realización de

las actividades indicadas en el *programa-guía*, que invitan al alumno a analizar cualitativamente los fenómenos físicos, emitir hipótesis sobre las variables que influyen, realizar diseños experimentales para contrastar las hipótesis, recoger y analizar los datos que se obtienen en la experiencia, buscar regularidades que puedan adquirir el rango de leyes, verificar o modificar las hipótesis, extraer conclusiones, proyectar aplicaciones de la experiencia, presentar informes, etc”.

Continúa diciendo Pontes (1989) que “el instrumento didáctico fundamental de esta propuesta es el programa-guía de actividades que modifica el papel del alumno en parte activa del proceso de Enseñanza/Aprendizaje y convierte al profesor en investigador y coordinador del trabajo de la clase. El programa-guía consiste en un conjunto de actividades, estructuradas en un orden lógico, que tienen el objetivo de guiar el trabajo de los alumnos en el desarrollo de su investigación, favoreciendo su participación activa en la construcción de los conocimientos. Las actividades son preparadas y seleccionadas por el profesor, que se convierte en investigador de su actividad docente. Como consecuencia de este planteamiento se deduce que la función del profesor será la del inventor-diseñador de situaciones de aprendizaje adecuadas, que han de concretarse en el programa-guía de actividades”.

Parece, pues, evidente desde el punto de vista teórico, la necesidad de utilizar un instrumento de estas características durante el desarrollo de las tareas de aula, sobre todo en una clases que, como éstas, se desarrollan con una metodología de enfoque claramente constructivista.

También desde nuestra propia experiencia práctica, hemos comprobado la importancia de dicho programa-guía, ya que el hecho de que los estudiantes dispongan de una guía escrita del trabajo que deben realizar facilita muchísimo el desarrollo de las clases, tanto para el profesor como para el alumno, por diversos motivos:

- las sesiones de clase son más operativas, ya que evita grandes pérdidas de tiempo al no tener que estar indicándoles a los alumnos constantemente lo que tenían que hacer y al no ser necesario ni dictarles ni comunicarlès oralmente las actividades que íbamos a realizar.
- colabora a acostumbrar al alumno a manejar información escrita y a interpretarla ya que, antes de cualquier actividad, debe previamente leer las indicaciones e informaciones del programa-guía para saber con precisión cuál es la tarea que tiene que realizar en ese momento.
- contribuye a crear un clima favorable en el aula, ya que marca el ritmo de trabajo, tanto del profesor como de los alumnos, dejando de estar condicionado exclusivamente por las intervenciones de aquél.
- al estar las tareas más distribuidas, hace más agradable el trabajo del profesor, ya que evita la dependencia absoluta de los alumnos respecto a su persona, paliando la necesidad de un protagonismo constante en el desarrollo de las sesiones.
- el soporte material que utilizamos eran fotocopias o multicopias que se les iban entregando de forma gratuita, de manera que cada uno de ellos dispusiera de su propia hoja de trabajo.
- no se lo proporcionábamos en una sola entrega, sino que lo hacíamos hoja por hoja conforme iban siendo necesarias.
- para facilitar la integración de dicho programa-guía en el cuaderno de trabajo del alumno cada una de las fotocopias llevaba un espacio en blanco para contestar las preguntas que allí se le hacían.

A.3.2 Cuaderno de trabajo del alumno

Cuando a los profesores de Ciencias Experimentales o a los propios alumnos, se les pregunta sobre cuál es la mayor dificultad de la puesta en práctica de una metodología que, como la constructivista, promueve un funcionamiento diferente de los estudiantes, siempre sale a colación el mismo asunto: los alumnos están desorientados a la hora de estudiar si no utilizan el libro de texto, porque son incapaces de elaborar materiales útiles para el aprendizaje.

Esta afirmación, con la que básicamente no estamos de acuerdo, no deja de tener una gran importancia. El comportamiento de los alumnos en el aula está mediatizado por la inercia de las clases denominadas "normales", la dificultad a la hora de expresarse por escrito, la confusión entre estudiar y memorizar, y el desconocimiento de la mayoría de los profesores sobre las diversas técnicas que pueden contribuir a la elaboración de materiales propios. Todo ello dificulta enormemente cualquier progreso en esta línea.

Pero de todas formas y aún reconociendo las grandes dificultades que existen, consideramos no sólo que no es algo imposible sino que además es absolutamente imprescindible, si queremos ser coherentes con nuestro planteamiento metodológico. Por ello uno de los instrumentos que utilizamos de forma habitual en el desarrollo de las sesiones es lo que se ha denominado cuaderno de trabajo del alumno.

Según Luna (1989) el cuaderno de trabajo del alumno va a ser "el libro de texto que irá construyendo día a día a lo largo del curso, registrando en él todas las incidencias que ocurran en el aula: intervenciones del profesor, anotaciones personales, debates del grupo, puestas en común del gran grupo, consultas bibliográficas, hipótesis, diseños de experiencias, etc". También va a ser, continúa diciendo Luna, "un instrumento que empleará el profesor para evaluar el progreso del alumno y el grado de consecución de los objetivos propuestos en su programación". Asumiendo esta sintética pero precisa definición de lo que significa el cuaderno del alumno, es necesario describir cómo entendemos que debe ser su desarrollo práctico y cuáles son las claves de su aplicación en el aula.

En principio era fundamental que los alumnos entendieran y compartieran los objetivos que pretendíamos con el uso del cuaderno de trabajo. Esto resultaba fundamental para lograr que se centraran en los aspectos verdaderamente significativos e importantes del instrumento. Su elaboración debían ir haciéndola paulatinamente, cada día, de manera que se convirtiera en una de las tareas habituales que se desarrollaban en el aula.

Pero también era necesario asumir la falta de hábito y la dificultad que tenían para expresarse a través del lenguaje escrito por lo que se hacía imprescindible un periodo de aclimatación o rodaje, que evitara su rechazo hacia este instrumento y que, además, facilitara que adquirieran, poco a poco y sin grandes traumas, una mayor fluidez escrita.

Las recomendaciones que necesariamente había que hacerles inicialmente, debían proporcionárles estos referentes y así lo hicimos nosotros, bien mediante indicaciones específicas en el desarrollo de las sesiones de trabajo, o bien a través de un instrumento de evaluación que utilizábamos cuando les corregíamos estos cuadernos de trabajo. Las indicaciones que les solíamos hacer a los alumnos en dicho instrumento, síntesis de las que les íbamos dando a lo largo del curso, quedan recogidas en el Cuadro 2.5.

El cuaderno de trabajo:	NO/NADA	POCO	REGULAR	BASTANTE	MUY/MUCHO
Está ordenado y organizado					
Está completo y al día					
Utiliza un lenguaje correcto					
Describe lo realizado en clase					
Contiene esquemas y dibujos					
Tiene los datos y gráficas ordenadas					
Contiene aclaraciones personales a las respuestas					
Amplia y completa los temas					
Recoge los debates					
Progresas con el tiempo					

Cuadro 2.5

Estas recomendaciones no eran arbitrarias sino que tenían unas claras intenciones educativas:

- tanto la información que se les suministraba como el trabajo que se realizaba eran bastante abundantes por lo que resultaba necesario que su disposición fuera ordenada y organizada, sobre todo en lo que respecta a los datos, tablas y gráficas.
- era muy importante que la llevaran al día, describiendo claramente y con detalle el trabajo que habíamos realizado en clase, tanto en la faceta de los debates como en la de las experiencias, con el fin de que tuvieran próximos los elementos sobre los que debían reflexionar.
- insistimos mucho en que utilizaran un lenguaje adecuado y riguroso en sus comentarios y explicaciones, no sólo para evitar las consabidas faltas de ortografía sino para lograr una mejora en la calidad de su discurso escrito.
- profundizando en el contenido, queríamos que se acostumbraran además a enriquecerlo con sus propios dibujos y esquemas, datos y gráficas,... lo que en nuestra opinión evitaba una realización superficial, a la vez que les daba unos mejores referentes a la hora del estudio.
- también nos parecía fundamental que las actividades realizadas no debían ser simplemente descritas, sino que tenían que ser aclaradas y justificadas, aunque fuera con sus propias palabras, para profundizar en el análisis científico que había tenido lugar en el aula.
- considerando que la iniciativa en cualquier trabajo era un valor sumamente interesante, valorábamos también sus propias aportaciones en cuanto a la toma de decisiones, iniciativas, ampliaciones, etc., que contribuyeran a hacerlos responsables de su propio aprendizaje.
- teniendo en cuenta las grandes diferencias existentes en la realización de los cuadernos y la heterogeneidad del alumnado, decidimos considerar también el progreso experimentado como un valor añadido en la valoración de los mismos.

Con todas estas indicaciones, pretendíamos eliminar, por un lado, la idea de que su realización consistía simplemente en una relación más o menos detallada de las respuestas a las preguntas del programa-guía y, por otro, que se centraran en los aspectos anecdóticos del cuaderno como podría ser la obsesión por la limpieza o por pasar a limpio las actividades que iban realizando.

El soporte físico de dicho cuaderno de trabajo era una libreta tamaño folio, un cuaderno de anillas similar o una carpeta con hojas sueltas, a elección de los alumnos en función de sus preferencias. Sí se les recomendó la utilización de hojas cuadrículadas y no en blanco para facilitar las representaciones gráficas que íbamos a hacer.

Dicha libreta o carpeta era individual. Cada uno debía realizar la suya personalmente, aunque podía contar con ayudas para su elaboración, como la de sus propios compañeros de grupo ó la de cualquier otra persona ajena o no a la clase y, perteneciente o no al mundo educativo. Debía ser exclusiva para la asignatura de Física y Química, por lo que había de estar separada de los apuntes de otras asignaturas para evitar confusiones, y facilitar su realización y evaluación.

La elaboración del cuaderno de trabajo estaba lógicamente relacionada con el desarrollo de las actividades del programa-guía aunque correspondía al alumno la decisión final sobre cómo debía llevarse a cabo formalmente. La opción escogida más frecuentemente era la de recortar y pegar cada una de las actividades planteadas, pero dejando entre ellas un hueco para sus contestaciones y comentarios. Algunos simplemente iban almacenando las hojas que se les suministraban, anotando las respuestas y las observaciones que derivaban del quehacer diario.

B) Creencias y teorías implícitas del profesor

El papel del profesor resulta fundamental en el desarrollo de cualquier propuesta. En nuestro caso vamos a esbozar algunas de nuestras concepciones que inspiran la puesta en práctica de la metodología, en general, y del módulos de Ondas, Sonido y Luz, objeto preferente de nuestra investigación.

B.1 En relación con la Ciencia

Cada profesor, como persona formada en un área científica, tiene sus propias creencias sobre lo que es la Ciencia y el papel que ésta debe jugar en un sistema educativo, lo que se traduce en unas preferencias sobre el contenido a la hora de enseñar, o en la utilización de determinados recursos.

Querámoslo o no, por tanto, el profesor transmite una imagen de la Ciencia en el proceso de E/A que será aprehendida por sus alumnos y que, a su vez, estos utilizarán para solucionar sus problemas escolares y para adquirir unas estrategias de aprendizaje coherentes con dicha imagen. De ahí la importancia de que asuma que no es el que posee el conocimiento y, por tanto, el único capaz de hacer ciencia en el aula. Es fundamental que comparta con los estudiantes (en la medida de lo posible) el proceso de construcción y que así sea percibido por ellos.

El profesor, entendido como nexo de unión entre la Ciencia y los propios alumnos, puede ir acercándolos a ella a través de sus comentarios e intervenciones para transmitirles su verdadero espíritu y significado. Por ello sus intervenciones han de ir dirigidas a eliminar en ellos la errónea creencia de que la Ciencia es sinónimo de aburrimiento y que hacer Ciencia implica la necesidad de adoptar posturas y papeles caracterizados por una seriedad excesiva.

B.2 En relación con la materia a enseñar

Consideramos que el profesor ha de ser consciente de la importancia que tiene que los alumnos posean una visión global del trabajo que están realizando en el aula, evitando en lo posible que las unidades didácticas se conviertan en una serie inconexa de contenidos que no poseen ninguna relación. Por ello, proponemos una serie de acciones a realizar por el profesor.

- debe ser capaz de plantear actividades que proporcionen un interés preliminar por la tarea. Así, antes de iniciar cualquier unidad didáctica, debe acercar a los alumnos a compartir la necesidad del estudio de la misma, provocando si es necesario un debate entre ellos para que compartan dicha opinión (por ejemplo, a partir de alguna lectura motivadora); nosotros hemos utilizado periódicos, revistas de divulgación científica, libros asequibles, etc.

- resulta muy importante que los alumnos vean la conexión que existe entre una unidad didáctica y las demás, intentando evitar que las consideren como compartimentos estancos independientes entre sí, alejados de la realidad del mundo y de la ciencia. Por tanto, las intervenciones y comentarios del profesor, tanto al principio del tema como a lo largo del mismo, han ido dirigidas a facilitar y propiciar dicha relación. En nuestro caso, por ejemplo, cuando se planteaba un problema de propagación del sonido se hacía hincapié en los conceptos de la cinemática y en sus ecuaciones fundamentales, o en algunas de las propiedades intrínsecas de la materia como es el caso de la densidad.

- es fundamental que los alumnos perciban la conexión que existe entre los contenidos que deben aprender y el mundo que les rodea, tanto desde el punto de vista social como tecnológico. El planteamiento en el aula de situaciones lo más cercanas posibles a su realidad puede fomentar su participación, aumentar su interés, y facilitar el trabajo docente. Así, por ejemplo, en cuestiones referentes al movimiento, en lugar de hablar de móviles, lo hacíamos de los medios de locomoción más comunes para ellos como podían ser la bicicleta o la moto y, cuando hablábamos de ondas lo hacíamos respecto a las que más les interesan que son lógicamente las sonoras o las de Televisión.

- el profesor no sólo debe tener una buena oratoria y un gran dominio de la materia, como tradicionalmente se le ha exigido, sino que ha de usar en sus intervenciones y comentarios un lenguaje claro y cercano al alumnado para lograr comunicarse fácilmente con ellos. Es importante, además, que domine el desarrollo del proceso didáctico en el aula, por lo que necesita conocer las técnicas que propician tanto el trabajo individual como en grupo, los diferentes modelos de evaluación, las investigaciones e innovaciones en el campo de la didáctica de las Ciencias, etc.

B.3 En relación con los alumnos

El profesor debe conocer a todos y cada uno de sus alumnos, tanto desde el punto de vista académico como personal, por lo que tiene que propiciar aquellas situaciones que favorezcan el contacto. Consideramos que ese conocimiento en sus diversas facetas (carácter, capacidades, situación familiar, relación con los demás, resultados académicos previos, etc.) nos va a permitir disponer de una información diversa y muy útil para la propia enseñanza de las Ciencias. Por un lado, nos va a facilitar el desarrollo de las sesiones de aula, al permitirnos una enseñanza más personalizada y enriquecedora y, por otro, nos da algunas garantías para exigirles en función de sus posibilidades.

Al comienzo de curso solemos preguntar (de forma anónima) sobre las "cosas" que les gustaría que hiciera y que no hiciera el profesor. Sorprendentemente una gran cantidad de respuestas hacen alusión a que no les gustaría que les gritáramos o que nos riéramos de ellos. Dichas afirmaciones indican la existencia de hábitos docentes, aparentemente abandonados dentro del entorno escolar, y confirman la importancia que le dan al trato que reciben. Creemos que el profesor debe mantener una relación cordial y amigable, para lo que es fundamental la tolerancia y el respeto hacia ellos.

Además de establecer inicialmente los acuerdos de funcionamiento ya mencionados, intentamos que todos y cada uno de ellos expresen sus propias opiniones, escuchándolas con la atención y el interés con los que pretendemos que hagan con las nuestras. Es importante utilizar el diálogo para arreglar cualquier diferencia que pudiera surgir entre profesor y alumnos o entre los propios alumnos, y fomentar el uso de la argumentación, de manera que todos defendamos nuestras posturas con razones, independientemente de quién sea el que lo haga.

Una de las pretensiones fundamentales de nuestra forma de trabajo en el aula es que sean los alumnos los que vayan construyendo sus conocimientos, de forma consciente y rigurosa; para ello, creemos que es fundamental el papel del profesor. Los estudiantes, poco habituados a esta forma de trabajo, necesitan comprobar que el profesor demuestra abiertamente interés por lo que van realizando y una cierta seguridad en que van en la dirección adecuada. Esto exige un contacto permanente con ellos, a nivel individual o en grupo, y escuchar sus observaciones atentamente, tomar en cuenta sus sugerencias, comentar cada una de las dificultades que vayan surgiendo,...

Pero, además, hay otra razón tan importante como la anterior. Los alumnos son muy sensibles al hecho de comprobar que el profesor realiza conjuntamente con ellos ese esfuerzo que se les pide. Por ello es conveniente realizar la parte del trabajo que nos corresponda con celeridad y eficacia; así, por ejemplo, teníamos preparadas las hojas de trabajo con antelación, dispuesto y en condiciones todo el material que se iba a utilizar, corregidas las pruebas escritas que se habían realizado en el menor tiempo posible, etc.

B.4 En relación al proceso de Enseñanza/Aprendizaje.

Asumimos decididamente que cualquier profesor debe estar familiarizado (en la medida de sus posibilidades) con las líneas de investigación e innovación didáctica prioritarias para, de esa manera, poder conocer y aplicar los logros de otros profesionales a su trabajo de aula. Se abandonaría así el secular aislamiento en el que tradicionalmente han vivido los docentes, que hacía bueno el dicho de "que cada maestro tiene su librero".

Consideramos que nuestro objetivo no es simplemente enseñar, sino que son los alumnos los que aprenden, por lo que nuestros esfuerzos deben ir dirigidos a propiciar de forma constante situaciones de aprendizaje. En el desarrollo de nuestras sesiones de aula fueron numerosas las ocasiones en las que se provocaron; en éstas eran los estudiantes los que tomaban parte activa, tanto intelectual como manualmente, para dar respuesta con su trabajo a los problemas planteados. Dichas situaciones requerían un planteamiento previo muy riguroso y una conducción fluida en su realización; ambas cosas bastante complicadas. En nuestro caso hemos venido construyendo una forma de trabajo a lo largo de once años, aunque lógicamente ni tan sistematizada ni tan desarrollada como durante el periodo que duró la fase experimental de la tesis.

Conscientes como somos de que el profesor debe adoptar un nuevo papel en el aula, abandonar el protagonismo excesivo y convertirse en coordinador y animador del proceso, intentábamos que nuestras intervenciones fueran lo suficientemente ponderadas para no provocar la apatía y el rechazo de los alumnos. Asimismo, hemos intentado que sintieran la necesidad de intervenir o, por lo menos, favorecer que pudieran hacerlo, para de esta manera compartir con ellos el protagonismo de la clase.

Como científicos que nos consideramos, somos críticos con nuestro propio trabajo. De ahí que sean constantes las revisiones que hemos hecho, tanto del enfoque de la metodología utilizada como de su aplicación en el aula; para ello hemos utilizado diversos interlocutores, como pueden ser los propios alumnos, otros profesores, etc.

Nos parece que el profesor debe conocer y aplicar diversas formas de introducir conocimientos, intentando evitar la exclusividad o centrarse en los tratamientos de carácter puramente operativo. Por ello lo que nosotros proponemos es abandonar la idea de que la Física es una extensión de las Matemáticas y que es imposible desarrollar su aprendizaje sin una presencia exhaustiva de la misma. Aún reconociendo la gran importancia que tiene una asignatura como ésta, es fundamental que tengamos claramente establecidos cuáles son los límites y las diferencias entre ellas.

Como creemos que los trabajos prácticos habitualmente propuestos producen una visión deformada del quehacer científico, hemos intentado propiciar los cambios necesarios para que no se produjera. En esta línea integrábamos la realización de dichas tareas en lo que se ha venido en denominar pequeñas investigaciones. Así los alumnos han trabajado, en la mayoría de las ocasiones, sobre situaciones abiertas relacionadas entre sí, que formaban parte de un conjunto que es el que le confiere sentido a lo que estaban haciendo.

Asumimos las carencias que tienen los problemas habitualmente propuestos, por lo que evitábamos* la utilización indiscriminada de simples ejercicios repetitivos ó de los mal llamados "problemas tipo". Aunque los hayamos utilizado de forma esporádica, no han sido los más habituales en nuestra aula, empleando otros que verdaderamente hicieran honor a su nombre y cuya resolución constituyera un problema. Los que más utilizamos de índole cuantitativo son aquellos a los que le faltan datos o no coinciden de forma automática con las incógnitas de la fórmula. Todo ello puede comprobarse en diversas actividades del módulo que vamos a experimentar.

Nos parece interesante plantear, con la mayor frecuencia posible, situaciones problemáticas para su estudio cualitativo, con lo que intentamos acostumbrarlos a trabajar en algo poco considerado por ellos, como es el planteamiento de problemas. Asumimos que el profesor debe propiciar la aparición de actividades estimulantes para que los alumnos puedan reconstruir los conocimientos, adquirir destrezas y actitudes científicas y transformar su visión del mundo.

Coincidimos plenamente con Delval (1983) cuando afirma que "el método científico no debe enseñarse como tal sino que debe simplemente practicarse" y que "por ello la actividad de la clase debe de organizarse de tal manera que exija a los alumnos tareas tales como formulación de hipótesis, poner a prueba estas hipótesis, elegir entre dos explicaciones alternativas, comparar una hipótesis con una teoría general, etc. pero esto debe hacerse y no debe enseñarse". Por ello nuestros esfuerzos en el aula han ido encaminados a propiciar que practicasen habitualmente, todos y cada uno de los aspectos mencionados, de manera que fueran capaces de realizar con rigor y precisión las tareas aludidas.

Somos conscientes que el aprendizaje significativo de las ciencias no es algo inmediato y que necesita tiempo. Nosotros proponemos plantear de forma habitual situaciones variadas en las que sea necesario el manejo reiterado de los nuevos conocimientos. No nos conformamos, por lo tanto, con "dar la materia" y olvidarnos de ella, sino que hemos intentado que los contenidos, sean del tipo que sean, fueran apareciendo una y otra vez, relacionándolos con aquellos nuevos que íbamos introduciendo y reforzando las estructuras cognitivas del contenido aprendido.

Habitualmente también, hemos planteamos en el aula actividades que hemos denominado de reflexión y síntesis, para las que concedíamos un tiempo, después de una serie de tareas, de manera que pudieran reflejar en su propio cuaderno de trabajo todos aquellos comentarios y apreciaciones que servían de resumen al trabajo realizado.

B.5 En relación con los grupos de trabajo

Aunque ya nos referimos a este aspecto con anterioridad quisiéramos insistir en que, para nosotros, el profesor es el guía del proceso de investigación, lo que requiere supervisar el trabajo que realizan los alumnos en el pequeño y en el gran grupo, escuchar atentamente sus observaciones, propiciar la búsqueda de soluciones, y plantear dudas sobre los procedimientos utilizados y los resultados obtenidos.

Era fundamental que se favorecieran los progresos individuales de los alumnos, lo que requería prestar una atención diferente a los individuos y grupos en función de sus necesidades, planteando cuestiones de profundización a aquellos más adelantados y de ayuda a los que lo necesitaran una vez terminado el trabajo común. Era precisa una dedicación especial a los que tenían problemas, lo que exigía estimularlos con refuerzos positivos, como el reconocimiento y felicitación por el trabajo realizado.

Otra cuestión que consideramos importante fue la de planificar el desarrollo de la sesión, lo que conllevaba organizar y estructurar el trabajo de los grupos y prever las necesidades de material, para evitar al máximo el tiempo de inactividad.

En resumen, como hemos dicho, creemos importante que el profesor sea el animador del proceso en el aula dinamizando la actividad de los grupos, moderando los debates, ajustando los tiempos y propiciando un ambiente de trabajo adecuado.

B.6 En relación con la evaluación

Es importantísimo que el profesor se cuestione el carácter "natural" del fracaso generalizado de los alumnos/as en una asignatura de estas características, y les transmita expectativas positivas en particular. Deberían asumir que aprobar la asignatura no es una cuestión sólomente de "listos y torpes" y que cualquier persona que trabaje con ahínco debe ser capaz de superarla.

Siempre es decisivo cuestionarse la influencia que tiene en el rendimiento las características de los alumnos. Aunque es cierto que los "marcados" por medios culturalmente desfavorecidos generalmente obtienen peores resultados, no es menos cierto que no debe conllevar la idea de que no se puede hacer nada con ellos, lo que nos conduciría a un "fracaso anunciado".

La práctica evaluativa que actualmente se desarrolla en la inmensa mayoría de las aulas de nuestro sistema escolar, con independencia del nivel educativo, está bastante alejada de los modelos teóricos pedagógicamente admitidos y refleja la idiosincrasia que de la misma tienen los profesores. Dicha práctica, mediatiza en ellos el significado del término evaluación y les conforma unos hábitos de comportamiento muy arraigados y difíciles de cambiar. Esto a su vez dificulta la comprensión de su verdadero sentido.

Por la importancia que le conceden los alumnos -no hay que olvidar que el estudiante sólo valora aquello que se evalúa- se convierte en una herramienta fundamental para el proceso de Enseñanza/Aprendizaje. Dada la confusión tan habitual entre evaluación y calificación, es importante la concepción que de la misma tiene el profesor, ya que tarde o temprano terminará trasmitiéndola al aula.

Pero a pesar de todo y aun asumiendo que cualquier modificación era complicada y difícil, al estar los alumnos que han sido objeto de la investigación acostumbrados a este tipo de práctica evaluativa, fue necesario proponer un cambio tanto en el modelo como en la misma práctica, que evitara la problemática anteriormente descrita, y que fuera coherente con la metodología propuesta.

Dicha propuesta, que pasamos a describir y que tiene en cuenta el tipo de alumno al que iba dirigida, la hemos desglosado en diversas partes para facilitar su comprensión.

B.6.1 La evaluación ha de ser plural

La evaluación tenía que ser completa para ser coherente con los objetivos y planteamientos metodológicos propuestos, y no debía centrarse exclusivamente en los contenidos conceptuales, pues de otra forma no transmitiríamos al alumno la importancia de los procedimentales y actitudinales. Los aspectos que nos parecían más relevantes, y que tuvimos en cuenta a la hora de la evaluación fueron los siguientes:

- respecto a los conocimientos de los contenidos conceptuales: se valoraban no sólo los conceptos adquiridos, sino también el progreso del alumno.

- respecto a los conocimientos de los contenidos procedimentales: se valoraban los procedimientos adquiridos, tanto los propios de la Ciencia (diseño de experiencias, emisión de hipótesis, manejo de aparatos, etc.) como otros no específicos de la misma (búsqueda de información, establecimiento de conclusiones, comunicación de ideas, etc.)

- respecto a los conocimientos de los contenidos actitudinales: se valoraban los adquiridos, tanto en relación con la Ciencia y sus procedimientos de trabajo (rigor, argumentación, orden, etc.) como los propios de una sociedad democrática como la nuestra (tolerancia, respeto, actitud crítica, etc.).

B.6.2 La evaluación ha de ser continua

Consideramos que la evaluación ha de ser continua porque es la única forma de implicar al alumno realmente en el proceso, ya que a través de nuestra experiencia hemos comprobado que no es posible demandar cotidianamente su participación sin que se esté evaluando y valorando su esfuerzo de la misma manera.

El alumno, como cualquier persona que realiza un trabajo, necesita obtener una recompensa a su esfuerzo. No era posible que se le pidiera una implicación en el aula, para luego valorar su rendimiento en un examen (al que paradójicamente se denomina "evaluación"), hubiera hecho lo que hubiera hecho a lo largo de las clases.

Era muy difícil que los alumnos no identificaran evaluación con calificación, si esa es la idea predominante entre la mayoría de sus profesores. Por otro lado, resultaba imposible que creyeran que no era sinónimo de examen, cuando era lo único que prácticamente habían visto a lo largo de su vida escolar.

B.6.3 La evaluación ha de ser de todo el proceso

La evaluación, tal como la entendemos, no debía centrarse exclusivamente en uno de los elementos claves del proceso como pueden ser los alumnos, sino que debía dirigirse también al resto de los agentes y factores que intervienen en el proceso de E/A como son: el propio profesor, los recursos, la planificación, los materiales de aprendizaje, etc.

Nuestro compromiso iba todavía un poco más lejos y propusimos que fuera la evaluación, tanto en su diseño como su puesta en práctica, la que se sometiera continuamente a análisis, para evitar todas aquellas interferencias distorsionadoras que podían aparecer, causadas directamente por la propia evaluación.

B.6.4 La evaluación ha de ser un elemento más de aprendizaje

Era fundamental que tanto el profesor como el alumno estuvieran habituados a practicar la autoevaluación. Si no se instruía al alumnado en ningún momento sobre la forma de realizar su propia evaluación ni se le invitaba a practicarla, estábamos cercenando una de las partes más interesantes del aprendizaje y, a la vez, manteniendo todas las limitaciones y carencias que se derivaban de ello.

Si la evaluación la consideramos realmente como un instrumento más de aprendizaje, no debía centrarse sólo en los aspectos negativos, sino también considerar los positivos. Si, cuando corregimos los exámenes, nos limitamos a buscar los elementos que no ha desarrollado correctamente y olvidamos los que sí lo están, además de ser poco "objetivos" con la realidad que estamos analizando, difícilmente podremos colaborar a su progreso.

Por ello era necesario utilizar herramientas de evaluación que contribuyeran o colaboraran a eliminar la idea de considerarla como un elemento de represión. El diseño de las mismas, lógicamente bastante laborioso y complicado, puede simplificarse utilizando instrumentos de evaluación clásicos, pero modificados para ser usados de una manera completamente diferente. Por ejemplo, una vez corregido un examen, se les devolvía a los alumnos (al día siguiente si era posible) y lo analizábamos entre todos, intentando aclarar el "por qué" de la nota que han obtenido.

En primer lugar se les pedía que comprobaran que la nota que habían obtenido era realmente la suma de las notas de cada una de las preguntas porque, como es lógico, también se podía equivocar el profesor. Después pasábamos a corregir entre todos el examen; este momento, muy cercano a su realización y dado que podían mejorar su nota con sus observaciones, era un momento muy interesante, pues el interés del alumno en ese momento era excepcionalmente grande.

Era fundamental que el desarrollo de estas sesiones se realizase sin agobios de tiempo (invertíamos una o dos clases si era necesario). Además no se ceñía exclusivamente a las preguntas del examen y ellos debían asumir el mayor protagonismo posible. La actitud sumamente receptiva que demostraron en estas situaciones hacía que los debates fueran muy vivos y se favoreciera la revisión de conocimientos ya impartidos, la matización en cuestiones que no hubieran quedado suficientemente aclaradas e, incluso, la ampliación en otras.

El objetivo de todo ello es múltiple. Se pretendía favorecer una actitud positiva hacia el proceso de evaluación, demostrándoles su transparencia y equidad. Pero también era importante evidenciarles que ésta no era un instrumento de poder que utilizábamos arbitrariamente y que sólo servía para calificarlos a ellos, sino que también era útil para comprobar si el planteamiento del profesor era correcto. Por último intentábamos demostrarles que se puede usar como proceso para aprender, tanto de los propios errores y aciertos a las preguntas del examen como de los de sus compañeros.

B.6.5 Hay que aclarar cuáles son las condiciones de evaluación

Consideramos fundamental que el alumno conozca y comparta cuáles van a ser las condiciones de la evaluación y de calificación. Por ello lo que hacíamos era clarificar las reglas del juego, es decir exponerles qué cosas íbamos a tener en cuenta y, lo más importante para ellos, "como se puede aprobar"; se consensuó con ellos cada uno de los criterios con facilidad.

La nota final de un alumno en cada una de las evaluaciones venía determinada por los siguientes parámetros suficientemente conocidos por todos:

- Pruebas de lápiz y papel: se realizaron dos a tres por evaluación y se valoraban tanto los contenidos que previamente se habían impartido, como la expresión escrita y las faltas de ortografía, la claridad y el rigor de los planteamientos, la capacidad de síntesis, el desarrollo matemático y la corrección en la utilización de las unidades; se calificaban con un cinco, aquellas pruebas que habían superado los conocimientos mínimos establecidos anteriormente.
- Trabajo diario: se consideraban diferentes aspectos como: el interés demostrado en el trabajo de aula, el rigor y la creatividad en sus intervenciones, la actitud en el trabajo en equipo, la tolerancia con sus compañeros y el respeto con el material que utilizaba, y la asimilación de los contenidos impartidos.
- Cuaderno del alumno: se evaluaban los aspectos señalados: orden y organización, si estaba completo, lenguaje utilizado, descripción de lo que se había realizado en clase, realización de gráficas y datos, observaciones personales, si las explicaciones que aparecían eran correctas, utilidad para estudiar y progreso con el tiempo.
- Asistencia a clase: también se tenía en cuenta para ayudar a los alumnos que lo hacían con mayor asiduidad
- Trabajos opcionales

La calificación se obtenía de la siguiente manera: 50 % de las pruebas de lápiz y papel, 20 % del cuaderno del alumno, 20 % del trabajo diario en el aula y 10 % de la asistencia a clase y de los trabajos opcionales

Los alumnos que no habían obtenido una calificación de SUFICIENTE (5) realizaban un examen escrito. Los que no hubieran superado este examen, disponían de dos horas de recuperación semanales, en las que era posible entrevistarles, determinar sus carencias, suministrarles material, aclararles conceptos, etc., con la intención no sólo de que recuperara la evaluación, sino también sus conocimientos.

C.2.3.2 Descripción de la fase previa

Denominamos fase previa a todo el periodo comprendido entre el comienzo del curso y el inicio del módulo de Ondas, Sonido y Luz que fue el objeto de nuestra investigación. Esta parte es fundamental porque, como veremos, va a influir en el desarrollo de propuesta. Pensamos que cualquier cambio metodológico exige un periodo de adaptación del profesor y de los alumnos y es el que a continuación vamos a describir. Esta descripción, en la que por razones obvias hemos sintetizado tanto los contenidos que se impartieron como el desarrollo de cada módulo, pretende fundamentalmente acercarnos al espíritu de la propuesta. En este sentido, nos referiremos a aspectos problemáticos, a la evolución del clima de clase,... y, sobre todo, a la acomodación a la nueva forma de aprender.

Al comienzo del curso, se establecieron los acuerdos de funcionamiento que se recogen en el Anexo 1. Después les planteamos dos preguntas: ¿de qué creéis que trata la Física y Química? y ¿qué es lo que os gustaría dar en este curso?. Al tratarse del primer debate, el interés en los grupos se puede calificar de flojo; les costaba mucho centrarse en el tema y no hablar de cuestiones ajenas a lo que estábamos tratando; la tendencia mayoritaria era, (utilizando sus propios términos, "irse por la ramas" o "no enrollarse demasiado". Como la actividad dejó bastante que desear, además de animarles a participar, se les proporcionó una serie de libros de texto que tenemos en la biblioteca del laboratorio e identificaron temas como: Cinemática, Fuerzas, Calor y Temperatura, Electricidad; posteriormente fueron surgiendo otros: Sonido, Luz, Contaminación, Teoría atómica y Reacciones químicas.

2.3.2.1 Módulo de Cinemática

Comenzamos el curso con el tema de Cinemática. Además de empezar a poner en práctica todo lo dicho anteriormente, pretendimos trabajar los contenidos que aparecen en el Cuadro 2.6.

MÓDULO DE CINEMÁTICA
<p>Contenidos conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de referencia. Determinación de la posición - Espacio recorrido, trayectoria y desplazamiento. - Velocidad media e instantánea. - Estudio del movimiento rectilíneo y uniforme. - Introducción al concepto de aceleración. - Estudio del movimiento uniformemente acelerado.
<p>Contenidos procedimentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación de interrogantes de la vida cotidiana (coches, motos, aviones, etc). - Observación y recogida de datos cualitativos. - Utilización de aparatos de medida (cronómetro, cinta métrica, etc). - Representación e interpretación de gráficas (e/t y v/t para M.R.U. y M.R.U.A.). - Familiarización con el cambio de unidades y utilización del Sistema Internacional. - Interpretación de resultados experimentales o teóricos. - Elaboración de conclusiones y comunicación de resultados, utilizando un lenguaje científico adecuado. - Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas. - Realización de montajes experimentales para el estudio de movimientos rectilíneos reales. - Interpretación de textos y búsqueda de información. - Revisión de lo aprendido.
<p>Contenidos actitudinales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interés por fenómenos o hechos de la vida cotidiana. - Rigor, precisión, orden,... en la recogida de información. - Actitud crítica y fundamentada. - Asumir responsabilidades en las tareas del grupo y una actitud flexible y de colaboración en el grupo. - Valorar las aportaciones de la historia de la Ciencia al movimiento. - Fomentar una actitud positiva hacia las Ciencias y sus repercusiones sociales. - Mejorar la autoestima. - Divertirse en el trabajo.

Cuadro 2.6

Desarrollo de la propuesta del Módulo de Cinemática en el aula

En primer lugar, les entregamos la hoja inicial del programa-guía que trata sobre los sistemas de referencia. En esta primera actividad del módulo, la actitud de los alumnos fue muy variada, aunque predominaban los escépticos o los que pretendían aprovecharse de una libertad de la que carecían en otras asignaturas. El trabajo fue muy intenso por nuestra parte, pero el resultado se podría calificar de desastroso, hasta tal punto que en uno de los cursos no fue posible trabajar ni siquiera dos de las preguntas que se les habían planteado por el desorden que se había producido en el aula (risas, pérdidas de tiempo, actitudes provocadoras, etc.) y en los otros dos cursos, aunque no fue tan conflictiva la situación, las cosas se desarrollaron lentamente, demostrando falta de hábito y poco interés por su parte. A pesar de todo empezaron a aparecer detalles muy interesantes ya que, a nivel individual, había algunos alumnos que conectaban con el espíritu de la propuesta y participaban de forma constructiva en el desarrollo de las clases; a nivel colectivo no podamos afirmar que fuera así.

Se pudieron apreciar algunos comportamientos que por su relevancia, nos gustaría comentar. Por un lado, habría que señalar la diferencia de actitud que mostraron respecto a las actividades que les planteaba el programa-guía, en función de la relación que estas tuvieran con su vida cotidiana. Por otro lado, también empezaron a detectarse situaciones propias de personas que no están habituadas al debate, como pueden ser: sorprenderse al oír opiniones contrarias a las suyas y no escucharlas con atención y tranquilidad, no argumentar la respuesta y escudarse en respuestas ambiguas, del tipo "es de lógica", "es de sentido común", "es que eso tiene que ser así", etc.

Hay que destacar la gran dificultad que tuvo para ellos, la interpretación de los enunciados de las preguntas del programa-guía, aunque éste había sido utilizado en otras ocasiones por alumnos de las mismas edades y puesto a punto a partir de las indicaciones de estos. A pesar de ello, volvimos a tomar nota de cuáles fueron las dificultades que habían encontrado, para realizar las pertinentes modificaciones posteriores en los enunciados, ya que pretendíamos que el verdadero trabajo fuera el de responder a lo que se estaba preguntando y no el de descifrar la pregunta, hecho que consideramos muy importante, sobre todo al principio.

Más adelante, se trabajaron las hojas que corresponden a las magnitudes fundamentales del movimiento, encontrando una gran dificultad en la construcción de la gráfica e/t que se les pedía. Tuvimos que entregarles otras fotocopias en las que se les suministraba la información necesaria, intentando de esa manera evitar que cada uno de los alumnos preguntara la misma duda que acababa de plantear alguno de sus compañeros y, por tanto, la pérdida de tiempo; a la vez queríamos contribuir a que se acostumbraran a una tarea que, como la interpretación de textos, les resultaba complicada.

Hay que destacar que los alumnos no conocían el significado de Km/h y de m/s , utilizándolos con muy poco rigor y a veces confundiéndolos entre sí. Asimismo, cuando tuvieron que resolver cuestiones cuantitativas, aplicaron las fórmulas (de las que se acordaban a medias) sin relacionarlas previamente con un determinado movimiento, o lo que era lo mismo "a ciegas". Por ello creímos necesario insistir en la reflexión sobre dichas relaciones, para evitar que se reprodujeran dichos errores.

Continuaron trabajando y llegamos a las representaciones gráficas. Sus primeros comentarios pusieron de manifiesto la confusión de la gráfica v/t con la de e/t que habíamos realizado anteriormente. Parecían entender que, si ya han realizado una gráfica de un movimiento, otras representaciones de ese mismo movimiento han de ser iguales, lo que parece esconder una visión, más como "el perfil de una etapa ciclista" que como la entiende la Ciencia. Después sus afirmaciones se centraron en que era imposible llevar a cabo la tarea porque faltaban datos; por ello, antes de que siguieran por ese camino, tuvimos que hacer varias indicaciones, insistiéndoles en la importancia que tienen las variables a la hora de la elaboración de una gráfica. Intentamos hacer una puesta en común para contrastar los resultados obtenidos por cada uno de los grupos, y no fue posible hacerlo por los mismos motivos iniciales: falta de interés por realizar bien el trabajo o por escuchar el de otros, poca tolerancia con opiniones diferentes a las suyas, poco rigor en los comentarios, etc.

Una dificultad añadida para lograr el funcionamiento fluido de las tareas de aula era la poca independencia que demostraban los alumnos para realizar su trabajo, recurrían insistentemente a la ayuda del profesor, en busca de la solución o de la confirmación de cada una de las tareas que acababan de hacer. Para evitarlo, decidimos responder a todas las demandas de ayuda injustificadas con un "puede ser", de manera que apreciaran en esta irónica contestación, que debían de ser ellos y no el profesor quienes tenían que llevar a cabo el trabajo.

Continuando con el programa-guía y, al volver a realizar la puesta en común de la gráfica anteriormente citada, se apreció que no todos los alumnos habían realizado la tarea de la misma forma; unos habían entendido que

el espacio recorrido era el primer Km, segundo Km, tercer Km, etc. y otros que era un Km, dos Km, tres Km, etc., por lo que no salían de la misma forma. Esto provocó un debate para decidir cuál de las dos era más correcta y, de ahí, una discusión sobre la velocidad media y la velocidad instantánea, que consideramos bastante interesante.

Una vez terminada esta parte, hicimos una prueba escrita para comprobar los resultados que habíamos obtenido al cabo de un mes de trabajo. La prueba, que pasamos en 30 minutos, contenía dos preguntas; en una tenían que construir o interpretar una gráfica e/t y, en la otra, se les pedía que comentaran la veracidad o no de una serie de afirmaciones del tipo: "El espacio recorrido por una moto nunca coincide con la distancia al punto de partida", "Si un coche va frenando o acelerando su velocidad media es siempre mayor que la instantánea", "Una persona que vaya a 2 Km/h es más rápida que una bici que vaya a 50.000 m/día", etc.

Los resultados del examen, como era de esperar, a la vista de la actitud mantenida y del trabajo desarrollado durante ese período, fueron desastrosos. Por ello, dedicamos íntegramente la siguiente clase a plantearnos qué había ocurrido y a buscar posibles soluciones al problema; tratamos de mostrarles abiertamente nuestra indignación por su falta de cumplimiento en lo acordado inicialmente, relacionando la calidad del trabajo que habían realizado con las notas obtenidas (todos estaban de acuerdo en que la prueba había sido sencilla y asequible); planteamos además, la posibilidad de introducir los cambios que fueran necesarios para que la clase funcionara, incluso el cambio de metodología. Tras un fuerte debate, asumieron que no habían trabajado lo suficiente y que la culpa era suya, prometiendo "lo que hiciera falta", pero, que de ninguna manera, querían cambiar "la forma de dar clase" que habíamos utilizado; como anécdota, nos parece revelador recoger el comentario de un alumno repetidor al respecto:

"No quiero cambiar, porque en este mes de clase he aprendido más que en todo el curso anterior".

Empezamos el estudio del movimiento rectilíneo uniforme. Una vez que tuvieron en su poder las preguntas, empezaron a realizar la experiencia de la bola de acero que cae por el interior de un tubo de plástico rígido lleno de aceite. Tomaron las medidas, aunque no sabían muy bien el qué hacían y para qué lo estaban haciendo, lo que condujo a que la mayoría se hizo un lío y, en muchas ocasiones, hubo que repetir las, incluso varias veces, porque eran completamente erróneas. Asimismo volvieron a aparecer problemas en los grupos a la hora de construir las gráficas. A pesar de todo y aunque hubo que hacer un trabajo arduo, controlando las medidas y las gráficas de los grupos, se apreció un relativo cambio de actitud, ya que parecían estar más centrados en su tarea.

A lo largo de todos estos días de clase, se fueron pidiendo y corrigiendo los cuadernos de trabajo que los alumnos debían elaborar día a día, registrando en él todas las incidencias que ocurrían en el aula: intervenciones del profesor, anotaciones personales, debates del grupo, puestas en común del gran grupo, consultas bibliográficas, hipótesis, diseños de experiencias, etc. De esta forma, cada uno iba construyendo su propio libro de texto, ya que, como dijimos, considerábamos conveniente que se acostumbraran a expresar por escrito sus ideas y a sintetizar y a elaborar sus propios informes. Lógicamente los resultados no fueron demasiado halagüeños ya que, por lo general, se limitaban a escribir escuetamente las respuestas a las preguntas, sin ninguna aportación personal; en este contexto aprovechábamos la circunstancia, más que para calificar su trabajo, para aclararles la intención que tenía el cuaderno de trabajo y hacerles las indicaciones oportunas que evitaran la repetición de los mismos errores.

El cambio de actitud demostrado por los alumnos, favoreció la modificación del rol del profesor en clase y adoptamos una posición más "controladora": estábamos más encima de ellos y de su trabajo, contactábamos de forma más frecuente y rápida con los grupos, planteábamos preguntas más directamente, comentándoles los resultados, corrigiéndoles las gráficas, explicándoles alguna cuestión que les resulte difícil, etc. Posteriormente pasábamos a las puestas en común, que resultaban un poco confusas, dándonos cuenta que hubieran ido mejor con menos cantidad de materia, para poder centrarla, controlar la calidad del trabajo y la corrección de los errores.

Continuamos con el trabajo y de él surgió la dificultad derivada de la proporcionalidad entre variables. Tuvimos que olvidarnos momentáneamente del movimiento, explicándoles en qué consistía dicha proporcionalidad y poniéndoles una serie de ejemplos ajenos a la Cinemática (por ejemplo, la que existe entre los ojos y los dedos de una persona). Posteriormente volvimos a nuestro tema, pidiéndoles que analizaran una serie de gráficas y que establecieran si había proporcionalidad o no entre las magnitudes representadas.

Terminamos de contrastar las respuestas de las últimas preguntas y comenzamos a estudiar el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Lo primero que tuvieron que hacer, fue el diseño de una experiencia para comprobar cómo es el movimiento de una bola que cae por un riel de aluminio de unos 3 m de longitud; a ello dedicaron un tiempo breve y después contaron a los demás en qué consistía su propuesta, qué magnitudes iban a medir, qué medidas iban a realizar, cuántas veces, de que manera, qué necesitaban para llevarlas a cabo, qué

precauciones habían de tomar, etc. Una vez realizada esta parte, llevaron a cabo la experiencia, y sorprendentemente les dió tiempo a terminar. Con las medidas en la mano, se dedicaron a responder a las preguntas posteriores, construyendo la gráfica correspondiente, que salió un poco mejor que las anteriores.

Se siguió avanzando hasta que llegamos al concepto de vector, en donde surgió un gran conflicto ya que, su visión de las magnitudes era meramente escalar y no entendían que la dirección o el sentido fueran partes intrínsecas tan importantes como el propio módulo. Esto hizo necesaria nuestra intervención para poder continuar con el trabajo. Consideramos conveniente aclarar que este intervencionismo del profesor no sólo no contradice el espíritu general de la propuesta, sino que es sumamente conveniente, ya que hay momentos en que los alumnos están interesados, en mayor o menor medida, en aclarar alguna cuestión que se les escapa y a cuya solución no pueden acceder solos.

Una vez aclaradas las dudas sobre los vectores, continuamos con las siguientes actividades. Hay alguna (por ejemplo, en la que se les pedía una reflexión sobre lo que ocurriría si cambiáramos el ángulo del listón por donde caía la bola) que no entendieron bien y que habría que cambiar. Con respecto a las demás, surgieron dudas a la hora de expresar la variación de la velocidad con respecto al tiempo, aunque al final y con un poco de ayuda, llegaron a establecer que se podría describir como x Km/h/seg. En relación a la actitud de los alumnos, hay que decir que no se habían acabado las dificultades, ya que volvieron a surgir de nuevo problemas de comportamiento en algunos cursos (hay que tener en cuenta que ya habían pasado varios días desde la corrección del examen y que a los estudiantes se les olvidan pronto los compromisos que adquieren, sobre todo si ello conlleva trabajo por su parte).

Continuando con las hojas de trabajo y al llegar a una de las preguntas sobre la aceleración se creó un fuerte debate, ya que no sabían si en una rampa más inclinada que otra, lo que cambiaba era la velocidad o la aceleración. Para abordar el problema se les planteó una nueva actividad en la que se veían dos rampas de la misma longitud, pero con distinta inclinación, por las que caen dos bolas iguales, preguntándoles ¿en cuál de los puntos marcados es mayor la velocidad?; ellos respondieron que no se podía saber a no ser que fuera el mismo espacio o el mismo tiempo (que no es nuestro caso); de esta manera terminamos llegando al concepto de aceleración, relacionándolo con el de velocidad. Como cosa curiosa nos gustaría comentar la idea que muchos tenían sobre la aceleración, ya que relacionaban ésta, en el caso de los coches, con el precio del mismo, creyendo que cuanto más caro fuera el coche mayor iba a ser la aceleración que tuviera.

Terminamos las actividades relacionadas con los vectores (¡que salió bastante mal!) y pasamos a los ejercicios de aplicación, que resultaron un poco mejor. Hicimos una nueva prueba escrita de toda la unidad didáctica, en la que incluimos una serie de preguntas de un nivel de dificultad similar al de la prueba anterior; este caso, por su carácter global, tenía una mayor complicación para ellos por el factor tiempo. Las preguntas utilizadas fueron del tipo: "comenta las frases: en un movimiento rectilíneo y uniforme, la velocidad es proporcional al tiempo, un coche puede ir simultáneamente a 80 Km/h y a 120 Km/h, etc.", "interpreta la gráfica que tienes delante (e/t o v/t) y deduce si ha estado parado el móvil, como ha sido su trayectoria, cuanto tiempo ha estado en movimiento, si ha vuelto al mismo sitio, etc", "diseña una experiencia para averiguar la distancia media de tus pasos cuando caminas", "calcula la velocidad de una bola que cae libremente durante 5 seg", etc. Corregimos el examen, obteniendo unas notas que, aún siendo mejores que las de la prueba anterior, todavía siguen siendo malas.

2.3.2.2 Módulo de Propiedades físicas de la materia.

Antes de empezar este módulo (propiedades intrínsecas de la materia, densidad, presión, etc), contestaron a las preguntas de otra prueba escrita sobre los conceptos implicados en el mismo. Sin entrar en los resultados, hay que señalar la gran cantidad de ideas dispersas, algunas incluso correctas, y la descontextualización del posible aprendizaje generado en niveles anteriores del sistema educativo.

En dicho tema, pretendíamos continuar con la puesta en práctica de la nueva metodología, cuyos principios han quedado descritos en 2.3.1, y trabajar los contenidos que aparecen en el Cuadro 2.7. Como puede apreciarse, los contenidos procedimentales y actitudinales de estas unidades didácticas se pueden considerar una profundización de los que ya habíamos planteado en el módulo anterior. Hay que tener en cuenta que este tipo de contenidos, además de no ser exclusivos de ninguna unidad didáctica, necesitan de un tratamiento más paciente, al menos a medio plazo, por las especiales características de su aprendizaje.

MÓDULO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MATERIA	
Contenidos conceptuales:	<ul style="list-style-type: none"> - Estado de los cuerpos: sólido, líquido y gaseoso. - Masa y peso. - Superficie y área - Volumen y capacidad. - Densidad y peso específico. - Presión y presión atmosférica. - Principio de Arquímedes.
Contenidos procedimentales:	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de interrogantes de la vida cotidiana (presión atmosférica, volumen, flotabilidad, etc). - Observación y recogida de datos cualitativos (el corte de un cuchillo, la presión en el fondo de la piscina, etc). - Utilización de aparatos de medida (probeta, dinamómetro, balanza, etc) - Familiarización con el cambio de unidades y utilización del Sistema Internacional. - Interpretación de resultados experimentales o teóricos. - Elaboración de conclusiones y comunicación de resultados, utilizando un lenguaje científico adecuado. - Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas (respecto a la presión, el empuje, etc). - Realización de montajes experimentales (para hallar el p_0 de una sustancia). - Interpretación de textos y búsqueda de información. - Revisión de lo aprendido.
Contenidos actitudinales:	<ul style="list-style-type: none"> - Interés por fenómenos o hechos de la vida cotidiana (relacionados con la presión, el empuje, etc). - Rigor, precisión, orden,... en la recogida de información. - Actitud crítica y fundamentada. - Asumir responsabilidades en las tareas del grupo y una actitud flexible y de colaboración. - Valorar el conocimiento científico como proceso de construcción continuo y de revisión permanente. - Fomentar una actitud positiva hacia las Ciencias y sus repercusiones sociales (p.e. en la construcción de presas). - Mejorar la autoestima. - Divertirse en el trabajo.

Cuadro 2.7

Desarrollo del Módulo de Propiedades Físicas de la Materia en el aula

Empezaron a trabajar las actividades correspondientes del programa-guía y ciertamente fueron hechas con mayor interés que en el tema precedente, dándonos tiempo, por ejemplo, a realizar en un sólo día todas las correspondientes a una hoja entera.

En el caso de la presión, tuvieron problemas con la pregunta en la que debían explicar el proceso que habían seguido en su cálculo, teniendo que ayudarles más de lo que hubiéramos deseado. En cambio, cuando llegamos a calcular la presión que ellos mismos ejercen sobre el suelo, se entusiasmaron y lo hicieron rápidamente, teniendo que plantear nuevas actividades a algunos de los grupos que se habían adelantado (como por ejemplo, que calcularan el peso de un coche, sabiendo la presión de sus ruedas).

Al llegar a la actividad en la que se les planteaba si ejercía más o menos presión sobre el suelo, la pieza entera o cuando estaba dividida, se organizó una gran discusión entre los que creían que la presión sería la mitad para las piezas partidas y los que opinan que no iba a cambiar y que, por tanto, era independiente de los trozos en los que hubiéramos fragmentado la pieza. De todas maneras y aunque terminaron aclarándose, tuvimos que proponer ejemplos y actividades como la de calcular la presión en el fondo de una piscina (sin saber sus dimensiones), en las que se nos siguió demandando ayuda por parte de los alumnos. Esta actitud encubría posiblemente que todavía el peso de las opiniones de los compañeros era mínimo y, cuando surgen discusiones entre los grupos, se prefiere la vía rápida, que consiste en que el profesor sea el que diga quién lleva razón.

Otra actividad interesante, antes de pasar al estudio del peso específico, fue la determinación del error cometido al hacer la medida de un volumen con una probeta de las que teníamos en el laboratorio. Para ello tuvimos que explicarles qué era el error absoluto y el relativo. Los resultados obtenidos fueron buenos (sobre todo teniendo

en cuenta que no tuvieron en cuenta el menisco del líquido) y, en uno de los cursos, los errores detectados estaban todos por debajo del 3 %, lo que les animó muchísimo.

Continuamos con el cálculo de los pesos específicos y les volvieron a salir unos resultados muy aceptables, sorprendiéndose ellos mismos, tanto de la facilidad con que podía determinarse el error como de que su margen estuviera normalmente por debajo del 5 % y, por tanto, admisible científicamente.

Independientemente de que los resultados obtenidos en las clases empezaban a ser correctos, hay que destacar el importante y positivo cambio que habían experimentado los alumnos en relación con el desarrollo de su trabajo en el aula. Estaban mucho más centrados en su tarea, no necesitaban que se estuviera encima para hacer su tarea, dejaban de hablar de cuestiones ajenas a la clase (fútbol, chicas, etc) y mantenían posiciones más tolerantes y respetuosas.

Donde las cosas se complicaron fue en la determinación y utilización de las unidades de presión, ya que éstas les suponían unos fundamentos más sólidos desde una perspectiva científica. Aunque lo debatimos en el gran grupo, consideramos conveniente mandarles unos ejercicios para que realizaran en su casa, con objeto de volver a plantear el problema después de estas actividades. Fue aceptada esta tarea sin reproche, hecho poco habitual en otras asignaturas.

La determinación del volumen de un sólido por desplazamiento al ser introducido en un líquido, la llevamos a cabo de forma experimental (con varios líquidos, como agua y alcohol), aprovechando la situación para comparar los resultados obtenidos de esta manera con los obtenidos matemáticamente, y debatir cuál de los procedimientos resultaría más interesante. Aunque la mayoría pensaba que ambos debían coincidir matemática y experimentalmente, a algunos les resultó sorprendente que fuera exactamente el mismo en los dos líquidos (hubieron de comprobarlo de nuevo para creérselo). Asimismo utilizamos esta actividad para plantear una reflexión sobre qué errores eran evitables y cuáles eran no evitables, continuando posteriormente con el cálculo experimental del peso específico del tetracloruro de carbono, que les salió francamente bien.

En aquel momento, volvimos a evaluar los cuadernos de trabajo de los alumnos, para lo que utilizamos el instrumento que habíamos diseñado previamente (descrito en otro apartado). En primer lugar, considerábamos importante demostrarles que era verdad lo que habíamos dicho a principio de curso, respecto a que tendríamos en cuenta este apartado en la nota de la evaluación e insistimos en que el alumno no valora aquello que no se evalúa. Y, en segundo lugar, para comprobar cuál había sido la evolución de los cuadernos y, por tanto, los logros conseguidos en los referentes ya señalados.

Las siguientes actividades consistían en estudiar el principio de Arquímedes, por lo que empezamos por comprobar experimentalmente que el peso de cualquier cuerpo parecía disminuir al sumergirlo en un líquido y continuamos con el diseño de una experiencia para comprobar los factores de los que depende el "empuje" que sufre un cuerpo al ser sumergido en un líquido, surgiendo los siguientes factores: cantidad de líquido, peso específico del líquido, peso específico de la pieza, viscosidad del líquido, volumen de la pieza, superficie de la pieza, forma y posición de la pieza, y profundidad.

Diseñaron sus experiencias por grupos y las debatimos en gran grupo, tras lo cual se dedicaron a realizarlas experimentalmente, estudiando uno por uno cada uno de los factores que habían establecido, descartando la mayoría de ellos y llegando a la conclusión de que el empuje depende del peso específico del líquido y del volumen de la pieza, aunque no todos llegaron a establecer claramente la independencia respecto a otras variables.

Hay que resaltar que el funcionamiento de los distintos cursos era cada vez mejor, ya que habían abandonado definitivamente las actitudes negativas y las reticencias que dificultaban el desarrollo de las clases. Participaban mucho más en todas las actividades, asumían mucho mejor sus responsabilidades, se tomaban el trabajo de forma muy constructiva y parecían haber entrado de lleno en el espíritu de la propuesta.

Cuando supieron los factores de los que dependía el empuje, intentaron relacionarlos a través de una fórmula, lo que resultaba difícil ya que no tenían suficientes datos para cada uno de los factores; por ello les proporcionamos una serie de posibilidades entre las que tenían de elegir de forma razonada: $E = p_e + V$, $E = p_e - V$, $E = p_e \times V$, $E = p_e / V$, $E = V / p_e$, $E = V - p_e$, etc. Eliminaron enseguida las que sumaban o restaban el volumen y el peso específico; en las otras, según los datos de que disponíamos, llegaron a la conclusión de que la buena era $E = p_e(\text{líquido}) \times V(\text{cuerpo})$.

Una vez con la fórmula en nuestro poder, resolvimos los problemas numéricos que venían en el programa-guía, sorprendiéndose mucho de que, en el caso de la bola de hierro sumergida en mercurio, el peso aparente salga negativo: lo que aprovechamos para establecer un debate sobre el tema y para relacionar el peso específico con la flotabilidad de un cuerpo en un líquido determinado. Para profundizar en todo esto les proporcionamos una lectura sobre las situaciones curiosas que les ocurren a los bañistas en el Mar Muerto e información sobre cómo se construye un ludión para que lo hicieran en su casa.

Los días siguientes los dedicamos a la realización de ejercicios de aplicación y de revisión de todo lo trabajado en el tema, antes de pasar una prueba escrita. En ésta tuvieron, por ejemplo, que interpretar una tabla de datos para averiguar cuál de las medidas era más correcta o diseñar una experiencia para averiguar si el peso específico de un material (como el oro) depende del tamaño de la pieza sobre la que vayamos a medirlo; tuvieron que comentar una serie de frases como: "con poco volumen se puede conseguir mucha presión", "el vacío es una presión", "la viscosidad se parece a la densidad", "1 Kp/cm³ es una densidad muy grande", etc., y que resolver problemas como: "se introducen en agua dos cuerpos, uno de 1 Kg de masa y densidad 5 g/cm³ y el otro de 650 g de masa y densidad 6,5 g/cm³, ¿cuál de los dos desplaza más líquido?, ¿pueden estar hechos los dos cuerpos de la misma sustancia?" o como "un trozo de corcho sintético de 210 g de masa y densidad 0,3 g/cm³ se lastra con un trozo de plomo de 45,36 g de masa y densidad 11,34 g/cm³ y se introduce el conjunto en agua, ¿flota o se hunde en el agua el conjunto corcho-plomo?".

Una vez realizada, la corregimos y observamos que los resultados reflejaban el cambio producido en el aula, ya que estos fueron muy superiores a los obtenidos en la prueba escrita de Cinemática. No obstante, todavía no podíamos considerarlos buenos; simplemente eran más aceptables y se acercaban más a los que se podrían obtener en consonancia con una clase de estas características.

Como complemento a todo esto les proporcionamos a los alumnos las respuestas que ellos mismos habían dado a las preguntas de la prueba inicial, que sobre este tema se les pasó antes de estudiarlo. Hay que resaltar su sorpresa, respondiendo con comentarios del tipo: *"la verdad es que no tenía ni idea de lo que ponía", "no sabía ni lo que me preguntaban", "como no sabía nada, lo hice al tun tun", "me parece mentira que respondiera tan mal a algo tan fácil", "hay que ver lo sencillas que veo ahora las preguntas"*, etc.; asumían a su vez que habían aprendido bastantes cosas y que el trabajo planteado de esta manera era rentable.

2.3.2.3 Módulo de Circuitos eléctricos.

Cómo siempre, antes de empezar la unidad didáctica les pasamos una prueba escrita, que realizaron esta vez con muchas ganas a la vista de lo que había pasado en el tema anterior y a que son alumnos pertenecientes a las ramas de Electricidad y Electrónica. Esto es un arma de doble filo: si hay correspondencia entre los contenidos, supone una ayuda complementaria de gran utilidad pero, si son contradictorios... Desgraciadamente en nuestro caso, había discrepancias muy evidentes que condicionaron la puesta en práctica de algunas actividades. Este tipo de circunstancias, bastante más habituales de lo que los profesores piensan, son muy preocupantes pues no podemos ignorar que los estudiantes no tienen herramientas para optar por una con suficientes fundamentos científicos o tecnológicos. Los resultados obtenidos en la mencionada prueba ya nos hizo presagiar algunas de las dificultades posteriores.

En dicho tema, pretendíamos continuar con la puesta en práctica de la nueva metodología, aunque es muy posible que la adaptación de los alumnos a la misma fuera ya un hecho constatable, con sus lógicas contradicciones momentáneas fruto de la inercia a otro tipo de enseñanza. En cualquier caso, pensábamos, de cara a nuestra investigación, que podíamos reforzar esta implicación del alumno en su aprendizaje y decidimos trabajar este módulo para reforzar más la acomodación deseada.

Los siguientes contenidos desarrollados corresponden a los Circuitos eléctricos y aparecen en el Cuadro 2.8. Como puede apreciarse, los contenidos procedimentales y actitudinales de esta unidad didáctica fueron enfocados fundamentalmente, como una profundización de los de módulos anteriores.

MÓDULO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS	
Contenidos conceptuales:	<ul style="list-style-type: none"> - Corriente eléctrica (continua). - Intensidad de corriente. - Potencial eléctrico y diferencia de potencial. - Generadores de corriente continua - Modelo interpretativo para la corriente eléctrica. - Resistividad y resistencia eléctrica. - Circuitos eléctricos en serie y paralelo. - Aplicaciones de la corriente eléctrica. - Ley de Ohm.
Contenidos procedimentales:	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de interrogantes de la vida cotidiana (bombilla, pila, cortocircuito, energía eléctrica, etc). - Observación y recogida de datos cualitativos (brillo de las bombillas, análisis del interior de una pila, etc). - Utilización de aparatos de medida (amperímetro, voltímetro, ohmímetro, etc) - Familiarización con las unidades de la corriente eléctrica del Sistema Internacional (voltio, amperio, ohmio, etc). - Interpretación de resultados experimentales o teóricos. - Elaboración de conclusiones y comunicación de resultados utilizando un lenguaje científico adecuado. - Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas (Ley de Ohm, circuitos sencillos, etc). - Realización de montajes experimentales (circuitos en serie, paralelo y mixtos). - Interpretación de textos y búsqueda de información. - Revisión de lo aprendido.
Contenidos actitudinales:	<ul style="list-style-type: none"> - Interés por fenómenos o hechos de la vida cotidiana (relacionados con la electricidad). - Rigor, precisión, orden,... en la recogida de información (de diversas formas y con distintos aparatos eléctricos). - Actitud crítica y fundamentada. - Asumir responsabilidades en las tareas del grupo y una actitud flexible y de colaboración. - Valorar el conocimiento científico como proceso de construcción continuo y de revisión permanente (considerar las teorías que han existido sobre la electricidad). - Fomentar una actitud positiva hacia las Ciencias y sus repercusiones sociales (reflexionar sobre las aportaciones de la electricidad a nuestras vidas). - Mejorar la autoestima. - Divertirse en el trabajo.

Cuadro 2.8

Desarrollo del Módulo de Circuitos Eléctricos en el aula

Empezamos con el tema, planteando las primeras preguntas: ¿por qué se enciende una bombilla?, ¿por qué es esférica?, ¿por qué se hace el vacío en ella?, ¿de qué está hecho el filamento?. Participaron activamente, dada la especialidad de los alumnos.

Se introdujeron los generadores de corriente continua y sus características, suministrándoles información sobre los distintos tipos de pilas que existen y la relación de su composición con la duración y la contaminación que producen.

Seguimos con las actividades correspondientes a los cortocircuitos y a los montajes en serie y en paralelo, que les parecían bastante sencillos. Respecto al concepto de cortocircuito para algunos de ellos, sobre todo en el caso de los alumnos de la rama de Electrónica, era cualquier derivación en paralelo aunque no se cortara el circuito, posiblemente influidos por las clases de la asignatura de Prácticas.

El verdadero conflicto se formó cuando hubo que analizar dos circuitos con dos bombillas cada uno (en serie y en paralelo), en los que se les preguntaba cuál de ellas brillaba más y cuál lo hacía antes. La discusión fue bastante interesante, ya que aunque la mayoría de los alumnos afirmaban que las bombillas en serie brillarían menos que las que estaban en paralelo, había algunos que creían que la bombilla del circuito en serie que estaba más cercana al polo

negativo brillaría más y antes porque la corriente le llegaba a ella primero.

Como, en algunos casos, la Ciencia no tiene otra forma de demostrar quién tiene razón que experimentalmente, hicieron ambos montajes en el aula para poder comprobarlo. Ciertamente la mayoría se convenció, aunque se dió la paradoja, de que todavía había algún alumno que seguía pensando (ya que decía que eso era lo que él veía) que brillaba más la que estaba más cercana al polo negativo, mientras que sus compañeros lógicamente veían otra cosa, es decir que brillaban las dos igual.

Estos casos tan curiosos, fruto del gran arraigo que tienen determinadas ideas previas, requieren desde nuestra perspectiva que el profesor se abstenga de intervenir demasiado, para dejar que sean los mismos alumnos los que, tomando la iniciativa, resuelvan el problema entre iguales. No creemos conveniente una excesiva insistencia por nuestra parte que proyecte la idea de cambios precipitados en las concepciones, que suelen ser poco consistentes o ficticio. Creemos más conveniente abordar el problema de forma recurrente, si es necesario; es decir cuando vuelva a surgir de nuevo o, incluso, provocando que así sea.

Terminamos la discusión sobre el brillo de las bombillas; por su interés hicimos unas grabaciones en clase de sus propios comentarios para que posteriormente pudiéramos escucharlos y analizarlos. La discusión había desembocado de forma muy sugestiva en que era necesario medir las cosas y no fiarnos de lo que veían nuestros ojos, ya que esto podía conducirnos a error. Esto nos dió una gran oportunidad para relacionar el problema del brillo con la intensidad de corriente. Hay que decir que, a pesar de ser alumnos de las ramas de Electricidad y Electrónica, no sabían si los amperímetros se colocaban en serie o en paralelo.

La siguiente tarea, fue la de diseñar y realizar una experiencia para comprobar sus propuestas sobre cómo iba a ser la intensidad de un circuito, en función del tipo de montaje. Propusieron que, la intensidad que pasaba por cualquiera de los puntos de un circuito en serie era siempre la misma; que las que pasaban por cada una de las ramas del circuito en paralelo eran iguales (si el número de bombillas en cada una de ellas es el mismo) y que la suma de estas intensidades era igual a la que sale de la pila. La llevaron a cabo con el material que les suministramos; aunque nos sorprendió el trabajo que les costó hacerlo y las demandas continuas de ayuda del profesor.

Con estos datos, nos pusimos a hablar sobre la posibilidad de "inventar" un modelo que sirviera para explicar cómo funciona por dentro la corriente eléctrica. Después de muchas explicaciones sobre su importancia, propusieron que la corriente eléctrica se parece al agua porque va por una tubería, es decir que se acercaron a lo que se conoce como modelo hidráulico.

Discutimos los problemas que presentaba y si realmente era capaz de explicar cada una de las características de la corriente eléctrica, de lo que surgían paulatinamente una serie de interrogantes que fuimos abordando a través del debate y suministrándoles nueva información: ¿están todos los cuerpos cargados con electrones?, ¿salen estos de la pila?, ¿por qué la corriente eléctrica está formada por electrones y no por protones?, ¿por qué se mueven las cargas negativas con mayor facilidad que las positivas?, ¿por qué los metales son tan buenos conductores?, ¿por qué los electrones van tan lentos y la corriente eléctrica tan rápida?, ¿es lo mismo corriente eléctrica que intensidad de corriente?, etc.

Todo ello nos iba acercando cada vez más a un modelo que, aunque tenía alguna reminiscencia del hidráulico, era bastante más correcto científicamente que éste. Así, llegaron a establecer que la corriente eléctrica se podría representar a través de una serie de péndulos (formados por bolas de acero colgadas de sus respectivos hilos) contiguos, en la que las bolas de acero serían los electrones, la corriente eléctrica sería el impulso transmitido a través de ellas y la pila la energía proporcionada por el primer péndulo al golpear sobre los demás; de esa manera cuando se cierra el circuito, se ponen en movimiento todos los electrones a la vez.

Aunque el modelo que había surgido era incorrecto, resultaba bastante interesante. No obstante, no convenía hacer un desarrollo exhaustivo por la aridez que para los alumnos representan las abstracciones de este tipo, dejamos para más adelante nuevas reflexiones sobre el mismo. Lo que sí hicimos fue aprovechar la coyuntura para reflexionar sobre la relación que existía entre las cuestiones que ya habíamos trabajado: el brillo de las bombillas, la intensidad, la propia corriente eléctrica, si los electrones "salen" o no de la pila, si se "gasta" la corriente eléctrica, el papel de los "interruptores de pared", etc.

Se les planteó entonces un problema, en el que se veía un circuito formado por una bombilla, una pila y un interruptor en serie, preguntándoseles cuál era la diferencia de potencial entre los bornes del interruptor cuando éste estuviera abierto y cerrado. Las respuestas que surgieron fueron tan diversas como interesantes. Por ejemplo, un

grupo de alumnos indicó que *“la d.d.p. sería cero cuando el interruptor estuviera abierto ya que no hay corriente”*; otro aplicó la ley de Ohm para llegar a la misma conclusión; un tercer grupo de alumnos afirmó que *“si no habla corriente no podía haber d.d.p. anterior”*; y otro grupo dijo que *“lo mismo daba que el interruptor estuviera abierto o cerrado, ya que marcaría lo mismo”*.

Como no lograban aclararlo y el debate que surgió nos pareció muy interesante, optamos por no llegar a dar la solución correcta y dejarles que lo pensarán tranquilamente en sus casas (después nos enteramos por el profesor de la asignatura de Prácticas de Electrónica, que habían ido a preguntarle la respuesta correcta).

Nos parece interesante resaltar el cambio que los alumnos habían experimentado respecto a los primeros días de curso, ya que ahora y a diferencia de lo que ocurría entonces, se podía apreciar de forma notoria una mayor implicación en las tareas que se les demandaban, una mayor predisposición al trabajo y, sobre todo, un mejor humor. Todo ello propició que se hubieran establecido unas relaciones de mayor confianza y camaradería, tanto entre ellos como con el profesor de la asignatura, lo que a su vez provocaba un cambio radical en la dinámica de la clase; la disciplina estaba marcada por ellos sin necesidad de intervenciones del profesor.

Las siguientes actividades consistieron en diseñar y realizar una experiencia para comprobar sus predicciones sobre el valor de la diferencia de potencial (d.d.p.) entre diversos puntos del circuito, en función de que este estuviera en serie o en paralelo. Ellos creían que la d.d.p. de todas las ramas de un montaje en paralelo era siempre igual y que la suma de las d.d.p. entre los puntos de un circuito en serie era igual a la total. La llevaron a cabo con el mismo material que les había suministrado en la experiencia anterior, haciéndose un pequeño lío con las medidas, ya que éstas eran un poco engorrosas. Al final necesitaron la ayuda del profesor para aclararse (quizás hubiera sido más operativo haber utilizado tableros como los que utilizan en las clases de prácticas para llevarlas a cabo). Pusimos los resultados de las medidas en la pizarra, tanto para el circuito en serie como para el paralelo, e intentamos sacar conclusiones, lo que resultó bastante complicado por la poca calidad de los resultados y lo incompletos que eran.

Después de todo esto llegaron al convencimiento, por lo menos, de que era necesario abordar el estudio del concepto de d.d.p. para llegar a entender lo que era la corriente eléctrica; lo primero que hicimos fue proporcionarles información, extraída del libro de 2º de BUP de editorial Akal (Prats y del Amo, 1984) para después volver a las preguntas de las hojas de trabajo.

El primer conflicto surgió cuando tuvieron que justificar la forma en la que se colocaba el voltímetro. Aunque prácticamente todos sabían que era en paralelo, no fueron capaces de encontrar una buena razón por la que tenía que ser así. Unos decían que se montaba en paralelo *“porque el amperímetro se montaba en serie”* (!); otros *“porque su resistencia interna era muy grande”*; algunos *“porque si no lo hacías así se podía romper”*, etc.

Como ninguno de los alumnos utilizó la diferencia de potencial para justificar su respuesta, les pedimos que volvieran a leer el documento que les habíamos suministrado, adjuntándoles nueva información sobre los conceptos de potencial y diferencia de potencial, esta vez extraída del libro de 3º de BUP de editorial Anaya, (Varios autores, 1981); después intentaron responder de nuevo a la pregunta. Lo hicieron, pero tuvimos que ayudarles mucho para llegar a establecer la relación entre ambas cuestiones.

Una vez que nos acercamos al significado del concepto de d.d.p., se les pidió que lo intentaran incluir en el modelo que teníamos establecido sobre la corriente eléctrica, para comprobar si seguía siendo válido o para introducir en él las oportunas modificaciones. Intentábamos, sobre todo, que percibieran cómo se construye un modelo y su utilidad científica.

Para incidir un poco más en el concepto de d.d.p., se les planteó un circuito que constaba de dos resistencias (R_1 y R_2) en serie, una de las cuales (R_2) era variable, preguntándoles: ¿qué ocurriría con la d.d.p. entre los extremos de cada una de las resistencias, si aumentáramos la R_2 ? Las respuestas más frecuentes, en una proporción de 2/3, fueron las correctas, aunque hubo un número significativo de alumnos que se equivocaron, probablemente porque el modelo de corriente utilizado arrastraba los condicionamientos iniciales.

Se les volvió a plantear otro circuito que constaba de una asociación en paralelo entre una bombilla y una resistencia variable, que a su vez estaba en serie con otra bombilla igual y se les preguntó: ¿qué ocurriría con el brillo de cada una de las bombillas si disminuyéramos la resistencia?. En este caso, las respuestas correctas llegaron solamente al 50 %, aunque hay que resaltar el interés de los debates que surgieron de la discusión de ambos circuitos. En estos momentos, creemos que ellos percibían que las opiniones de los compañeros eran también “contenidos de la asignatura”.

Continuamos con las actividades correspondientes a las aplicaciones de la corriente eléctrica y el estudio de la resistencia de distintos materiales, analizando por qué unos eran conductores y otros no. Como casi siempre a estas alturas de curso, todo provocaba un gran debate. En cuanto a las explicaciones que cada uno daba respecto a las distintas características de los conductores o de los aislantes; unos decían que se debía a que estos tenían menos electrones, otros a que sus átomos estaban más fuertemente unidos, etc.; no obstante al final llegaban a un acuerdo y a una solución que se podía considerar aceptable.

De la misma forma, cuando planteábamos en el aula que se justificara por qué influía en la resistencia, el grosor del cable o su longitud, volvió a aparecer el conflicto ya que, aunque la mayoría sabía las respuestas correctas, no eran capaces de ponerse de acuerdo sobre la explicación. A pesar de todo y después de un tiempo (y un poco de ayuda), se estableció una solución que satisfizo a todos y que, estando de acuerdo con el modelo, se podía considerar también aceptable desde el punto de vista científico.

Continuamos con el estudio del efecto Joule y su relación con todo lo que habíamos estudiado previamente. Pasamos a la realización de problemas en los que tenían que aplicar la ley de Ohm y a ejercicios de aplicación y de revisión, antes de pasarles una prueba escrita. Esta constaba de unas preguntas de características y dificultades similares. Tuvieron que analizar diversos circuitos, tanto en serie como en paralelo, y responder a cuestiones del tipo: "¿qué le ocurrirá al brillo de la bombilla del circuito si aumentamos el valor de la resistencia que está en paralelo con ella?"; "¿cuál de las bombillas de los siguientes circuitos brillará más?"; "¿cómo se modifica la diferencia de potencial entre los extremos de una resistencia si aumentamos la resistencia que está colocada en serie con ella?"; "¿por cuál de estas pilas colocadas en serie, circula mayor intensidad de corriente?"; "¿qué le ocurrirá a cada uno de los elementos del circuito, si quitamos una de las bombillas?", etc.

Una vez realizada, la corregimos y observamos que los resultados obtenidos se podían considerar bastante buenos. En ellos se volvía a reflejar, esta vez de una forma más evidente, el progreso que paulatinamente han ido experimentando los alumnos a lo largo del curso. Todo ello nos ratificaba en la idea de que estaban cómodos con la nueva metodología y lo que era igualmente importante, habían aumentado su rendimiento académico fruto de un mayor conocimiento.

Por último y antes de terminar el tema que marcaba el fin de esta fase previa, se les proporcionaron a los alumnos las respuestas que ellos mismos habían dado en la prueba inicial de circuitos eléctricos, sorprendiéndose de sus respuestas de la misma forma en la que lo habían hecho en el tema anterior.

Analizando a groso modo la evolución que habían seguido los alumnos a lo largo de estos meses de clase, hay que decir que el cambio había sido tan grande que, a veces, teníamos la sensación de estar impartiendo clase en unas aulas diferentes a aquellas con las que empezamos en Octubre. El interés y la participación en el aula en esas fechas era muy grande, así como la calidad de su trabajo; el ambiente en clase era sumamente agradable, abundando el buen humor y el respeto entre todos; la propia dinámica de funcionamiento era la que marcaba la disciplina, pudiendo incluso ausentarse el profesor de clase con toda la tranquilidad del mundo, ya que seguían trabajando; no ponían reparos a que se les mandara alguna tarea para casa, trayéndola hecha, en su mayoría correctamente; los cuadernos de trabajo eran claramente superiores conforme pasaba el tiempo, tanto en su estructura como en su contenido y por ende las calificaciones académicas también eran cada vez mejores.

C.2.3.3 Descripción del Módulo de Ondas, Sonido y Luz

Una vez especificada la fase previa a la aplicación del tema objeto de nuestra investigación, creemos necesario la descripción y justificación del Módulo de Ondas, Sonido y Luz. La planificación de éste se ha fundamentado en un análisis de los contenidos (conceptuales y procedimentales), un análisis de la problemática del aprendizaje de los mismos y el establecimiento de una secuencia de enseñanza que integre las aportaciones e implicaciones de los análisis realizados.

C.2.3.3.1 Análisis del contenido científico del Módulo de Ondas, Sonido y Luz

Uno de los fundamentos de cualquier propuesta didáctica en Ciencias, deriva de los propios conocimientos científicos implicados y de la percepción que tengamos de dicho conocimiento. Creemos que la profundización en los contenidos de enseñanza no sólo es una exigencia obvia del profesorado (no se enseña lo que no se sabe) sino que además, da soluciones a los problemas planteados en la delimitación, selección y secuenciación de los contenidos objeto de enseñanza. Dada nuestra percepción de los mismos, procederemos ahora a realizar los análisis conceptual y procedimental del módulo de Ondas, objeto de la investigación.

Asumimos que el objetivo del análisis científico es doble: la profundización en el contenido científico del profesor y la estructuración de los contenidos de enseñanza referidos a un marco teórico o esquema conceptual concreto (Sánchez y Valcarcel, 1993). Creemos que el conocimiento es estructurado y cambiante, construido por colectivos o comunidades de científicos que trabajan dentro de un mismo paradigma o programa de investigación (Chalmers, 1982). Y también compartimos que la diferenciación, en conceptual, procedimental y actitudinal tiene un carácter analítico, fundamentalmente por motivos pedagógicos (Coll, 1992). Nosotros lo vamos a mantener para facilitar nuestro análisis del módulo "Ondas, Sonido y Luz".

Análisis del marco conceptual

Hay que tener en cuenta que delimitar y seleccionar los contenidos del tema no es una tarea arbitraria, sino que supone responder a interrogantes habituales en Ciencias cómo: ¿cuáles son los hechos y fenómenos científicos más relevantes que se estudian?, ¿cuáles son los conceptos fundamentales y leyes que se introducen?, ¿cuáles son las teorías y modelos que utilizamos para interpretar los fenómenos? (Sánchez y Valcarcel, 1993).

Consideramos que la extensión del tema y la dificultad de los conceptos implicados hacen necesaria la división del mismo en unidades más pequeñas que presenten una coherencia interna, sin perder de vista la visión global del módulo. Los contenidos científicos impartidos en el módulo que denominamos "Ondas, Sonido y Luz" podemos dividirlos en tres partes.

La primera parte que se centraba en las Ondas en general; pretendía dar una visión de conjunto, hacer hincapié en las magnitudes características y estudiar aquellas propiedades que las diferencian de los movimientos corpusculares. La segunda parte, centrada en el Sonido, trataba de relacionar las Ondas con la que para ellos es la más cercana y comprensible de éstas, aplicando los conocimientos de la primera parte a un caso concreto. Y por último, la tercera parte, la más compleja y abstracta, se centraba en el estudio de la Luz, que resulta interesante, tanto por el tópico en sí, como por la controversia científica que ha representado históricamente. Por ello, para realizar el análisis de los contenidos científicos, hemos mantenido esta división.

Módulo de Ondas

En la primera parte, dedicada a los fenómenos ondulatorios en su conjunto (fundamentalmente los no electromagnéticos) queda recogida en el mapa conceptual (Novak y Gowin, 1988) de la Figura 2.1. Aparecen estructurados los contenidos de enseñanza que hemos seleccionado referentes a las Ondas, apreciándose la existencia de dos ejes fundamentales; uno hace referencia al significado de onda o movimiento ondulatorio, y el otro se centra en las magnitudes características de las mismas.

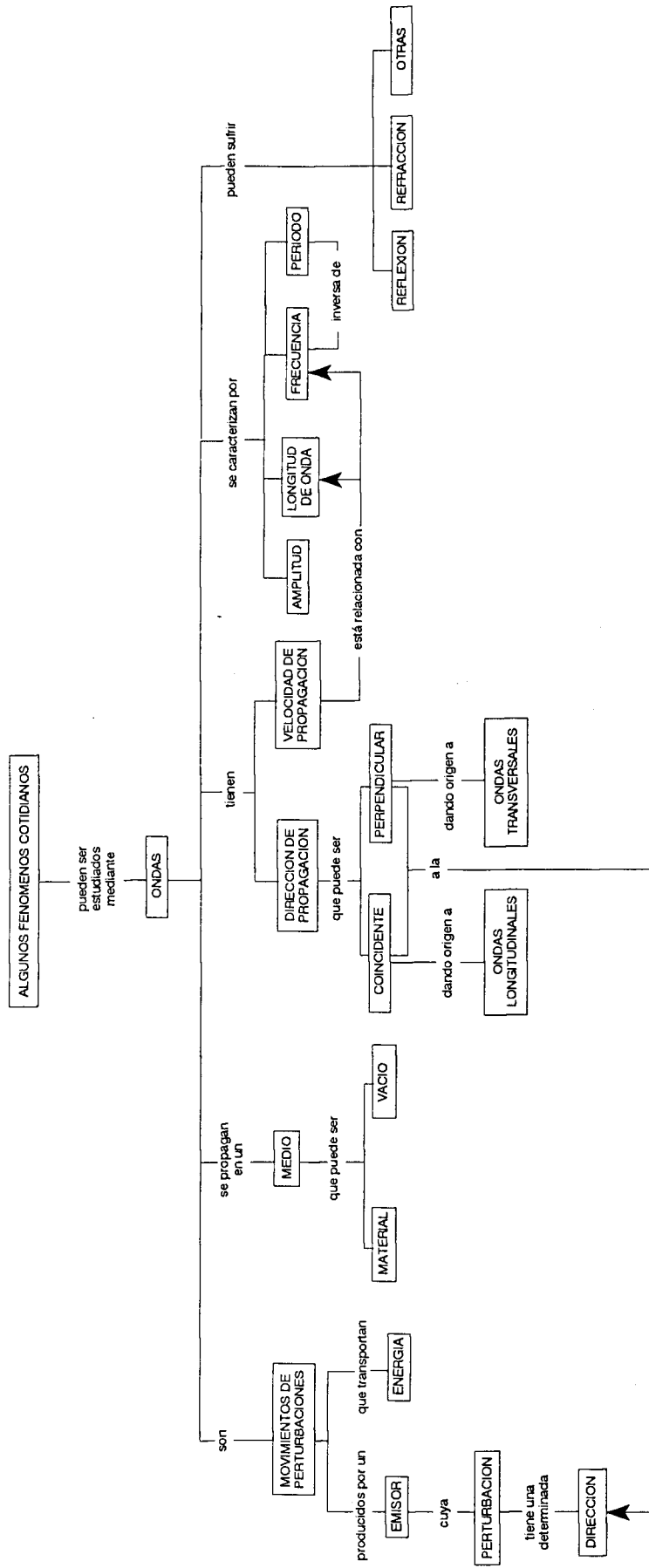


FIGURA 2.1

Entendiendo por perturbación cualquier distribución de las partes del sistema que sea diferente de su condición de reposo natural, los *movimientos ondulatorios u ondas* serían, para nosotros, una perturbación que se mueve debido al efecto que las partes del sistema ejercen entre sí (Shapiro, 1981); esto justifica que nuestra selección de contenidos sobre las ondas haga especial hincapié en todos aquellos conceptos que están relacionados con dicha perturbación. Podemos empezar por la causa de dicha perturbación, es decir el *emisor*, y producir ondas de distintos tipos en el aula, incluyendo las de una dimensión (producidas en una cuerda o un muelle), dos (en la superficie del agua) y tres dimensiones (las sonoras).

Una vez que se asuma la existencia de un emisor, debería continuarse con una reflexión sobre las ondas producidas y, por tanto, sobre su diferenciación con los movimientos ondulatorios donde hay transporte de materia. También es importante diferenciar onda de corpúsculo.

Deberíamos pasar más tarde a estudiar el desplazamiento de la perturbación producida y su relación con el medio, para establecer la dependencia que existe con respecto a él. Así averiguaríamos la influencia que pueden tener sobre la *propagación de la perturbación*, por ejemplo, el estado del medio (sólido, líquido o gaseoso) o la temperatura.

El siguiente paso podría consistir en una reflexión cualitativa para intentar ir esbozando las líneas de un *modelo* (sobre el que volveremos con mayor intensidad en otras partes del módulo), que explicara de forma satisfactoria cómo se produce la interacción del medio con la onda y cómo influye aquél en dicha propagación.

Sería el momento de abordar situaciones en las que hay más de una perturbación en movimiento y estudiar lo que ocurre cuando dos o más ondas se propagan o incluso se cruzan; es decir, volver a plantear la propagación de las ondas desde un punto de vista más complejo, como es el *fenómeno de las interferencias*. Es imprescindible insistir, desde la perspectiva científica, en su condición de característica propia de las ondas, para evitar que sigan siendo consideradas como algo negativo.

Establecida la diferencia entre perturbación y propagación de la misma, sería posible distinguir entre los distintos tipos de ondas, según que la dirección de la perturbación producida sea la misma o perpendicular que la de propagación de la onda, para asumir así la existencia de *ondas longitudinales y transversales*.

Más tarde, convendría centrarse en la determinación cuantitativa de la *velocidad de desplazamiento* de una onda (que debería ser longitudinal para contribuir a eliminar la visión sesgada que se tiene de las ondas) y realizar los cálculos, si fuera posible, en un caso real. Podría ser el de una onda producida por los mismos alumnos; por ejemplo, sobre un muelle de gran longitud, con lo que no sólo pretendemos conseguir un mayor interés por su realización práctica, sino conectar con lo estudiado en el módulo de Cinemática. Se integraría así un aspecto árido, como son los cálculos matemáticos, dentro de una pequeña investigación, lo que a su vez le daría mayor coherencia y un carácter más científico al proceso.

Una vez que se hubiera establecido qué es una onda, cuáles son sus principales propiedades y las características que las definen, se estaría en condiciones de emprender el estudio de sus *magnitudes características*. Para ello y siempre intentando conectar al máximo las acciones docentes con la realidad inmediata, convendría ir de los conceptos más concretos a los más complejos; así, debería comenzarse por la amplitud, al ser ésta la más asequible de dichas magnitudes; se podría continuar después con la longitud de onda, y terminar con la frecuencia y el periodo, quizás más complicadas. También habría que establecer entre ellas todas las relaciones posibles, tanto desde el punto de vista conceptual cómo desde el matemático. Sería conveniente calcularlos, como hemos dicho en casos anteriores, sobre casos reales, como podría ser por ejemplo en una onda producida por los propios alumnos en una cuerda.

Podría ser interesante que se abordaran, conforme fueran surgiendo, conceptos tales como: reflexión, refracción, etc; lógicamente se haría de forma cualitativa y sin profundizar demasiado, ya que serían objeto de estudio más adelante, al tratar las partes del módulo correspondientes al Sonido y a la Luz.

Módulo del Sonido

Una vez que destrrollada esta primera parte del módulo, sería el momento de aplicar los conocimientos adquiridos a un caso concreto, lo que a su vez nos ayudaría a seguir profundizando en la adquisición de los conceptos implicados; para ello hemos elegido el Sonido, alrededor del cual está constituida la segunda parte del módulo.

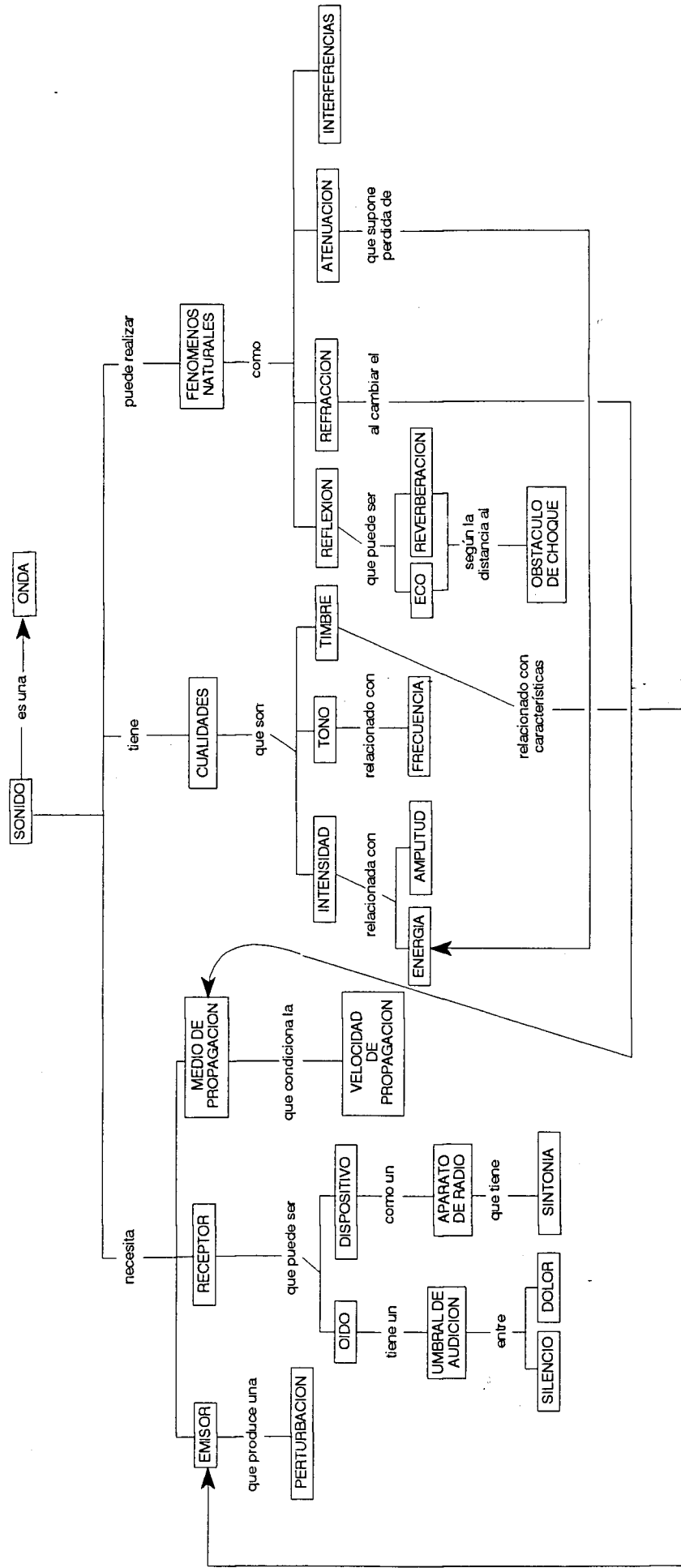


FIGURA 2.2

Los contenidos correspondientes quedan recogidos en el mapa conceptual que, sobre este tópico, hemos realizado en la Figura 2.2. Tiene una estructura centrada en su producción y propagación, y en aquellas propiedades características debidas a su condición de fenómeno ondulatorio.

Convendría empezar reflexionando sobre la condición del sonido, estableciendo su *carácter ondulatorio*. La estrategia consistiría en averiguar si cumple las características y tiene las propiedades que le habíamos atribuido a las ondas. Para ello podrían llevarse a cabo en el aula una serie de experiencias (diseñadas por los propios alumnos o por el profesor) que pudieran demostrarlo.

Una vez que quedara categorizado como fenómeno ondulatorio, podríamos continuar con el estudio del emisor de ondas sonoras para establecer cuáles deben ser sus condiciones o características. Esta tarea puede conducir a reflexionar sobre la propagación del sonido emitido y, por tanto, sobre el oído como receptor humano (*audición*), con lo que tendríamos de una ocasión excelente para volver a insistir sobre algunos de los conceptos enseñados.

Deberíamos continuar por aquellos conceptos, que estando más cercanos a la vida cotidiana, estuvieran más relacionados con las magnitudes características de las ondas. Por ello, seguiríamos con el estudio de las *cualidades del sonido*, es decir el "volumen", el tono y el timbre, relacionando las dos primeras con la amplitud y la frecuencia. En el caso del timbre, al no existir una equivalencia con ninguna de las magnitudes características de las ondas, convendría hacer especial hincapié en este aspecto, para evitar posibles confusiones dada su dificultad intrínseca.

El siguiente paso, consistiría en *profundizar en el modelo* establecido en la primera parte del módulo para explicar qué son las ondas con mayor rigor, cómo se produce la interacción del medio con el sonido y cómo influye aquel en dicha propagación.

Sería el momento de estudiar el fenómeno de las *interferencias sonoras*, planteando situaciones en las que dentro de un mismo medio y simultáneamente, existieran diferentes sonidos, con el fin de analizar su comportamiento y profundizar en el concepto de Onda, en el de Sonido y en el de la propagación de ambos. Convendría llamar la atención sobre la diferencia existente entre que un sonido no llegue al receptor (oído) o que llegue mezclado (después de sufrir una interferencia), para relacionar posteriormente todo ello con la música.

Habría que continuar lógicamente delimitando cuáles son las variables significativas que influyen en la propagación para seguir con su estudio cuantitativo, calculando la *velocidad del sonido* en situaciones reales. Se podría comenzar por calcularla en el aire para hacerlo posteriormente, por ejemplo, en el agua, contrastar los resultados y tratar de justificarlo con el modelo. Dichos cálculos, que deberían formar parte de una investigación, servirían para insistir sobre la propagación del sonido desde otro punto de vista y profundizar en conceptos que ya habían aparecido como, por ejemplo, los de error absoluto y error relativo.

El siguiente paso sería estudiar lo que ocurre cuando el sonido choca con un obstáculo, planteando y analizando diversas situaciones reales y cotidianas. Esto tendría como fin no sólo la adquisición del concepto de reflexión sino aclarar los fenómenos de *reverberación* y *eco*, y establecer las diferencias que existen entre ellos.

También sería un momento propicio para iniciar el estudio de la *refracción* y asociarla con el cambio de velocidad *del sonido*, con lo que contribuiríamos a que este concepto dejara de verse como patrimonio exclusivo de la luz. Podríamos entrar en el fenómeno de atenuación relacionándolo con la disminución de la energía, etc. A todo ello hay que añadir que es imprescindible insistir en la necesidad de relacionar las afirmaciones y reflexiones anteriores con el modelo establecido para las ondas, integrando así las partes teórica y práctica del conocimiento que se imparte.

Módulo de Luz

En la tercera parte del módulo, nos referimos a la luz y queda recogido en el mapa conceptual que, sobre este tópico, hemos realizado en la Figura 2.3. Tiene una estructura centrada en sus cualidades como corpúsculo y como onda, en su propagación y en propiedades tales como la reflexión y la refracción.

La naturaleza científica de la luz hace que sea un tema complejo pues, aunque es posible plantearse su

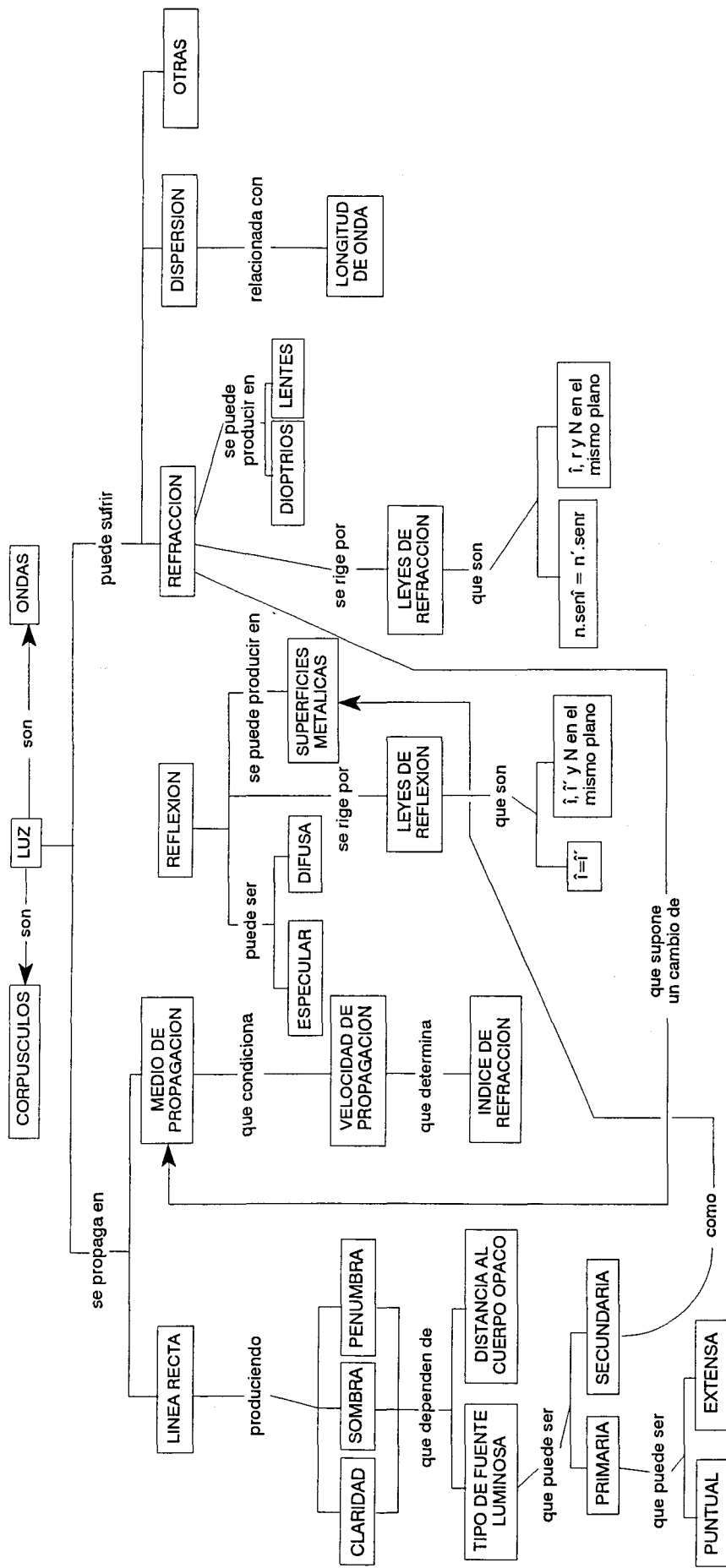


FIGURA 2.3

estudio desde el punto de vista corpuscular o desde el punto de vista ondulatorio, no creemos que se puedan presentar argumentos científicos suficientes para que el alumno admita la dualidad propugnada por De Broglie. Esto provoca que, en los niveles en los que estamos desarrollando nuestra actividad, un gran número de autores se hayan centrado en la óptica geométrica y, dentro de ella, en los aspectos exclusivamente matemáticos (por ejemplo, en la construcción de imágenes), para olvidar los fundamentos conceptuales o tratarlos de forma superficial.

Creemos que es necesario plantear inicialmente el problema a pesar de su dificultad, e intentar responder parcialmente -hasta donde sea posible- a lo largo de todo el tema. Con ello, pretendemos conseguir que en todas las actividades que se realicen posteriormente, esté presente esa *controversia* que refleja las propias dudas del desarrollo y de la evolución del conocimiento científico.

El siguiente paso, con el fin de aproximar al máximo los conceptos a estudiar con la vida cotidiana, sería el de relacionar la luz con la visión, ya que resulta un elemento motivador que servir para "enganchar" a la hora de la realización de las tareas que se vayan presentando. Nos parece interesante empezar por el planteamiento de unas actividades en las que se cuestionara la veracidad de lo que nuestros ojos ven (como por ejemplo a través de lo que se denominan objetos imposibles o paradojas visuales).

Continuaríamos con el estudio de la *propagación de la luz*. Inicialmente intentaríamos analizar los efectos observables más evidentes, como puede ser por ejemplo la propagación en línea recta, el concepto de sombra y el de penumbra.

Respecto a la primera, es importante que previamente se hayan trabajado los conceptos de *línea recta y horizontal* para establecer las diferencias que existen entre ellas y abordar el problema de la propagación de la luz sin distorsiones. Respecto a los conceptos de *sombra y penumbra*, es necesario tener presente la existencia de focos luminosos y manantiales puntuales, a la vez que hay que prestar la suficiente atención al hecho de que la sombra no depende de la intensidad del foco luminoso, sino del tamaño del objeto y de la posición de éste con respecto a aquél. Pero además, estos efectos luminosos se pueden justificar, hecho de gran importancia para plantear el interrogante central de esta parte del módulo.

Seguiríamos después avanzando en dicho estudio planteando, dentro de la propagación, su relación y *dependencia con el medio*. En concreto, nos centraremos en la diferencia respecto a las ondas materiales de que puede propagarse en el vacío. Más tarde, se podría abordar de forma explícita el concepto de velocidad de la luz, haciendo especial énfasis en establecer que, a pesar de tratarse de velocidades altas, no son cantidades infinitas. Para corroborar todo esto desde el punto de vista científico y teniendo en cuenta que resulta imposible pretender que los alumnos lleven a cabo una experiencia práctica para su determinación, lo más adecuado sería provocar un debate a nivel teórico utilizando, por ejemplo, algunas de las más conocidas experiencias que a lo largo de la historia se han hecho sobre el cálculo de la velocidad. En cualquier caso, habría que insistir en que la velocidad depende del medio (dándoles tablas de valores) y que, de forma genérica, ésta se puede indicar mediante el llamado índice de refracción (podría llamarse índice de propagación, de momento).

Respecto a los conceptos de reflexión y de refracción consideramos que, previamente a su estudio detallado y por separado, sería conveniente que ambos fueran englobados conjuntamente en un concepto más amplio que haga referencia a la interacción de la luz con los diferentes cuerpos y medios. Así, independientemente de que la luz cambie de medio, de dirección, o haga ambas cosas, se estaría dando una mayor coherencia interna al conjunto. Además, se podría abordar la tipificación establecida para los cuerpos, como *opacos, transparentes y traslucidos* en función de su comportamiento frente a la luz. De tal manera que, cuando pasáramos a estudiar qué es lo que le ocurre a la luz al chocar con "algo", lo haríamos en dichos términos y no de obstáculo.

En relación a la *reflexión*, consideramos interesante diferenciar dos niveles. Por un lado, el cualitativo, en el que nos centraríamos en el propio concepto, abordándolo en su doble vertiente de reflexión nítida y difusa; y por otro, desde una perspectiva cuantitativa, que tendría como objeto plantear las leyes por las que se rige. Aunque no presentan gran dificultad su deducción, sí nos parece más complicado llegar a establecer que los rayos incidente y reflejado se encuentran en el mismo plano; que ambos ángulos, el incidente y el reflejado son iguales no suele presentar dificultades. Creemos innecesario detallar la aplicación de estas leyes en el estudio de la formación de imágenes en los espejos, por los desconocimientos de trigonometría del alumnado; sólo comentaremos algunas características que surjan en las experiencias prácticas.

Podríamos demandar aquí de forma explícita, si no surgiera espontáneamente, que se interpretara el fenómeno de la reflexión desde el modelo corpuscular y desde el ondulatorio para incidir de nuevo en la controversia

a la que aludíamos.

El siguiente paso, lógicamente, consistiría en estudiar lo que le ocurre a la luz cuando cambia de medio, para abordar así la *refracción*. En este caso y a diferencia de lo que indicábamos en la reflexión, es conveniente centrarse en los aspectos cualitativos e insistir en el cambio de velocidad y de dirección.

El estudio cuantitativo, teniendo en cuenta las dificultades matemáticas que conllevan las leyes de la refracción, resulta complejo para este nivel, por lo que se hace aconsejable que los esfuerzos vayan dirigidos a la primera ley y a un tratamiento cualitativo de la segunda. Es decir, insistir en que el ángulo incidente y refractado están en el mismo plano, y lograr determinar la relación entre velocidad y cambio de dirección en función de los medios implicados. De esa manera se podría llegar a inferir que el ángulo va a ser mayor o menor en función del cambio de medio y, por tanto, del índice de refracción, pero sin llegar a la relación trigonométrica que hay entre los ángulos y los índices de refracción. No creemos conveniente profundizar en el estudio de los dioptrios o de las lentes, limitándonos a comentar desde el punto de vista práctico, las características de las que hubieran de utilizarse en las experiencias.

Por último, se podría plantear el estudio de la *dispersión de la luz*, lógicamente de forma bastante elemental. Pretendemos con ello reflexionar sobre un fenómeno, que a pesar de su complejidad conceptual, tiene diversos ejemplos en la naturaleza (como puede ser el arco iris) asequibles para el alumno. La importancia estriba en que, a diferencia de los que hemos tratado anteriormente, no tiene justificación desde el modelo corpuscular.

Completado este barrido sobre la luz, convendría terminar el módulo, con una introducción al *estudio del color*. Estableceríamos así la existencia de diferentes tipos de luz y no sólo de la denominada luz "blanca"; aclararíamos el significado que tiene cada uno de los colores desde el punto de vista científico; y determinaríamos cuáles son las claves que explican su formación, insistiendo en que no es una propiedad intrínseca de la materia. Para ello, es aconsejable que se realicen un gran número de experiencias aclaratorias que posibiliten la observación directa de las disquisiciones teóricas.

Análisis de los contenidos procedimentales del Módulo de Ondas, Sonido y Luz

Las características de los contenidos implicados en el estudio de las ondas, el sonido o la luz llevan potencialmente consigo una gran diversidad de contenidos procedimentales. Si bien esta circunstancia favorece la riqueza formativa que el módulo puede tener para nuestros alumnos, también es cierto que nos exige una selección rigurosa de los que vamos a utilizar en nuestra propuesta que, como en los conceptuales, deberá tener en cuenta la coherencia científica de los mismos y las posibilidades de utilización en nuestra aula. Como se dijo anteriormente, utilizaremos una clasificación para identificarlos, tanto sobre las "habilidades de investigación" como sobre las "destrezas manipulativas" (Pro, 1995).

a) Habilidades de investigación

a.1) Observación de objetos y fenómenos.

Si bien parece obligada la inclusión de este contenido procedimental en cualquier módulo de aprendizaje en el ámbito de las Ciencias Experimentales, creemos que las características del nuestro demandan una atención muy especial por las dificultades conceptuales que tienen. Así, por ejemplo, el alumno debe distinguir, en una situación real, lo que es la dirección de la perturbación de la dirección de propagación; puede constatar que el rayo incidente y el rayo reflejado están en el mismo plano; o tiene que hacer registros de su voz para estudiar las cualidades del sonido. Pero, además, se debe insistir en que las descripciones de las observaciones que el alumno realice las haga con claridad y rigor, evitando situaciones en las que un lenguaje rebuscado pero vacío, enmascare un desconocimiento de lo que se está planteando, recurso bastante habitual en estos niveles educativos. Además, al ser necesaria en muchos momentos la representación simbólica de algunas observaciones (propagación de una onda por una cuerda, en una pileta o en un muelle), habría que ser sumamente cuidadoso para evitar que el alumno llegara a independizarla del fenómeno real.

a.2) Medición de objetos y cambios.

Parece claro que en el desarrollo del tema van a aparecer situaciones en las que el alumno debe medir (por ejemplo, los ángulos incidentes, reflejados o refractados en el estudio de la reflexión o refracción de la luz). Sin embargo, valores como la velocidad de propagación de la luz o la variación de la velocidad del sonido en diferentes medios, no va a ser posible establecerlos en el laboratorio que tenemos y con el material que disponemos. Es más, aunque tuviéramos medios para verificar estas velocidades, creemos que la sofisticación de los aparatos implicados desvirtuaría, en gran medida, las intenciones de la actividad y su presumible valor formativo. Distinto es que, a partir de una experiencia de cátedra, como por ejemplo la producción de una onda con una cuerda, se pida que el alumno mida la amplitud, la longitud de onda o el periodo puesto que, en estos casos, más que la precisión de la medida, se busca la identificación conceptual; en cualquier caso, el fenómeno no va a ser repetible y difícilmente va a ser posible la estimación de errores. No obstante, queremos señalar que, reconociendo y valorando la importancia de la medición, hay otros contenidos procedimentales de igual o mayor significación en el aprendizaje científico.

a.3) Clasificación de objetos y sistemas.

En nuestro tema se pueden dar diversas clasificaciones (por ejemplo, ondas longitudinales y ondas transversales, cuerpos luminosos y cuerpos iluminados, medios opacos y medios transparentes). Lógicamente, habrá que establecer criterios para determinar dichas categorías. No obstante, nos parece más adecuado que estos criterios sean planteados directamente por el profesor o mediante la lectura de algún material informativo (por ejemplo, un documento sobre los tipos de onda, en el primer caso) que buscar otra estrategia metodológica para una determinación inductiva de los alumnos. Estamos hablando de un sistema de dos o tres categorías y no merece la pena incidir mucho en este contenido procedimental, sobre todo, cuando hay otras unidades didácticas, en donde el alumno puede ser capaz de elaborar las claves de clasificación (sobre todo, de Química y de Biología).

a.4) Reconocimiento de problemas.

Este aspecto resulta fundamental en el desarrollo de nuestro módulo; posiblemente lo sea en cualquier propuesta, puesto que viene a cubrir el salto existente entre los fenómenos cotidianos y el estudio de los mismos desde el punto de vista científico. La creación de un marco teórico y unas estrategias de investigación obviamente desvirtúan la realidad de partida con la consiguiente dificultad para los alumnos, que muchas veces no saben por qué se crean los conceptos o qué relación existe entre una práctica de laboratorio y el fenómeno que ha servido como referencia de la misma. Al respecto, trataremos de contextualizar cualquier idea o problema en hechos cercanos al estudiante (por ejemplo, ¿qué es romper la barrera del sonido?; ¿cuál es la distancia mínima para producir eco?; si explotara una bomba en la Luna ¿se oiría desde la Tierra?; ¿por qué no se ven bien los números y las letras en un espejo?; ¿por qué algunos necesitan gafas?...). De hecho, como se verá más adelante, el contenido se estructurará en función de unas preguntas centrales que justifiquen el desarrollo posterior. Además, tendremos sumo cuidado en la parte correspondiente al estudio de los fenómenos ondulatorios, puesto que su ubicación al comienzo del módulo y la proliferación de magnitudes como longitud de onda, frecuencia, velocidad de propagación, etc. puede hacer que el alumno no vea la necesidad de identificar los motivos por los que se introducen, perdiéndose en el operacionalismo matemático de unas fórmulas que no tienen para él mucho sentido.

a.5) Formulación de hipótesis.

Es una de las más significativas desde el punto de vista de la Ciencia; de hecho este aspecto ha sido y es, sin duda, el elemento más desencadenante de la evolución de la misma. Los científicos, a partir de unos marcos teóricos de referencia, han formulado sus hipótesis teóricas o experimentales, que posteriormente debían contrastar. Sin embargo, los alumnos de estos niveles educativos no poseen, en líneas generales, unos marcos tan estructurados que les permitan desarrollar esta habilidad autónomamente. Va a ser preciso, pues, por parte del profesor, plantearlas y recordarlas permanentemente (ya que su contrastación no va a ser inmediata); no obstante intentaremos que su verificación o comprobación la realice el alumno (por ejemplo, ¿es posible establecer un modelo que nos permita interpretar que las ondas no desplazan materia?, ¿es el sonido una onda o un corpúsculo?, ¿es la luz una onda, un corpúsculo o ambas cosas?). En otras situaciones, más que hipótesis propiamente dichas, se puede favorecer el establecimiento de predicciones a partir de la modificación de algunas variables de los problemas estudiados (por ejemplo, predecir la modificación de la velocidad de propagación del sonido con la temperatura, en qué medio se

desvían más los rayos de luz en la refracción, qué ocurrirá al poner un determinado filtro de color,...). Si bien estos estudios no se pueden considerar exactamente como hipótesis, sí tienen elementos previos necesarios para alcanzar conductas más complejas.

a.6) Identificación y control de variables.

Es evidente que el tema objeto de estudio permite tanto el planteamiento de problemas teóricos como experimentales. Sea cual sea la tipología del mismo es necesario insistir para llegar a determinar qué factores o circunstancias inciden en el acontecimiento. Pretendemos con ello que el alumno perciba que, cuando modifique alguna de estas variables (tipo de medio, temperatura, tipo de fuente luminosa o sonora,...), los resultados pueden variar y, por lo tanto, las conclusiones deben contemplar esta posibilidad (sobre todo, cuando nos planteemos qué modelo interpretativo -ondulatorio o corpuscular- permite justificar el comportamiento del sonido o de la luz). Parece importante, no sólo que identifique, sino que sea capaz de idear situaciones o mecanismos que le permitan modificar las variables implicadas experimentalmente (por ejemplo, variar el ángulo de incidencia en un fenómeno de reflexión o refracción de la luz) o teóricamente (variar la intensidad de un foco luminoso, la posición del cuerpo opaco, el ángulo de inclinación de los rayos de luz en la producción de sombras).

a.7) Elaboración de diseños experimentales.

En este tipo de contenido, juegan un papel importante la creatividad y el conocimiento de la materia en cuestión. Hay muchos aspectos que favorecen su selección en nuestra propuesta; algunos son fáciles de llevar a la práctica (por ejemplo, diseñar una experiencia que demuestre que la luz se propaga en línea recta o diseñar experiencias con un diapasón para modificar las cualidades del sonido). Sin embargo, hay otros que habrá que plantearlos estrictamente de forma "teórica" (por ejemplo, diseñar una experiencia para demostrar que el sonido se propaga con movimiento uniforme, o para estudiar los factores de los que depende la velocidad de la luz o que demuestre la independencia de la frecuencia y la amplitud). En estos últimos, sobre todo, habrá que insistir en que sea factible, ya que, en algunas ocasiones hemos percibido que una gran sofisticación en los diseños, enmascara un gran desconocimiento o carencias importantes de otro tipo.

a.8) Análisis de resultados

Va a ocupar un lugar destacado en nuestro módulo. La toma de datos experimentales puede centrarse en la determinación de los ángulos en la reflexión o refracción de la luz. Pero también se pueden conseguir otros datos a partir de tablas (por ejemplo, velocidad de propagación del sonido o de la luz en función del medio o de otras variables, valores de longitud de onda en función de los colores, valores de superficie de la pantalla iluminada por difracción en función de la sección del orificio y de la distancia del foco luminoso), representaciones gráficas (por ejemplo, representación del nivel de intensidad y frecuencia en el oído del ser humano y el de un perro, representación de la velocidad del sonido frente a la temperatura), de cuadros (por ejemplo, cuadro de identificación del emisor, la dirección de propagación y de perturbación en diferentes situaciones, cuadro de las variaciones de los péndulos contiguos al modificar la altura, el número de bolas y la fuerza, cuadro de relaciones entre magnitudes ondulatorias) y, por supuesto, de todas las representaciones simbólicas inherentes al tema (ondas hipotéticas, imágenes en espejos y en lentes, sombras y penumbras,...). Además, es importante el procesamiento de estos datos, experimentales o no, de cara a la deducción de ecuaciones representativas, a la formulación de tendencias o de relaciones entre variables, a la contrastación de hipótesis previamente planteadas, a la aplicación de otros logros o conocimientos a nuevas situaciones, etc. lo que obviamente es fácil de encontrar en nuestra propuesta.

a.9) Establecimiento de conclusiones

En éste que hay dos aspectos a considerar: la coherencia en sí mismo de los resultados obtenidos con el proceso seguido y la elaboración del informe sobre lo que han realizado o investigado. Respecto al primero, trataremos de que la crítica o juicio sobre el proceso se vaya realizando en el diseño de las experiencias, en la valoración de los datos del problema -obtenidos por el alumno o facilitados por el profesor-, en las distintas transformaciones o análisis que se hagan, en la deducción de las ecuaciones matemáticas o en el establecimiento de tendencias, en las conclusiones -parciales o finales- y, por supuesto, en la estrategia de resolución utilizada. Respecto al otro aspecto, hay que resaltar, como veremos más adelante, la gran importancia que damos a la comunicación en

toda la propuesta; en este sentido, los cuadernos de trabajo de los alumnos van a ir recogiendo este informe de forma continuada, lo que también les va a permitir -entre otras cosas- revisar, recordar y, sobre todo, no perder de vista el proceso de cara a la coherencia de las conclusiones.

b) Destrezas manipulativas

b.1) manejo de material de laboratorio.

Sin duda, la unidad didáctica permite que el alumno manipule materiales muy diversos. Así, por ejemplo, puede provocar ondas longitudinales o transversales con un muelle o una onda con una cuerda, manejar fuentes luminosas,.... No creemos que estas acciones tengan una finalidad en sí mismas sino que, en estos niveles educativos, están al servicio de otros contenidos más relevantes. Quizás, en algún caso, la novedad del material que se pone en juego precise de explicaciones sobre su utilización, su funcionamiento o sus normas de seguridad. En nuestro caso, pudiera suceder en el caso de la pileta de ondas, la utilización de diapasones, las fuentes luminosas (las que disponemos en el laboratorio requieren una transformación de corriente alterna de 220 voltios a corriente continua de 12 voltios) y el banco óptico. No obstante, en algunos casos, acudiremos a las experiencias de cátedra cuando la manipulación de los materiales condicione otros contenidos procedimentales como, por ejemplo, el análisis de datos y el establecimiento de conclusiones. Creemos innecesario el uso de materiales comercializados muy sofisticados, que sirven para hacer deducciones empíricas de mayor complejidad (por ejemplo, calcular la velocidad de propagación del sonido); su elevado coste hace imposible la utilización personalizada o en pequeños grupos por parte de los alumnos y, además contribuye a mantener en ellos una visión estereotipada de la Ciencia.

b.2) Empleo de instrumentos de medida

Los más utilizados van a ser la regla, el cronómetro y el transportador de ángulos. Si bien los dos primeros han sido usados experimentalmente en otras partes de la asignatura (sobre todo, en la correspondiente a Cinemática), el tercero puede requerir pequeñas explicaciones en las experiencias de óptica que se realicen. De todas formas, ya sea en el estudio de otras magnitudes vectoriales como en Matemáticas, suele ser una herramienta familiar para el alumno, lo que facilita su empleo en nuestra unidad didáctica y contribuye a dar una visión interrelacionada de las asignaturas.

b.3) Realización de montajes experimentales.

Si se entiende ésta como la ejecución de técnicas y secuencias comunes en un laboratorio, son pocas las posibilidades. Quizás, si usáramos montajes como los propuestos por algunas empresas comerciales de material didáctico, habría que incluir los accesorios necesarios para manejar el foco luminoso o, incluso, algunas estrategias para provocar determinados fenómenos con el banco óptico. No obstante, hemos buscado la simplicidad, a costa posiblemente de una mayor precisión, con el fin que los alumnos pongan el énfasis en otros elementos más asequibles para sus condiciones de partida.

b.4) Construcción de aparatos científicos.

Hemos diseñado y construido un foco luminoso ("aparatejo óptico"), que trata de paliar las dificultades en la utilización de los focos luminosos. Su sencillo funcionamiento y su fácil realización por los alumnos favorece nuestras intenciones. Así, por ejemplo, se puede utilizar para la propagación rectilínea de la luz, la producción de sombras, la realización de fenómenos de reflexión, etc.

Relaciones del marco conceptual y procedimental

Las características de los contenidos implicados en el estudio de estas unidades didácticas pueden llevar consigo una gran diversidad de contenidos procedimentales. Esto favorece las posibilidades formativas que este módulo de aprendizaje puede tener para nuestros alumnos, también es cierto que exige una selección rigurosa por

las razones ya apuntadas. Para ello, en la línea de otros trabajos (Sánchez y Valcárcel, 1993) (García y otros, 1995), nos parece necesario concretar las afirmaciones sobre el conocimiento incluidas en los esquemas conceptuales y establecer la relación entre el marco teórico y metodológico con el uso de la técnica de la V de Gowin (Novak y Gowin, 1988). Las principales afirmaciones serían:

a) Respecto a las ondas

- Las ondas son perturbaciones provocadas por un emisor.
- Existen ondas en las que la dirección de perturbación y de propagación coinciden (longitudinales) y otras en las que son perpendiculares (transversales).
- Es posible idear un modelo que nos permite interpretar las ondas como movimientos de una perturbación sin desplazamiento de materia.
- Las magnitudes longitud de onda, frecuencia, periodo, velocidad de propagación y amplitud son representativas de los fenómenos ondulatorios.
- Existen relaciones entre frecuencia-periodo, entre velocidad de propagación-longitud de onda-frecuencia y entre velocidad de propagación-longitud-periodo; la amplitud es independiente de las anteriores.

b) Respecto al sonido

- El sonido es una onda y se propaga como tal.
- Las cualidades del sonido son intensidad, tono y timbre; se relacionan con la amplitud, frecuencia y el emisor.
- La velocidad de propagación del sonido en el vacío es cero pues necesita un medio material para propagarse.
- La velocidad del sonido en un medio es uniforme y su valor depende del medio.
- El eco y la reverberación son fenómenos de reflexión del sonido.
- El eco y la reverberación se producen a unas determinadas distancias entre el emisor y la superficie de reflexión.
- El sonido puede refractarse como cualquier onda.

c) Respecto a la luz

- La luz se comporta como corpúsculo y como onda.
- La luz se propaga en línea recta.
- La luz se propaga con velocidad máxima en el vacío .
- La luz se propaga con velocidad constante y finita; su valor depende del medio.
- El índice de refracción es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en dicho medio.
- La sombra y la penumbra son fenómenos que suceden cuando la luz choca con un cuerpo opaco.
- Es posible interpretar las sombras y penumbras si la luz es corpuscular.

- Las sombras y penumbras no dependen de la intensidad del foco y sí de la posición del mismo.
- La luz puede sufrir reflexión como una onda y como un corpúsculo.
- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en el mismo plano.
- El ángulo incidente es igual al ángulo reflejado.
- La luz puede sufrir refracción como una onda o un corpúsculo.
- El rayo incidente, el refractado y la normal están en el mismo plano.
- El ángulo incidente y el refractado están relacionados (no es posible llegar a establecer una relación trigonométrica por los conocimientos de los alumnos).
- En los fenómenos de refracción de la luz, ésta cambia de velocidad.
- Hay una serie de fenómenos como la difracción o el color que sólo pueden ser explicados si la luz es una onda.
- La difracción depende de la amplitud del orificio y de la distancia del foco luminoso al mismo.

A partir de estas afirmaciones nos planteamos los cuatro interrogantes principales de la V de Gowin:

- ¿Cuál/es es/son la/s pregunta/s central/es que tratamos de responder?
- ¿Qué acontecimiento/s o hecho/s vamos a utilizar?
- ¿Cuál es el marco conceptual que preside el planteamiento?
- ¿Cuál es el marco metodológico para llegar a las afirmaciones del conocimiento?

La respuesta a estas cuestiones, se puede visualizar de forma llamativa en las Vs de Gowin que hemos realizado. Como puede verse en cada una de ellas, la propia configuración icónica remarca la interacción entre los marcos conceptual y procedimental. En la "rama teórica" aparecen secuenciados los elementos que caracterizan este ámbito (conceptos, estructuras conceptuales, principios,...); mientras que en la "rama metodológica" se incide en algunos de los procesos a los que hemos aludido a lo largo del trabajo (recogida de datos, transformación y análisis de registros, establecimiento de conclusiones,...).

Aunque en el Anexo 2 de esta Tesis Doctoral aparecen recogidas todas las Vs que responden a las mencionadas afirmaciones de conocimiento, hemos descrito algunas en las Figuras 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7.

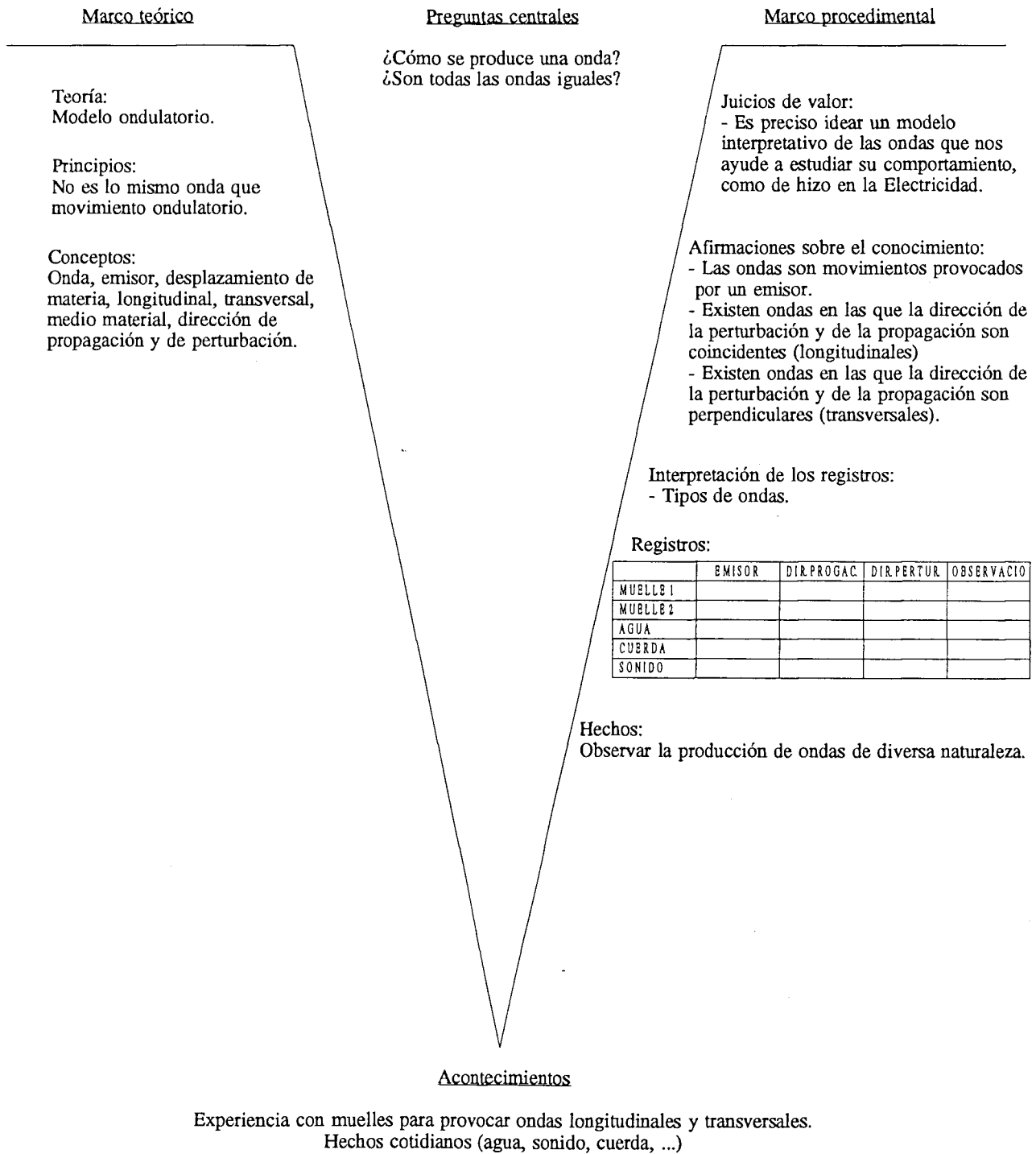


FIGURA 2.4

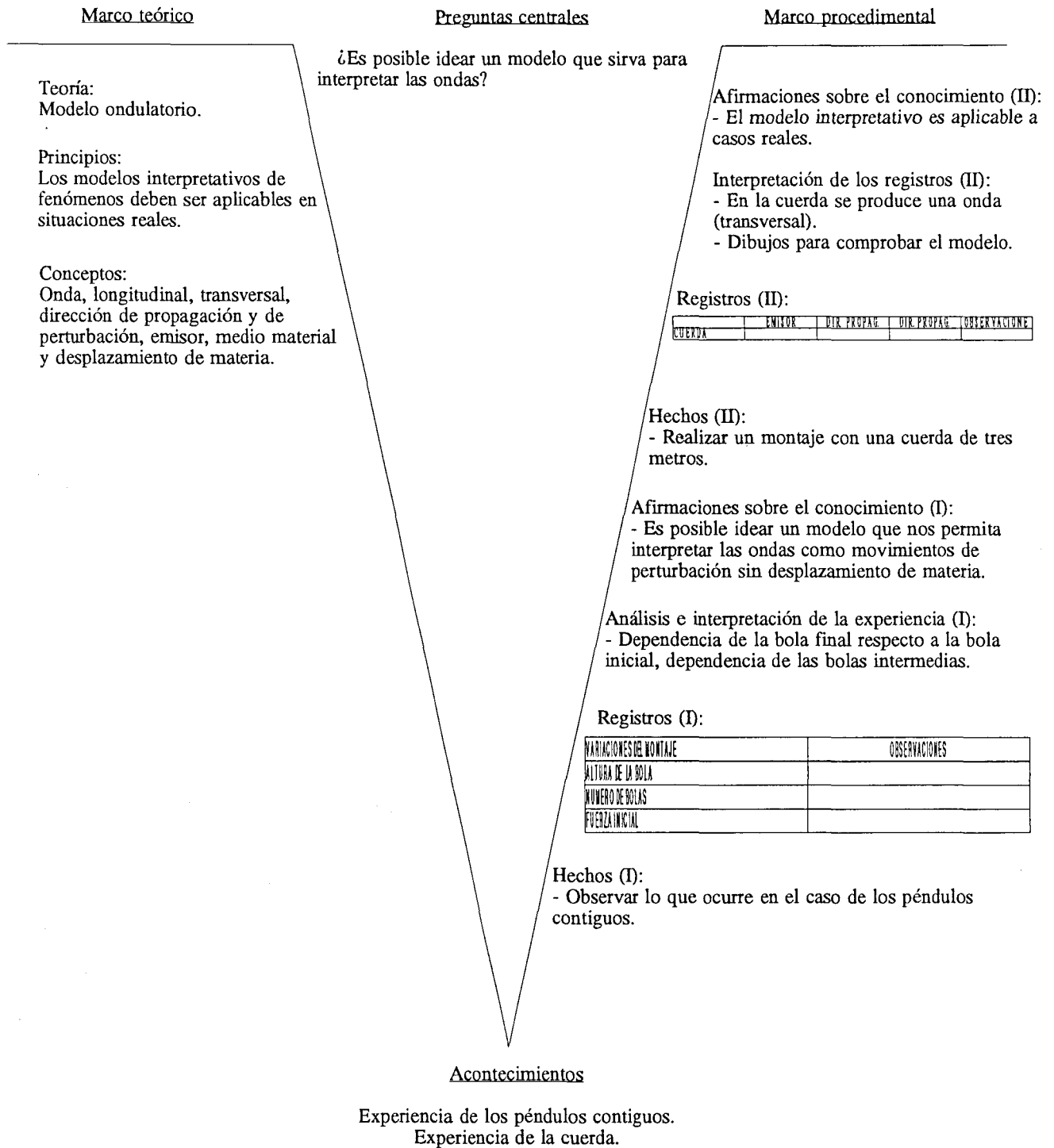


FIGURA 2.5

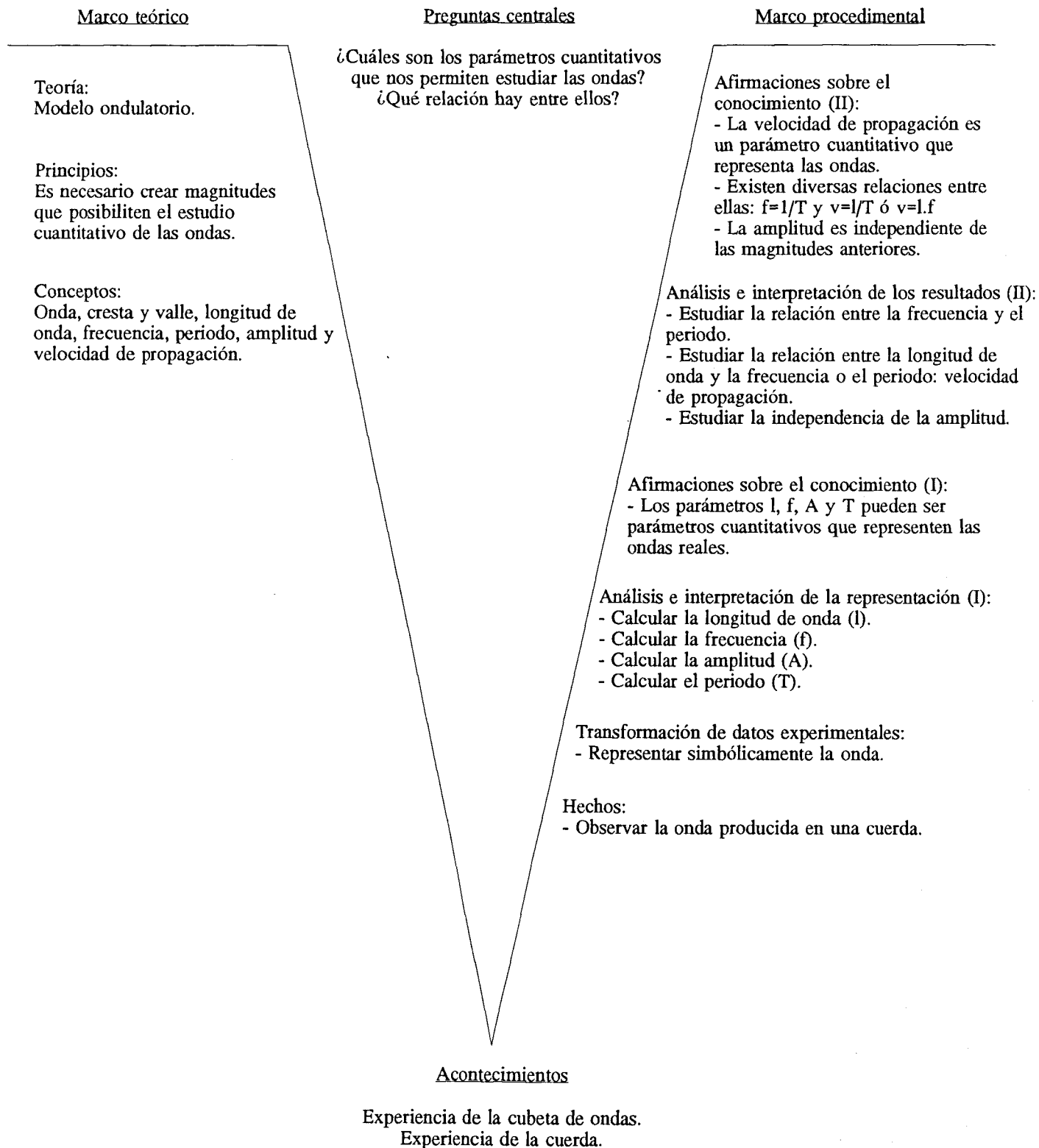


FIGURA 2.6

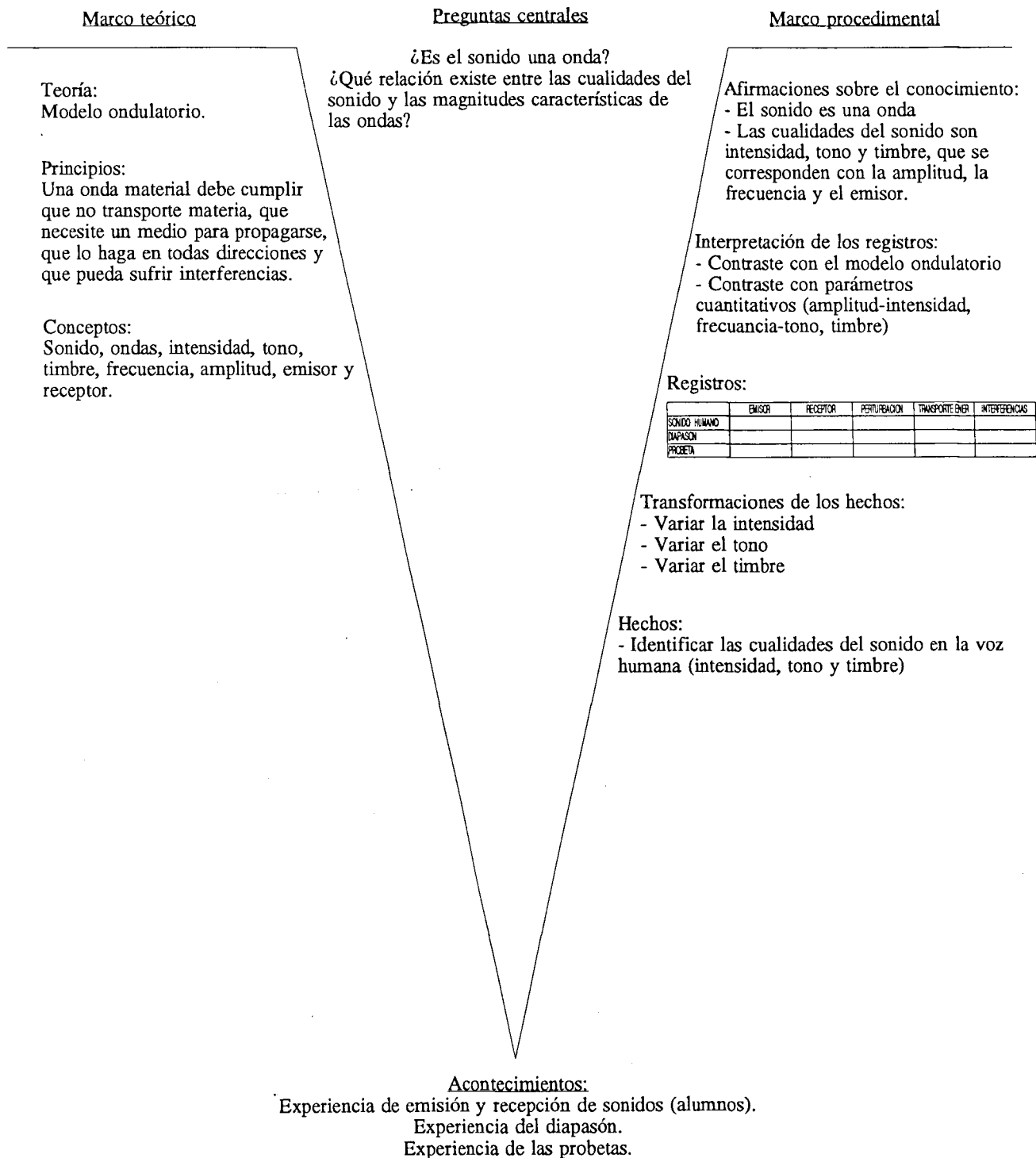


FIGURA 2.7

C.2.3.3.2 Problemática didáctica del Módulo de Ondas, Sonido y Luz

No sería coherente con nuestra concepción del proceso de enseñanza de las Ciencias ignorar la problemática que tienen estos contenidos para los alumnos de Educación Secundaria. Este es otro de los fundamentos más importantes del proceso de planificación y, de ello, nos ocuparemos en este apartado.

En primer lugar, habría que señalar algunas características de los alumnos que condicionan nuestra propuesta didáctica. Aunque no son exclusivas del módulo, son aplicables a éste (García y otros, 1995).

- el alumno está acostumbrado a oír pasivamente las explicaciones del profesor y a memorizar el libro de texto; cualquier cambio produce inicialmente un cierto grado de inseguridad.
- el alumno no suele establecer relaciones entre los aprendizajes de diferentes lecciones o entre las clases teóricas y prácticas.
- el alumno no valora de la misma forma el trabajo experimental que las explicaciones del profesor o del libro de texto; la planificación del profesor suele favorecer la escasa importancia que le dan muchas veces los estudiantes a la experimentación.
- el alumno puede encubrir sus desconocimientos con el uso de unos vocablos ambiguos, derivados del lenguaje social, o con la utilización de términos científicos carentes de significado para él.
- el alumno tiene unos conocimientos matemáticos bastante limitados que dificultan el tratamiento cuantitativo de datos (teóricos o experimentales).

Desde un punto de vista general, es interesante recordar que esta temática del conocimiento no es una de las que pudiéramos considerar habituales en la E.G.B., como podría ser la Cinemática o la Mecánica ya que, a pesar de estar incluida en el curriculum, se encuentra frecuentemente al final del mismo y, no llega a impartirse en muchas ocasiones. Ello implica una problemática propia que se traduce en una falta de familiarización con los conceptos y la terminología específica de las ondas, provocando, por ejemplo, un retraimiento en las intervenciones de los alumnos; esto lógicamente conlleva una mayor dificultad al proceso que se lleva a cabo en el aula de enseñanza.

También es necesario recordar que esta temática del conocimiento es, por sus características intrínsecas, de una gran abstracción. Además se ve agravado porque los alumnos han de convivir con las numerosas confusiones que existen respecto a las ondas y a todo lo que las rodea, lo que supone encontrarnos con una situación previa, que en nada favorece su enseñanza. Por ello proponemos una utilización frecuente de los materiales audiovisuales y de laboratorio a nuestro alcance; con el fin de contribuir al proceso de Enseñanza/Aprendizaje (acercar la realidad, conectar con hechos próximos al alumno, etc.).

Pasaremos ahora a la realización del análisis didáctico del módulo, que dividiremos en dos partes. En la primera (utilizando la misma estructura que hemos usado para el análisis científico) describiremos, de la manera más detallada posible, cuál es nuestra experiencia sobre la problemática didáctica que plantea cada uno de los conceptos implicados a la hora de presentarlos como contenidos de enseñanza. Posteriormente ampliaremos nuestra visión, reflexionando sobre la problemática didáctica que otros autores han detectado en este módulo. Por último estableceremos unas conclusiones generales.

A) Problemática didáctica del estudio de las Ondas

Al comenzar el tema nos encontramos, que en el concepto de onda ya empiezan a aparecer las primeras dificultades didácticas motivadas por la poca consistencia que suele tener para ellos pensar en una perturbación en movimiento que no desplace materia. Por un lado, debido a la identificación que establecen entre las ondas y el movimiento ondulatorio; para ellos los movimientos "verdaderos" son los de los cuerpos y, por tanto, los que desplazan materia. Por otro, íntimamente relacionado con lo anterior, porque sus concepciones sobre lo que es una onda están muy condicionadas por el modelo corpuscular, lo que lleva a que aparentemente parezcan asumir enseguida la idea científica, pero es sólo superficialmente. Proponemos para minimizar los condicionantes anteriores que se abandone el discurso exclusivamente expositivo y se favorezca la conexión entre teoría y práctica, realizando

o incluso planteando actividades lo suficientemente concretas para conectar con el alumno y así provocar en él la necesidad de la reflexión conceptual.

Respecto al tipo de ondas, aparece una nueva dificultad, ya que no contemplan la existencia de más ondas que las de tipo transversal y, por supuesto, de forma exclusivamente intuitiva. Por ello, para intentar paliar este problema, que puede considerarse como prototipo de las concepciones erróneas socialmente admitidas, es conveniente que las actividades en el aula se centren en mayor medida en las ondas longitudinales.

Los alumnos tienen una concepción sobre lo que es el medio, bastante alejada de la admitida científicamente. Para ellos es "algo" independiente de la materia y está más cercano a lo que podría ser el concepto de volumen ("sitio que ocupa el cuerpo"); lo que les lleva a considerar el vacío también como un medio. Además hay que añadir que tampoco consideran que todos los medios tengan la misma categoría; separan por un lado los sólidos y líquidos, que parecen tener más nivel, y por otro los gases, que consideran de menor importancia.

Las dificultades para modificar su concepción corpuscular de las ondas se vuelve a poner de manifiesto cuando se aborda la propagación de las mismas, ya que muchos de ellos creen que han de hacerlo exclusivamente en línea curva. Consideramos que cuando se aborde su estudio, hay que tener presente que los alumnos creen que el medio no sólo no tiene nada que ver con la propagación de la onda sino que constituye un impedimento, tanto más cuanto más denso sea aquél.

Consideran las interferencias como algo totalmente negativo, ya que lo hacen desde un punto de vista social. Parece más la opinión de una persona que ve la televisión o escucha la radio, que la de un alumno que analiza una característica propia de las ondas. De ahí nuestra insistencia respecto a que es necesario poner de manifiesto también las ventajas que conllevan las interferencias, especialmente para la comunicación (el hecho de que una onda puede cruzarse con otra, sin producirse en ellas ninguna alteración) y contemplar así este fenómeno desde las dos vertientes para lograr la imparcialidad necesaria que comporta cualquier análisis científico.

Uno de los problemas más frecuentes, aunque lamentablemente olvidado en la mayoría de los casos en el aprendizaje de cualquier temática, consiste en la dificultad para lograr que los alumnos, al finalizar la misma, no sólo hayan adquirido los contenidos de enseñanza, sino que hayan llegado a establecer entre ellos las suficientes relaciones que les permita tener una visión global y coherente del conjunto. Desde la práctica docente, es posible contribuir a lograr esa visión de síntesis, planteando conforme se vayan incorporando nuevos contenidos, una pequeña reflexión sobre la influencia que tiene este input informativo en lo que ya se había estudiado previamente, para provocar de forma clara esta interrelación.

Llegamos así a la elaboración de modelos que supone un enorme reto cuando se trata de alumnos, que como los de la muestra, tienen entre 15 y 16 años y que, por tanto, se encuentran a caballo entre los estadios concreto y formal (en cualquiera de sus etapas). Aunque es posible que ya hayan realizado previamente modelos para otros tópicos de la Física, es necesario considerar su gran dificultad y suministrar todas las ayudas pertinentes que pudieran ser necesarias para su elaboración. Al respecto, creemos que no debe abordarse la construcción del modelo en un sólo momento, sino en varios, de tal manera que se vaya avanzando paulatinamente y sin traumas en su construcción. Otra posibilidad que podría utilizarse, sobre todo en aquellos casos en los que no surjan iniciativas por su parte, puede ser la de proponer un modelo alternativo, manifiestamente incorrecto, para que sean los propios alumnos los que logren demostrar su falta de validez con sus propias argumentaciones.

En relación a las magnitudes características de las ondas y a pesar de su aparente sencillez, consideramos que es necesario hacer mucho hincapié en ellas, ya que los alumnos tienen una visión bastante distorsionada de las mismas. Así, por ejemplo, consideran que la amplitud es el doble de lo que realmente es, es decir que corresponde a la longitud que separa una cresta de un valle; que la longitud de onda es el espacio que es capaz de recorrer una onda, o sea su alcance; que la frecuencia es el lugar donde se sintoniza (λ), lo que parece indicar que le atribuyen esta característica al aparato y no a la propia onda; asimismo también es posible detectar algunas confusiones entre la frecuencia y la velocidad, por lo que conviene afrontar el problema explícitamente. Entendemos que pasa no sólo por la reflexión teórica sino también por la realización práctica de medidas de cada una de estas magnitudes.

Debido al bajo nivel matemático en los alumnos de la muestra, que se podría hacer extensible a todos los de Formación Profesional de estas edades (hay que recordar que en 2º curso de Formación Profesional de 1º grado no se imparte la asignatura de Matemáticas), es muy complicado que lleguen a establecer la relación numérica entre la velocidad de la onda, su longitud de onda, frecuencia y periodo, limitándose sólo en algunos casos a hacerlo cualitativamente. Por ello hemos considerado conveniente no insistir demasiado en la construcción autónoma de

estos aprendizajes y se ha de adoptar un mayor protagonismo en el aula, resolviendo mediante una exposición participativa lo que los alumnos no sepan resolver.

B) Problemática didáctica del estudio del Sonido

Hay que resaltar, además, que para ellos no parece existir más onda que el sonido, al que consideran "la onda" por excelencia. Pero esto no implica que estén hablando de lo que entiende la Ciencia como onda, ya que se trata simplemente de conocimientos adquiridos de forma superficial y que afloran en cuanto se les coloca en una situación en la que deben justificar algunas respuestas. Así ocurre, por ejemplo, cuando utilizando su concepto sobre las ondas, tienen que explicar los fenómenos sonoros más sencillos y cercanos (eco, interferencias, etc.).

A la hora de distinguir entre sonido, emisor y receptor es necesario tener en cuenta que para muchos alumnos sólo existe sonido en aquellos casos en los que el oído llegue a captarlos, lo que supone una confusión conceptual entre emisor y sonido. Por ello en este caso, habría que insistir adecuadamente a través de los ejemplos y situaciones que fueran necesarias para la eliminación del mismo; por ejemplo, planteando actividades sobre la audición de los perros y su comparación con la de los humanos, que pueden resultar de bastante utilidad.

Respecto a la enseñanza de las cualidades del sonido, el primer impedimento didáctico que nos encontramos consiste en que volumen, tono y timbre han de ir inevitablemente al unísono. También se pueden encontrar dificultades para identificarlos con las magnitudes características de las ondas. Sólo en el caso del "volumen" les parece aceptable asumir que se trata de la amplitud, aunque convendría reforzar su relación con la energía. En cambio cuando se trata del tono y a pesar de su aparente sencillez, no les resulta tan obvio que estemos refiriéndonos a la frecuencia, por lo que conviene no caer en el error de tratarlo superficialmente. Otra dificultad añadida para el trabajo docente aparece con el timbre de un sonido, al que los alumnos no consideran o lo incluyen en el tono, sin diferenciarlo de aquél. Lógicamente habría que plantear situaciones en las que, o pudiera apreciarse la diferencia o dieran lugar a una controversia con la suficiente intensidad para establecer sus singularidades.

No parecen relacionar la propagación de una onda en un medio con la velocidad en el mismo. Apareciendo situaciones curiosas, como cuando se afirma que es posible que la propagación del sonido en un medio 1 sea mejor que en otro medio 2, sin que la velocidad del sonido en esos medios se modifique. No acertamos a entender qué se esconde detrás de esta afirmación, pero desde luego ha de ser una concepción bastante alejada de la científica y con la que inevitablemente habrá que contar.

Otra complicación didáctica aparece en la velocidad de propagación del sonido, ya que les parece que dicha velocidad va a depender de la intensidad del sonido emitido, de tal manera que consideran que un grito se desplaza a mayor velocidad que un susurro independientemente del medio. También hay que destacar que no consideran que la velocidad de la onda sea siempre constante, sino que para ellos va disminuyendo con la distancia recorrida. Ambas cuestiones nos parecen muy importantes y es necesario tenerlas en cuenta para plantear situaciones que provoquen que, tanto sus ideas sobre la propagación como sobre la velocidad del sonido vayan evolucionando y acercándose cada vez más a las concepciones científicas.

Como ya justificamos antes, es necesario volver a plantear los modelos, en este caso el ondulatorio, tanto para profundizar en el mismo como para comprobar la solidez de los aprendizajes producidos. Esta vez y teniendo en cuenta que las dificultades didácticas se derivan del hecho de tratarse de una onda no visible, podríamos optar por proponer un modelo incorrecto, de índole corpuscular y así los descargamos de la tarea de tener que estructurarlo por ellos mismos, limitando su intervención a demostrar su falta de validez a través de sus propios argumentos.

No entienden muchas veces que haya diferencia entre eco y reverberación, considerando a este último como un eco "doméstico". Para ellos hay eco en el momento en que se produce cualquier reflexión del sonido, lo cual lógicamente dificulta la enseñanza de dichos conceptos, aunque no suponga a priori ningún escollo importante.

C) Problemática didáctica del estudio de la Luz

En cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de la luz, la primera dificultad concreta que nos encontramos, es precisamente la falta de una concepción sobre su naturaleza; por eso creemos conveniente empezar por sus aspectos

más operativos. Asimismo no suele estar a su alcance la consideración de que la luz sea una onda, puesto que no están en situación de llegar a determinadas abstracciones necesarias para su comprensión; por ejemplo, que por el hecho de ser una onda electromagnética no necesite un medio para transportarse, sobre todo después de haber utilizado el modelo ondulatorio para la interpretación de las ondas materiales.

Nos encontramos también, al estudiar el concepto de foco luminoso (emisor), que existe una confusión generalizada entre éste y la propia luz. Así, probablemente influenciados por la terminología popular, los alumnos dicen "vaya luz más potente" o "apaga la luz" cuando se están refiriendo al foco o a la bombilla, lo que pone de manifiesto que no se establezcan diferencias entre la luz como ente y la bombilla o el foco que la produce. Igualmente nos encontramos también una confusión parecida entre la propia luz y sus efectos, con lo cual es frecuente que sea entendida como la claridad o que se considere su existencia sólo en el caso en que sea intensa.

Suelen establecer una relación clara entre la visión y la luz, a la que consideran imprescindible para poder ver. Pero, a diferencia de lo que es aceptado por la Ciencia, no consideran que sea necesario que la luz llegue hasta el ojo para que eso ocurra, sino que la mayoría cree que basta con que haya luz en el medio circundante y que los objetos queden iluminados; incluso en algunos casos, creen que la visión se produce cuando los rayos que salen de los ojos llegan al objeto.

Los alumnos consideran dos posibilidades respecto a la luz: que esté o que no esté presente, obviando su movimiento. Por ello, resulta conveniente proponer situaciones conflictivas en las que se llegue a apreciar que la luz no es instantánea, especialmente en aquellas en que las distancias recorridas por la luz sean muy grandes, de tal manera que esta idea pueda ser cuestionada.

Respecto a la propagación de la luz, aunque aparentemente no presenta dificultades el hecho de que lo haga en línea recta, hay que resaltar que para ellos significa además, que hay una dirección preferente que suele ser la horizontal, con sus correspondientes consecuencias en otras concepciones y razonamientos.

Cuando se les plantean situaciones en las que intervienen las sombras, aparecen respuestas muy diversas, ya que consideran, por ejemplo, que va a depender de la intensidad del foco luminoso o incluso que es un reflejo del objeto. Estas ideas suelen ser bastante intuitivas ya que no son capaces de defenderlas con argumentos. Asimismo la penumbra es asumida como otra sombra, simplemente que en este caso, es "más floja", pero sin concebir la existencia de diferencias conceptuales entre ambas. Una forma para abordar estas dificultades, podría ser el plantear situaciones en las que el foco luminoso, colocado en diferentes posiciones, no fuera puntual; de esta manera quedaría delimitada la diferencia entre penumbra y sombra, y las variables de las que depende el tamaño de ésta.

Las dificultades que aparecen con respecto a la velocidad de la luz se deben a la imposibilidad de realizar cálculos con la luz por el valor tan grande de su velocidad y, por tanto, no poder contrastar las hipótesis o ideas que sobre ella tengan los alumnos. Otra se deriva de que un gran número de alumnos la consideraban infinita o de un valor tan grande que les parece imposible que se pudiera determinar de forma experimental.

Respecto a la reflexión, los alumnos sólo la consideran desde la perspectiva de la reflexión nítida, ya que la difusa no la estiman realmente como una reflexión. Además, parece que la reflexión nítida es más una cualidad de los espejos o de las superficies especulares (como la del agua) que una característica de la luz. De ahí que los esfuerzos en el aula hayan de centrarse en la utilización de este concepto en toda su extensión, intentando evitar que sigan manteniendo una visión sesgada de la misma.

En cuanto a las leyes de la reflexión, hay que resaltar que los alumnos no le confieren ninguna importancia a que los rayos incidente y reflejado estén en el mismo plano, por lo que consideramos necesario incidir en este punto a la hora de realizar experiencias, para evitar que dicha idea, que suele ser pasada por alto, se mantenga después de la enseñanza.

A nivel cualitativo, nos parece que la refracción de la luz es el concepto más complicado de esta parte, detectándose que los alumnos no son capaces de establecer la relación entre el cambio de dirección y el de velocidad; por lo que a estas edades es más interesante centrarse en los aspectos más cualitativos del mismo.

Hemos comprobado en nuestra aula, lo que afirman varios autores (Driver, 1989 e Hierrezuelo, 1989) sobre la concepción que tienen los alumnos sobre el color, comprobando que lo consideran como una cualidad de las cosas, sin que tenga ninguna relación con la luz: "mi camisa es roja, porque es roja, y si es roja siempre será roja". Todo ello provoca grandes dificultades didácticas, agravadas porque las situaciones que pueda haber vivido el alumno en

las que la luz predominante no sea la "luz blanca" (como en una discoteca) son escasas y poco adecuados a la reflexión científica.

Como ya dijimos al principio, podemos ampliar las opiniones sobre la problemática didáctica, teniendo presente los resultados de las investigaciones que existen sobre los contenidos del módulo. En ellas, coincidiendo con nuestra opinión, se detecta la evidencia de unas creencias específicas de los alumnos que deben considerarse en la planificación de la enseñanza del tema.

En efecto, se han realizado estudios sobre las ideas de los estudiantes que han sido recogidas en la literatura científica (Anderson y Kärrqvist, 1983; La Rosa y otros, 1984; Shayer y Adey, 1984; Guesne, 1985; Villani y Pacca, 1987; Mohapatra, 1988; Driver y otros, 1988; Olivieri y otros, 1988; Feher y otros, 1988; Perales y otros, 1989; Linder y Erickson, 1989; Shapiro, 1989; Cedric y otros, 1989; Feher, 1990; Singh y otros, 1990; Monk, 1991; Saxena, 1991; Fetherstonhaugh y otros, 1992; Maurines, 1992; Osborne y otros, 1993; Linder, 1993...). También nosotros hemos realizado algunas investigaciones diagnósticas (Pro, 1984; García-Estañ y otros, 1988).

De todas estas aportaciones y de nuestra propia práctica como profesores podemos establecer un *perfil característico de nuestros alumnos*.

a) Respecto a las ondas

- tienden a utilizar razonamientos mecanicistas.
- confunden onda y movimiento ondulatorio.
- tienen dificultad para entender que, en las ondas materiales, hay desplazamiento de energía y no de materia.
- contemplan sólo la existencia de ondas transversales.
- les resulta muy complejo el tratamiento simultáneo de las diversas variables que describen el movimiento ondulatorio.
- confunden las magnitudes características por la influencia del lenguaje cotidiano (amplitud como la distancia entre cresta y valle, longitud de onda como alcance de la onda, frecuencia como sintonía,...).
- entienden la perturbación que se propaga como algo material, creado y mantenido en movimiento por la fuente.
- consideran que el medio como un soporte pasivo que impide la propagación de la onda.
- establecen que la velocidad de propagación depende de la fuente y puede decrecer con el tiempo.
- manifiestan que las interferencias son algo nocivo que dificulta la propagación de las ondas.
- poseen un modelo claramente corpuscular sobre las ondas.

b) Respeto al sonido

- lo consideran "la onda" por excelencia.
- utilizan "razonamientos corpusculares" para justificar algunos fenómenos.
- creen que en el vacío el sonido se propaga mejor porque se ofrece una resistencia menor.

- tienen dificultades para reconocer las cualidades del sonido y relacionarlas con las magnitudes representativas de las ondas.
- confunden velocidad del sonido e intensidad ("al gritar el sonido va más rápido").
- consideran que la velocidad del sonido no es constante sino que disminuye con la distancia.
- confunden reverberación y eco.
- no contemplan la existencia de la refracción del sonido y a veces la confunden con la atenuación.

c) Respeto a la luz

- utilizan razonamientos corpusculares y casi nunca ondulatorios.
- confunden fuente luminosa y luz por la influencia del lenguaje cotidiano ("vaya luz más potente", "apaga la luz", ...).
- tienen problemas en los modelos de visión.
- creen que la velocidad de la luz es infinita.
- establecen una dirección preferente de propagación: la horizontal.
- se detectan algunas concepciones preoperacionales en la interpretación de las sombras y de las penumbras.
- piensan en las sombras como una imagen oscura y como presencia de algo, más que de ausencia de luz.
- consideran que la reflexión es una propiedad de las superficies especulares.
- no le dan importancia al hecho de que los rayos, en la reflexión y en la refracción, están en el mismo plano.
- tienen dificultades en la identificación de la normal y con la medida de los ángulos (uso del transportador).
- no establecen una relación en la refracción entre el cambio de dirección y de velocidad.
- no están capacitados para usar las funciones trigonométricas.
- consideran que el color es independiente de la luz con la que es iluminado el objeto.

Sin embargo, los últimos análisis que hemos realizado de las respuestas de los alumnos ponen de manifiesto un hecho de gran importancia: no sólo usan ideas de este tipo sino que utilizan estructuras, ciertamente bastante limitadas, en sus razonamientos sobre los contenidos implicados en este módulo de aprendizaje.

Creemos que el conocimiento de la existencia de estos esquemas favorece la enseñanza, a pesar de que lógicamente sean incompletos o erróneos, porque nos permite tener un punto de partida más sólido de cara a modificar, sustituir o ampliar las relaciones existentes. Compartimos la idea de que aprender es ser capaz de relacionar lo que el alumno sabe con la nueva información.

C.2.3.3.3 Descripción de la Secuencia de Enseñanza del Módulo de Ondas, Sonido y Luz.

Los análisis realizados de los contenidos (conceptuales y procedimentales) y de la problemática que tiene el aprendizaje de los mismos nos sitúa ante una de las decisiones más relevantes de la investigación: el diseño del Módulo de Ondas, Sonido y Luz. En este apartado nos ocuparemos de ello.

Retomando el hilo de la descripción, una vez terminada la fase previa, que había durado aproximadamente dos trimestres y con la que ya considerábamos cerrado el periodo de adaptación de los alumnos a la nueva metodología, impartimos el módulo de Ondas, Sonido y Luz. Las hojas de trabajo y los materiales utilizados se recogen en los Apéndices I (Ondas), II (Sonido) y III (Luz). No obstante, vamos a explicitar la secuencia utilizada en el aula según el modelo de Needhan (1987) ya que, como dijimos, nuestra propuesta es de índole constructivista.

A) Módulo de Ondas

Empezamos este módulo, como cualquier otro, pasándoles a los alumnos una prueba sobre conocimientos previos respecto al tema en cuestión. Por la extensión de dicha prueba, optamos por realizar inicialmente, sólo la parte de la misma que correspondía a las Ondas y al Sonido, dejando para más adelante la parte correspondiente a la Luz.

Una vez realizada empezamos con la fase de *Orientación* cuyas claves quedan descritas en el Cuadro 2.9, en la que recogemos los apartados que hemos considerado más significativos.

ORIENTACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
A.1.- Lectura nº1 sobre las Ondas (ver Apéndice I), comentario orientativo por parte del profesor y debate posterior.	¿Son importantes las ondas en nuestra vida?	<p>Informar a los alumnos de la existencia de las ondas y de su importancia.</p> <p>Establecer cual es la relación que tenemos con las ondas.</p> <p>Ubicar el tema a tratar, relacionándolo con los demás.</p> <p>Reflexionar sobre la necesidad de emprender su estudio.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p>

Cuadro 2.9

En esta primera actividad (A-1) pretendíamos iniciar a los alumnos en el tema, para hacerles ver la importancia que tienen las ondas en nuestra vida y -en la medida de lo posible- motivarlos hacia su estudio. Comenzamos con una exposición por parte del profesor sobre cuestiones referidas a las ondas que, por su carácter curioso o anecdótico, pudieran llamarles más la atención. Posteriormente se les entregó un texto elaborado por nosotros, que debían leer y comentar, tanto en el pequeño como en el gran grupo.

De dicho debate, surgieron, cosas bastante interesantes ya que, por ejemplo, era fácilmente detectable la falta de vocabulario que los alumnos poseían sobre este ámbito de conocimiento, propiciado por la escasa atención que los profesores conceden a este tema en los niveles anteriores del sistema educativo. Si a esto unimos que es una parte un tanto abstracta de la Física, se justifica la visión tan sesgada de las mismas que los alumnos tienen.

Pasamos a continuación a la fase de *Explicitación de Ideas*, cuyas líneas básicas quedan descritas en el Cuadro 2.10. En ésta, pretendíamos que los alumnos explicitaran y contrastaran sus ideas sobre lo que es una onda

y sobre las diferencias que éstas presentan respecto a los movimientos de los cuerpos que hasta el momento habían estudiado.

EXPLICITACIÓN DE IDEAS

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>A.2.- ¿Qué cosas en común tienen todos los movimientos ondulatorios (ondas), que figuran en la lectura n° 1 (ver Apéndice I)?</p> <p>A.3.- ¿En qué se diferencian los movimientos ondulatorios (ondas) de los llamados "movimientos normales"?</p>	<p>¿Qué sabes sobre las ondas?</p> <p>¿Qué diferencias hay entre este y los movimientos que ya hemos estudiado (corpusculares)?</p>	<p>Averiguar sus conocimientos sobre las ondas.</p> <p>Hacerles conscientes de cuáles son sus concepciones sobre las ondas.</p> <p>Reflexionar sobre cuáles son las cuestiones claves, que es necesario aclarar para comprender lo que es una onda.</p> <p>Diferenciar los movimientos ondulatorios y los corpusculares.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p>

Cuadro 2.10

Se recogieron una serie de respuestas, que eran bastante indicativas de la situación en la que se encontraban los alumnos, algunas de las cuales figuran a continuación; así, decían que las ondas

"transportan energía", "que en ellas se repite el movimiento", "que se trasladan en cualquier medio", "que se van transmitiendo por una vibración de las partículas", "que tienen una forma característica (sinusoidal)", "que tienen forma curva", "que son producidas por una perturbación del medio", "que necesitan un medio para propagarse", "que se desgastan al cabo del tiempo", "que comienzan gracias a una energía", "que algunas no son visibles", "que no desplazan materia", "que se desplazan en círculo en todas direcciones", "que siempre están en movimiento (mientras dure la onda)", "que tienen un emisor (pero no un receptor)", "que tienen un radio de acción (que aumenta o disminuye) y un centro", "que necesitan una fuerza para producirse", etc.

Debido a la gran cantidad y a la diversidad de las respuestas obtenidas, intentamos centrar el debate e iniciar las siguientes actividades de *Construcción del Conocimiento*, cuya estructura se puede apreciar en el Cuadro 2.11. Repartimos entre los alumnos una segunda lectura, en la que se comentaba lo que es una onda y cuáles son las características de la misma, para inmediatamente volver a plantearles la misma pregunta (actividad A-4).

Las respuestas continuaban siendo confusas y el debate poco fluido, posiblemente por la aridez del tema, por lo que realizamos una experiencia de cátedra con la ayuda de los alumnos en la que, sirviéndonos de unos muelles, produjimos diversas ondas (actividad A-5). Pretendíamos visualizar todos los comentarios realizados por ellos, tanto para concretar su verdadero significado como para establecer si realmente se cumplían o no sus afirmaciones; se produjeron ondas diversas e interferencias; hablamos del transporte de energía, si se transportaba materia o no en el muelle y cuál era la dirección de la perturbación; se produjeron ondas que no eran transversales; se observaron los choques de la onda del muelle con los extremos, etc.

Una vez que habían visto varias ondas, les preguntamos cómo se propagaban (actividad A-6). Como no llegaron a ponerse de acuerdo, aprovechamos la ocasión para plantearles la necesidad de estudiar más profundamente las ondas, especialmente su transporte, antes de dar una solución definitiva a los problemas planteados. Esta parte era especialmente densa y, a pesar de nuestros esfuerzos por suavizarla, no era fácil conseguir nuestros propósitos. En cualquier caso, se percibían ciertos avances, por las preguntas que planteaban

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>A.4.- Lectura nº 2 sobre las Ondas (ver Apéndice D) y replanteamiento de la actividad anterior: ¿Qué cosas en común tienen todas esas ondas o movimientos ondulatorios que figuran en la lectura nº 1?</p>	<p>¿Qué es una onda?</p> <p>¿Es lo mismo una onda que un movimiento ondulatorio?</p>	<p>Aclarar el concepto de onda.</p> <p>Determinar cuáles son las características comunes de las ondas: velocidad, frecuencia, interferencias, relación con el medio, atenuación, etc.</p> <p>Establecer las diferencias entre estas y los movimientos corpusculares.</p> <p>Asumir que no sólo hay ondas cuando somos capaces de percibir las.</p>	<p>Identificación interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p>
<p>A.5.- El profesor lleva a cabo en el aula, pero con la ayuda de los alumnos, una experiencia (producción de varias ondas en diversos muelles). Obsérvala y reflexiona sobre lo que hemos hecho.</p>	<p>¿Cómo se produce una onda?</p>	<p>Reflexionar sobre la producción de ondas, delimitando las causas de la misma.</p> <p>Diferenciar la onda del emisor o del receptor.</p> <p>Observar diferentes ondas en el aula producidas con un gran muelle.</p>	<p>Identificación interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>A.6.- Una vez que ya has visto varias ondas, podrías responder a esta pregunta: ¿Cómo se propagan las ondas?</p>	<p>¿Cómo se propagan las ondas?</p>	<p>Determinar la relación existente entre la onda y el medio donde se propaga.</p> <p>Predecir la propagación de un determinado tipo de onda en diversos medios, como p.e. el sonido en el aire, agua e hierro.</p> <p>Diferenciar entre el movimiento de la onda y el del medio.</p>	<p>Identificación interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>A.7.- Después de realizar la lectura nº 3. ¿Cómo clasificarías las ondas?</p> <p>A.8.- En el caso concreto de las ondas producidas sobre la superficie del agua: ¿Cómo las clasificarías?</p> <p>A.9.- Y en el caso de las ondas sonoras: ¿Cómo las clasificarías?</p>	<p>¿Cómo se clasifican las ondas?</p>	<p>Profundizar en el concepto de onda.</p> <p>Aclarar la existencia de varios tipos de ondas (Longitudinales y Transversales).</p> <p>Clasificar una onda en función del tipo al que pertenece.</p>	<p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.11 (continúa)

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO (continuación)

<p>A.10.- Como ya vimos en el tema de Electricidad un modelo ayuda a entender mejor lo que está pasando y debe explicar: cómo se produce, cómo se propaga, qué es lo que propaga, etc. Teniendo en cuenta todas las respuestas que se han dado anteriormente, nuestra próxima actividad será la de establecer un modelo para el movimiento ondulatorio - puedes solicitar todo el material que consideres oportuno para su elaboración-</p>	<p>¿Es posible construir un modelo que explique los fenómenos ondulatorios y sea coherente con la realidad?.</p>	<p>Establecer la relación existente entre las diversas cualidades y propiedades de las ondas.</p> <p>Integrar todas las características de las ondas en un concepto más amplio.</p> <p>Elaborar un modelo ondulatorio coherente con el comportamiento de las ondas.</p> <p>Asumir la necesidad de contar con un modelo.</p> <p>Valorar la utilidad del mismo como herramienta necesaria para la comprensión de conceptos abstractos, como es el caso de una onda.</p>	<p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
---	--	---	--

Cuadro 2.11 (continuación)

Pasamos a continuación a realizar las actividades A-8 y A-9 en las que debían producir y clasificar (con la ayuda del texto que les habíamos proporcionado al respecto en A-7) los tipos de ondas que ellos mismos habían creado. En relación a las ondas producidas en la superficie del agua, no hubo demasiadas dificultades; pero en cuanto a las ondas sonoras, las respuestas fueron tan insatisfactorias, que decidimos dejar el debate abierto y retomar el asunto más adelante, cuando se aborde el problema del Sonido.

Respecto a la actividad en la que se les pedía la elaboración de un modelo que nos sirviera para entender el funcionamiento de las ondas (A-10), hay que indicar que les resultó muy complicada y que necesitaron nuestra ayuda en la mayoría de las ocasiones. No en todos los grupos y sesiones ocurrió lo mismo, dándose diversas y variadas situaciones. En una de ellas, no surgieron las suficientes ideas y tuvimos que proponer nosotros un modelo, manifiestamente erróneo, para que fueran ellos, los que a través de su análisis, detectaran los fallos que contenía. En cambio, en otras ocasiones aparecían modelos planteados por ellos, que servían discusión para el resto.

Se pudo apreciar la persistencia de la idea de onda como algo "en forma de ola", hasta tal punto que uno de los grupos llegó a proponer que dicho modelo sería algo parecido a una carretera con muchas curvas, por donde iba avanzando un coche. Otros lo rebatían indicando que en ese caso sí se transporta materia, la del coche, a lo que los defensores del modelo "vial" respondieron, que también en el caso del muelle se tenía que transportar algo de materia para que lo atravesara la onda. Ante estos dilemas volvían a llevar a cabo (con nuestra ayuda) nuevos experimentos con los muelles, apareciendo el concepto de movimiento neto y no sólo el de vaivén.

Aclarado esto, surgió el modelo que habíamos discutido para la corriente eléctrica, es decir el modelo de las bolas, en el que sí se podría dar una situación similar: sin que haya un movimiento neto de las bolas sí es posible que se transmita el impulso que le hemos dado. Llegados a este punto, aparecieron varias dudas: si este modelo iba a servir para todas las ondas y no sólo para las transversales, o si podía explicar las interferencias.

En cualquier caso, el avance fue muy lento y tuvimos que ayudarles constantemente, a la vez que íbamos planteando nuevas situaciones para provocarles el cuestionamiento y la reflexión de lo que iban afirmando. Por ejemplo, en una actividad era necesario aplicar el modelo que habían establecido para justificar lo siguiente: ¿cómo es posible que llegue el sonido a un sitio y no exista allí una corriente de aire?, ¿se mueve una vela colocada delante de un baffle, cuando a éste "le damos caña"?.

Una vez que intentaron resolverlas, volvimos a la elaboración del modelo, llegando a la conclusión de que las partículas de aire chocan entre sí para que se transporte el sonido; lógicamente pensaban que, al ser el aire un gas,

las partículas (bolas) deben estar "sin cuerdas" y más separadas de lo que lo están en el modelo de bolas que teníamos en el laboratorio.

Continuando nuestra secuencia, llegamos a la fase de *Aplicación* (recogida en el Cuadro 2.12). Respecto a la primera de las actividades de esta fase (A-11), al tratarse de una tarea manipulativa muy concreta, el ambiente de trabajo fue sumamente relajado y constructivo, aunque hay que destacar la gran diferencia en las interpretaciones que se establecieron entre las producidas en la cuerda -que les resultan evidentes- y las producidas sobre la superficie del agua de la pileta del laboratorio, que presentaron algunas dificultades. La producción de las ondas en la cuerda la hicieron de diversas formas; no obstante, en la mayoría de los casos ésta consistía en que, dos alumnos del mismo grupo sujetaban con las manos ambos extremos de la cuerda, produciendo una onda transversal en un plano, bien perpendicular o bien paralelo al suelo.

APLICACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>A.11.- Ahora con una cuerda que te proporcionará el profesor, producir en vuestro grupo diferentes ondas.</p> <p>a) ¿Son longitudinales o transversales ?</p> <p>b) ¿Se le podría aplicar el modelo que hemos establecido para cualquier movimiento ondulatorio ?</p> <p>A.12.- Dejamos la cuerda e intentamos producir ondas en la superficie del agua de la pileta del laboratorio. ¡Dibújalas!</p> <p>a) ¿Son longitudinales o transversales ?</p> <p>b) ¿Se le podría aplicar el modelo que hemos establecido para cualquier movimiento ondulatorio?</p>	<p>¿Somos capaces de producir ondas?</p>	<p>Observar y estudiar una onda producida por ellos mismos en la pileta del laboratorio o con una cuerda de tres metros.</p> <p>Aplicar los conocimientos adquiridos a estas situaciones concretas.</p> <p>Hacer más atractivo el estudio de las ondas.</p> <p>Mostrar la integración existente entre las partes teórica y práctica de la Física (Ondas).</p>	<p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.12

En el caso de la pileta (actividad A-12), la motivación no era tan elevada, posiblemente por la dificultad de la visualización de las ondas, ya que les costaba trabajo identificar las sombras que se producían en el fondo del fregador como la cresta o el valle de una de las ondas. Como dato interesante hay que destacar que en uno de los grupos, que llegó a la conclusión de que no era posible la creación de ondas que no fueran transversales, se propuso una variante para producir ondas longitudinales, que consistía en la creación de una especie de teléfono, uniendo con un hilo fino dos vasos de plástico de los que se utilizan en las fiestas de cumpleaños, de tal manera que al hablar por uno de los vasos, se producía una onda en la cuerda que según ellos se podía considerar longitudinal.

En el Cuadro 2.13 de la página siguiente, recogemos la fase de *Construcción del Conocimiento* con la que continuamos nuestro trabajo. Teniendo en cuenta que la tarea precedente había sido un tanto árida y la longitud de las cuerdas que íbamos a utilizar (más de tres metros), nos fuimos al patio del Instituto para hacerlo al aire libre. En el cálculo de la amplitud de la onda producida (actividad A-13), el error más frecuente (aproximadamente del 50%) era el de confundir ésta con la mitad de la amplitud; es decir la altura desde la línea nodal hasta el valle o la cresta de la onda producida, y no entre cresta y valle. Una vez aclarado esto, la realización la llevaron a cabo produciendo

una onda paralela al suelo que pasara entre las piernas de uno de los alumnos del grupo, cuya separación coincidía con el doble de la amplitud.

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>A.13.- Calcula la amplitud de la onda que has producido.</p> <p>A.14.- Sabiendo que la longitud de onda (λ) se define como la distancia entre dos puntos de la onda que se comportan idénticamente (dos crestas ó dos valles), ¿podrías determinar el valor de λ de la onda que has producido en el agua?</p> <p>A.15.- Sabiendo además que la frecuencia de una onda es el n° de vibraciones ó ciclos en la unidad de tiempo, ¿podrías calcular la frecuencia de la onda anterior ?</p> <p>A.16.- Calcula el periodo de la onda que has producido.</p>	<p>¿Cuales son los parámetros-clave de las ondas?</p>	<p>Conectar con la realidad del alumno.</p> <p>Hacer más interesante el estudio de las ondas.</p> <p>Identificar el periodo, la longitud de onda, la frecuencia y la amplitud.</p> <p>Relacionar la amplitud de una onda con su energía.</p> <p>Producir ondas en una y dos dimensiones.</p> <p>Determinar la longitud de onda, la frecuencia la amplitud y el periodo, tanto en el caso de la piletta como en el de la cuerda.</p>	<p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Utilización de aparatos de medida.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>A.17.- ¿Existe alguna relación entre la frecuencia de la onda, su longitud de onda, su periodo y su amplitud?. Determinálas.</p>	<p>¿Qué relación existe entre dichos parámetros?</p>	<p>Comprobar la independendencia entre la amplitud, tanto con la frecuencia como con la longitud de onda.</p> <p>Averiguar la relación existente entre la frecuencia y el periodo.</p> <p>Determinar matemáticamente dicha relación ($f=1/T$).</p> <p>Asumir que las ondas son modificables.</p>	<p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>A.18.- Calcula también la velocidad de propagación de esa onda</p> <p>A.19.- ¿Podríamos variar la velocidad de esa onda?, ¿cómo?</p> <p>A.20.- ¿Existe alguna relación entre la frecuencia de la onda y la velocidad de propagación de dicha onda?. ¡Explicalo!</p>	<p>¿Cómo influyen todos estos parámetros en la velocidad de propagación de la onda?.</p>	<p>Relacionar la velocidad de propagación de la onda con su periodo y su longitud de onda.</p> <p>Determinar matemáticamente dicha relación ($v=\lambda/T$).</p> <p>Relacionar de forma cualitativa la velocidad de propagación de una onda con su frecuencia.</p> <p>Determinar matemáticamente dicha relación ($v=\lambda \cdot f$).</p> <p>Calcular la velocidad de propagación de una de las ondas producidas por ellos mismos.</p> <p>Variar la velocidad de dicha onda de forma experimental.</p>	<p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.13

La longitud de onda (actividad A-14), que era un término que debían conocer, no todos sabían calcularla. En la mayoría de los casos la confundían con la longitud de la cuerda de tal manera que, si la cuerda medía 3.2 m y producían dos ondas, para ellos era de 1.6 m. Una vez que detectamos la confusión, les invitábamos a volver a leer la fotocopia para que se dieran cuenta de su error y lo volvieran a intentar, aunque, aún así, hubo que ayudarles.

En el caso de la frecuencia (actividad A-15), que ya conocían por ser alumnos de las ramas de Electricidad y Electrónica, se hacían un pequeño lío, ya que pretendían contar el número de ondas producidas en un segundo. Después de una pequeña reflexión cayeron en que el resultado sería el mismo si lo hacían para varios segundos y luego dividían por el número de ellos, obteniendo frecuencias de hasta 4 Hz para amplitudes pequeñas. Nos parece interesante resaltar la forma en la que uno de los grupos lo calculó: midieron la longitud de un ciclo completo (no de la longitud de onda) y sabiendo la longitud total de la cuerda, dividieron ésta entre aquella y calcularon el número de ciclos, que a su vez dividieron entre los segundos que había tardado. Con el cálculo del periodo (actividad A-16), tuvieron unos problemas parecidos a los de la frecuencia y los solucionaron de la misma manera.

Aunque en la propia identificación de las magnitudes características de las Ondas muchas veces señalábamos las relaciones y, sobre todo, las diferencias entre ellas, nos pareció conveniente incidir directamente en este aspecto en un ámbito diferente a las actividades anteriores (actividad A-17).

Los resultados del cálculo de la velocidad (actividad A-18) no salieron demasiado bien, en parte porque la confundían con la frecuencia y en parte por los tiempos tan pequeños que utilizaban. Respecto a cómo se puede variar (actividad A-19) y cuál es la relación que ésta tiene con los parámetros de las ondas (actividad A-20), las dificultades fueron mayores ya que, aunque veían claramente que la velocidad aumentaba al aumentar la frecuencia, no eran capaces de llegar a ninguna conclusión posterior y mucho menos al establecimiento de una relación matemática.

Optamos por recordarles el concepto de velocidad como espacio recorrido por unidad de tiempo y lo que eran la longitud de onda, la frecuencia, la amplitud y el periodo, sugiriéndoles que, con estas premisas volvieran a intentar resolver el problema. Después de mucho debatir, llegamos a la conclusión de que $v = \lambda/T$. En otro de los cursos, a la vista de los pobres resultados obtenidos, lo hicimos de una manera más directa, proponiéndoles que, con las cuerdas en su poder, establecieran la relación existente entre la frecuencia y la velocidad.

De esta actividad surgieron cosas bastante interesantes. En uno de los grupos decían que no se podría variar la frecuencia de una onda sin variar la longitud de onda de la misma, lo que motivó un fuerte debate. Otro grupo afirmaba que, cuando aumentaba la amplitud, disminuía la frecuencia... Al final con las opiniones de los otros grupos se llegó a que no tenía por que ser así. Después vimos que si la frecuencia aumentaba y la longitud de onda disminuía, entonces lo que ocurría era que la velocidad permanecía igual; a continuación establecimos la relación a la vez que fuimos repasando los conceptos que habíamos trabajado (longitud de onda, frecuencia, amplitud y periodo).

Pasamos luego a una pequeña fase de *Aplicación* (recogida en el Cuadro 2.14), ya que la “auténtica” la habíamos englobado con el sonido, más adelante.

APLICACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
A.21.- Observa la gráfica de la figura (ver Apéndice I). ¿Qué conclusiones eres capaz de extraer?.	¿Cómo es posible determinar las características de una onda a través de una gráfica?	Aplicar los conocimientos adquiridos a una situación concreta, de la que disponen por escrito de la suficiente información. Identificar los parámetros-clave diferenciándolos entre sí, es decir determinar la longitud de onda, la frecuencia, el periodo y la amplitud.	Representación e interpretación de gráficas. Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas. Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas. Revisión de lo aprendido. Elaboración de informes.

Cuadro 2.14

De la misma manera, llevamos a cabo una pequeña fase de *Revisión* de lo estudiado hasta este momento respecto a las ondas (recogida en el Cuadro 2.15), pero con la intención de completarla también al acabar la parte correspondiente al sonido.

REVISIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>A.22.- Analiza las respuestas que distes en la prueba que llevamos a cabo al principio del estudio de las ondas. Indica que cosas cambiarías y por qué.</p> <p>A.23.- Realiza un esquema en el que estén incluidos, todos los conceptos estudiados hasta ahora sobre las ondas (opcional).</p>	<p>¿Qué cosas han cambiado en lo que inicialmente pensabas de las ondas?.</p>	<p>Poner de manifiesto las concepciones que ahora tienen sobre las ondas, sus características y propiedades.</p> <p>Evidenciar el cambio producido en ellas.</p> <p>Relacionar todo ello con el aprendizaje.</p>	<p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.15

Después de finalizar esta primera parte del módulo de Ondas y antes de abordar la parte correspondiente al sonido, se les pasó a los alumnos una prueba escrita, que duró aproximadamente treinta minutos y en la que se les hicieron una serie de preguntas del tipo:

"En el centro de un estanque circular de 2 m de diámetro se deja caer una piedra, observamos que la perturbación producida tarda en llegar a la orilla 1,2 s y que en ese momento hay ocho crestas de ola en el estanque, calcula: la velocidad de propagación de las ondas producidas y la longitud de onda, periodo y frecuencia de las mismas".

"Imagínate que a 10 km de donde te encuentras, cae un meteorito de varias toneladas y produce una vibración en el suelo que tu notas perfectamente, ¿podemos considerarla cómo una onda?, ¿por qué?, en caso afirmativo ¿de que tipo?, explícalo".

"¿Qué cosas demuestran que el sonido no es un cuerpo sino una onda?, explícalo detenidamente"...

Una vez corregida la prueba, pudimos observar que los resultados reflejaban el interés que habían demostrado los alumnos a lo largo de este periodo de trabajo y, a pesar de las grandes dificultades con las que nos habíamos encontrado, fueron bastante satisfactorios.

B) Módulo del Sonido

Terminada la parte del módulo correspondiente a las Ondas, abordamos la del Sonido. Tanto las hojas de trabajo como los materiales utilizados se recogen en el Apéndice II.

Empezamos con la fase de *Explicitación de Ideas*, que queda resumida en el Cuadro 2.16. Esta primera fase del sonido, que intentamos conectar con la precedente a través de la última de las preguntas de la prueba escrita, pretendía que relacionaran lo que habíamos estudiado con anterioridad con las ondas sonoras, a la vez que nos servía para aplicar lo aprendido a un caso concreto.

EXPLICITACIÓN DE IDEAS

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
B.1.- ¿Es el sonido un movimiento ondulatorio? ¿Como lo podríamos demostrar?	¿Es el sonido una onda?	Relacionar lo estudiado sobre las ondas con el sonido. Averiguar las concepciones que los alumnos tienen sobre el sonido. Hacerles conscientes de cuáles son sus concepciones sobre el sonido.	Identificación de interrogantes de la vida cotidiana. Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado. Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas. Revisión de lo aprendido. Elaboración de informes.

Cuadro 2.16

Una vez que los alumnos habían explicitado sus ideas sobre si el sonido era o no una onda (actividad B-1), comenzamos la fase de *Construcción del Conocimiento* descrita en el Cuadro 2.17. Retomamos la discusión sobre las características de las ondas con la que pudiéramos responder a la pregunta que se nos planteaba (actividad B-2); así, a través del debate que surgió a continuación, recordamos cuáles eran las claves que debía cumplir cualquier onda y por tanto el Sonido, para que pudiéramos considerarla como tal. Fueron apareciendo términos correctos como: interferencias, transporte de energía pero no de materia, perturbación en movimiento, emisor, etc., aunque todavía algunos alumnos atribuían a las ondas características que no les eran propias como "que no se ven", "que no necesitan un medio para propagarse", etc. Todo ello nos sirvió de punto de partida para que se pusieran a trabajar sobre si el sonido era o no una onda.

Recogemos a continuación una parte de los comentarios aparecidos, tanto entre los grupos como en el debate que surgió posteriormente. La mayoría de los alumnos indicaba que efectivamente el sonido era una onda porque

"no transporta materia, ya que cuando colocas un bolígrafo de pie o una vela encendida delante de un baffle, ni el bolígrafo se cae ni se desplaza la llama de la vela aunque el volumen esté muy alto", "el sonido se propaga en todas direcciones, ya que no se oye sólo delante del que habla, sino que también es posible escucharlo por detrás", "el sonido sufre interferencias, ya que cuando dos personas están hablando a la vez, el sonido producido por cada una de ellas sí le llega a la otra, aunque haya tenido que atravesar el otro sonido", etc.

En la siguiente actividad (B-3), en la que se les planteó la producción del sonido, los primeros comentarios se dirigían a que era necesario "hacer una fuerza"; otros indicaban que eso no era cierto porque, por ejemplo, "nosotros estamos haciendo fuerza en la silla y no se escucha ningún sonido"; como el debate carecía de la intensidad necesaria optamos por reconducirlo, planteándoles una situación concreta respecto a su vida cotidiana y les preguntamos "¿qué es lo que buscáis cuando en vuestra moto se oye un ruido raro?". Esto sirvió para interesarlos mucho más en la búsqueda de una solución y después de una gran discusión llegaron a la conclusión que era necesario la vibración de "algo" para que éste se produjera, aunque todavía existían reticencias de alumnos que decían que eso no podía ser así, "ya que si tu arrugas un papel no se produce una vibración, en todo caso si soplas sobre él y este emitiera un silbido".

Cuando se llegó a una interpretación, pasamos a comprobarla en el aula en la medida de nuestras posibilidades. Como complemento a todo esto surgieron infinidad de nuevas ideas, fruto de la gran implicación que los alumnos tenían con la tarea que se estaba desarrollando en clase; así, se dieron varios ejemplos interesantes sobre la propagación del sonido y sobre la diferencia existente entre emisor y onda, llegando a establecer de forma generalizada que "una cosa es que el sonido se oiga y otra que exista".

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>B.2.- ¿Es el sonido un movimiento ondulatorio?. ¿Cómo lo podríamos demostrar?</p>	<p>¿Cómo podríamos comprobar que el sonido es una onda?</p>	<p>Aplicar sus conocimientos sobre las ondas al caso concreto del sonido.</p> <p>Comprobar la intensa relación que existe entre la teoría y la práctica de la Física cuando se trata de llevar a cabo un trabajo riguroso.</p> <p>Evidenciar la necesidad de demostrar cualquier afirmación desde el punto de vista científico.</p> <p>Identificar el sonido como una onda.</p> <p>Relacionar el tema de estudio con su vida cotidiana.</p>	<p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>B.3.-¿Que tiene que ocurrir para que se produzca un sonido?. Diseña una experiencia para comprobarlo.</p>	<p>¿Cómo se produce el sonido?</p>	<p>Determinar las condiciones que son necesarias para que se produzca un sonido.</p> <p>Diferenciar el sonido de su emisor o de su receptor.</p> <p>Diferenciar producción y propagación del sonido.</p> <p>Volver a relacionar el tema de estudio con su vida cotidiana.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes</p>

Cuadro 2.17 (continúa)

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO (continuación)

<p>B.4.-¿Todos los sonidos son iguales?; ¿en qué se diferencian?</p> <p>B.5.-¿A que podríamos atribuir científicamente las diferencias que hemos observado en los sonidos?</p>	<p>¿Qué cualidades tienen los sonidos?</p>	<p>Relacionar con el sonido lo estudiado anteriormente.</p> <p>Identificar las cualidades del sonido (Volumen, tono y timbre).</p> <p>Relacionar cada una de ellas con las características de las ondas (longitud de onda, amplitud, periodo y frecuencia).</p> <p>Aplicar el modelo ondulatorio al sonido.</p> <p>Hacer más atractivo el estudio del sonido.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
--	--	---	--

Cuadro 2.17 (continuación)

En cuanto al reconocimiento de las cualidades del sonido (actividad B-4), no hubo dificultades; la única que consideraban algo novedosa era el timbre, ya que la intensidad y el tono les parecían prácticamente evidentes o, por lo menos, bastante conocidas.

En cambio surgieron bastantes problemas al tratar de relacionar estas cualidades con los parámetros de las ondas (actividad B-5) ya que, incluso en el caso del volumen, no sabían inicialmente si atribuir a la frecuencia o a la amplitud el hecho de que el sonido fuera más o menos fuerte, aunque hay que reconocer que tras el debate que surgió entre los propios alumnos se llegaron a las conclusiones deseadas. Respecto al tono y al timbre, hay que indicar que, las ideas que surgieron fueron mucho más confusas, siendo necesario un mayor protagonismo por nuestra parte para lograr clarificar las concepciones que, desde el punto de vista científico, queríamos que aprendieran.

Además de la realización práctica de representaciones gráficas sobre sonidos con diferente tono y timbre, en las que intentábamos visualizar el fenómeno que estábamos estudiando, insistimos mucho en experiencias prácticas. Así se hizo con el diapasón o realizando experiencias de cátedra como, por ejemplo, la que hicimos con una serie de probetas, cada una de las cuáles tenía una cantidad diferente de un líquido (agua con violeta de genciana); quizás, a la vista de los resultados, tendríamos que haber utilizado el osciloscopio, como en cursos anteriores, con el que los alumnos hubieran podido visualizar con mayor claridad el significado de tono y timbre.

La siguiente fase también la consideramos de *Construcción del Conocimiento* (Cuadro 2.18); la hemos separado porque comenzamos con una pregunta abierta sobre lo que conocían de la propagación del sonido (actividad B-6). Pudieron recogerse afirmaciones del tipo:

"se propaga en todas direcciones", "se propaga en cualquier medio", "no se propaga en el vacío", "puede rebotar y traspasar un medio", "en el aire va a 340 m/s", "se atenúa conforme avanza", "se propaga mejor en el suelo que en el aire", etc.

Con todo ello presente -que escribimos en la pizarra-, abordamos el problema de cómo justificar la propagación del sonido desde el punto de vista científico. En el debate que siguió al trabajo de los grupos pequeños surgieron diferentes ideas, en algunas de las cuales se vislumbraba una concepción corpuscular del sonido, indicando que al propagarse *"se comporta como una especie de flecha que avanza por el aire (o por donde sea) abriéndose paso a través del medio"*.

Esta opinión se vio rápidamente rechazada, ya que otros alumnos indicaron que si eso fuera así la velocidad del sonido sería máxima en el vacío, y en la tierra menor que en el aire. De este intercambio de ideas surgió que el sonido debía propagarse "a caballo" del medio, por lo que era lógico que si en el vacío no había medio, no se propagara en él y, además, que se propagara en unos medios mejor que en otros (actividad B-7).

Dentro de la actividad B-8 les pedimos que averiguaran la diferencia que se produciría si el sonido se propagara en un sólido o en un gas, teniendo siempre presente el modelo que habíamos establecido para los movimientos ondulatorios -artilugio de las bolas-, con el fin de interrelacionar entre sí, medio y velocidad de propagación.

Respecto a las dos primeras actividades concernientes a la velocidad del sonido (B-7 y B-8), hubo diversas opciones para el diseño de las experiencias; se propusieron toda serie de armas y aparatos (pistolas, sirenas, rayos, etc.) aunque, en general, los diseños eran aceptables. Donde surgió una complicación que no esperábamos, fue en la relación entre la velocidad del sonido en un medio y éste, ya que los alumnos establecían diferencias entre que la onda se propagara mejor y que se propagara más rápido.

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>B.6.- ¿Podrías explicar cómo se propaga el sonido?. ¡Acuérdate del modelo establecido para los movimientos ondulatorios!.</p> <p>B.7.- ¿A qué velocidad se propaga el sonido en el aire?. ¡Diseña una experiencia (real) para determinarla!.</p> <p>B.8.- ¿Se propaga el sonido con la misma velocidad en cualquier medio?. ¡Diseña una experiencia para comprobarlo!.</p> <p>B.9.- ¿La velocidad del sonido depende de la posición del emisor?.</p>	<p>¿Como se propaga el sonido?</p>	<p>Aplicar los conocimientos adquiridos sobre la propagación de las ondas, al caso de una onda no visible como el sonido.</p> <p>Utilizar el modelo ondulatorio para explicar la propagación del sonido.</p> <p>Determinar la importancia del medio, en la propagación del sonido como onda material.</p> <p>Calcular la velocidad del sonido en un medio determinado, como puede ser el aire.</p>	<p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Utilización de aparatos de medida.</p> <p>Familiarización con el cambio de unidades y utilización del S.I.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados.</p> <p>Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Determinación de los errores cometidos.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.18 (continúa)

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO (continuación)

<p>B.10.- ¿Qué le ocurrirá, entonces, al sonido cuando choque con un objeto?.</p> <p>B.11.- Seguro que alguna vez has tenido ocasión de escuchar un fenómeno sonoro muy conocido: EL ECO. ¿Qué explicación le podríamos dar a este fenómeno?.</p> <p>B.12.- ¿Por qué no se produce siempre eco?; ¿qué condiciones han de darse para que se produzca?.</p> <p>B.13.-Sabiendo que el oído humano no puede distinguir entre dos sonidos, que no estén separados al menos por 0,1 s. ¿Cual será la distancia mínima en el aire para que se produzca el eco, ¿y para que se produzca en el agua?.</p> <p>B.14.- Calcula la distancia que hay hasta la montaña, si el eco tarda en llegar hasta nosotros 0,5 s.</p>	<p>¿Cómo interacciona el sonido con la materia?</p>	<p>Aplicar el modelo ondulatorio para justificar el comportamiento del sonido al interactuar con distintos tipos de sustancias.</p> <p>Relacionar la propagación del sonido con su reflexión.</p> <p>Estudiar casos de reflexión concretos, incluso reales del eco y la reverberación, diferenciándolos entre sí.</p> <p>Iniciar al alumno en el concepto de refracción (sonido no reflejado).</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Utilización de aparatos de medida.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>
<p>B.15.- Efecto Doppler.</p>	<p>¿Qué le ocurre al sonido si el foco emisor se mueve con una determinada velocidad?</p>	<p>Relacionar propiedades y propagación del sonido.</p> <p>Iniciar el estudio del efecto Doppler.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Representación e interpretación de gráficas.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.18 (continuación)

Llegados a este punto detectamos que las dificultades de los últimos días estaban creando un clima que cercenaba el gran interés demostrado por los alumnos en el módulo. Por ello decidimos cambiar esta dinámica y visionar unos vídeos referentes al sonido (qué son las ondas, interferencias, reflexión, difracción, efecto Doppler y características de las ondas y del sonido en particular), intentando hacer una pequeña revisión de todo lo que habíamos estudiado hasta ese momento. La sesión se desarrolló de forma distendida y creemos que logró no sólo aclarar dudas sobre el sonido, sino para recuperar el gran espíritu de trabajo que habíamos logrado.

Continuando con la velocidad del sonido, estudiamos la relación de sus afirmaciones con el modelo que teníamos establecido para las ondas en general y para el sonido en particular (actividad B-6). Así, por ejemplo, se discutió si la separación entre las bolas de los péndulos tenía algo que ver con el estado de la materia, llegando a la conclusión de que si el modelo era cierto, en los gases las bolas debían estar más separadas y, por tanto, el sonido iba a encontrar mayores dificultades en su propagación.

Se planteó después la duda, sobre si la velocidad del sonido iba a ser la misma cuando estuviera cerca del emisor y cuando estuviera lejos (actividad B-9). Al principio pensaban que la velocidad debía ir disminuyendo con el tiempo, al considerar que la longitud de onda va disminuyendo conforme avanza. Esta opinión encontró enseguida contestación, ya que algunos alumnos indicaban que, si esto hubiera sido así, el sonido sería cada vez más agudo, por lo que dicha idea fue rechazada.

La parte correspondiente a la interacción del sonido con la materia, la comenzamos con la realización de un resumen de lo que habíamos visto en el vídeo, para posteriormente pedirles que aplicaran todo lo que les pudiera servir en las contestaciones de las preguntas planteadas. Así de sus trabajos de la actividad B-10, realizados con ganas e interés, salieron conclusiones muy interesantes; la más completa de las cuáles planteaba que lo que hace el sonido cuando llega a un obstáculo es hacerlo vibrar, lo que provoca que emita ondas -sonoras en este caso- en todas direcciones.

Hay que resaltar que, tal y como nos temíamos, confundían eco y reverberación, por lo que fue necesario plantear explícitamente la cuestión (actividades B-11 y B-12). Hablamos de la montaña, de las distancias largas, de los callejones, de si se producía o no en una habitación grande o en una nave y de cuestiones de este tipo.

En la actividad en las que debían calcular la distancia mínima para que se produjera el eco (B-13), habría que destacar que prácticamente la totalidad de los grupos confundieron inicialmente la distancia de separación del emisor-al obstáculo con la distancia recorrida, aunque al hacerles ver su error llegaron rápidamente a establecer la solución correcta.

Como muestra del interés y del buen hacer de los alumnos en estos momentos, nos parece conveniente destacar aquí que una de las actividades (B-14) se les propuso que la hicieran en casa. No sólo fue realizada de forma correcta por la inmensa mayoría de los alumnos, sino que no presentó la más mínima objeción por su parte, hecho impensable en otras asignaturas o en nuestra propia muestra al comienzo de curso.

Por último y dado que el tema había salido durante la proyección del vídeo, entregamos a los alumnos un texto sobre el efecto Doppler, que posteriormente pasamos a analizar (actividad B-15); no obstante, este contenido no ha sido desarrollado en profundidad sino sólo de forma descriptiva, como una curiosidad más dentro de esta temática.

Terminamos así esta fase de Construcción de los conocimientos y pasamos a la fase de *Aplicación*, que queda recogida en el Cuadro 2.19. En ella tuvimos oportunidad de comentar y discutir gran cantidad de cuestiones que fueron surgiendo al analizar los problemas planteados.

De esta manera, al hilo de las actividades B-16 y B-17, hablamos de las multas que pone la policía con el radar, del exceso de ruido y su medición, de lo que le ocurre al oído de una persona cuando escucha una explosión o cuando te sumerges a cierta profundidad en el agua, de los problemas de audición y de los aparatos que tienen que utilizarse, de la diferencia en la audición que tienen algunos animales respecto a los humanos, de lo que son los decibelios (para lo que les suministramos un cuadro informativo), etc. Con ello, acercamos, aún más, los contenidos desarrollados a lo largo del módulo a su vida cotidiana, dotándoles de una utilidad que resulta fundamental para que se produzca realmente un aprendizaje.

Pero, además, incidimos en contenidos procedimentales de gran importancia para nosotros (diseño de experiencias y realización e interpretación de gráficas); de forma especial nos referimos a estos durante las actividades B-18 y B-19. Hay que resaltar dos dificultades que tienen este tipo de tareas. Respecto al diseño, normalmente no les faltaba imaginación pero sí una mejor concreción de las situaciones que planteaban. En las gráficas, el problema mayor surgía con la extrapolación de resultados.

APLICACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>B.16.- Comenta las siguientes frases:</p> <p>a) El sonido es una onda longitudinal b) A mayor tono de un sonido mayor intensidad c) La frecuencia se puede medir en metros d) La velocidad de cualquier sonido en el vacío es cero e) El sonido se propaga mejor a más temperatura</p> <p>B.17.- Explica el ¿por qué? de cada afirmación:</p> <p>a) Si explotara una bomba atómica en la Luna no lo oiríamos en la Tierra. b) Los perros tienen el oído más fino que los humanos c) La frecuencia de un sonido depende de su velocidad d) En una habitación vacía es muy difícil entender lo que dice una persona e) El sonido puede sufrir refracción</p> <p>B.18.- Diseña una experiencia para:</p> <p>a) Comprobar que el sonido es un movimiento uniforme b) Comprobar que las mujeres tienen un tono de voz más agudo que el de los hombres c) Calcular la velocidad del sonido en el hielo</p> <p>B.19.- Observa la gráfica (ver Apéndice II):</p> <p>a) ¿Qué conclusiones sacas? b) ¿Qué velocidad lleva el sonido a 6°C?, ¿y a -4°C? c) ¿Qué T° hay cuando el sonido va a 340 m/s?</p>	<p>¿Cómo justificarías p.e. si el sonido es una onda longitudinal o transversal?</p> <p>¿Serías capaz de diseñar una experiencia para determinar si el sonido se propaga con un movimiento uniforme?</p> <p>¿Qué conclusiones puedes extraer de una gráfica que p.e. relaciona la velocidad del sonido con la T° del medio?</p>	<p>Relacionar la audición y el sonido.</p> <p>Interrelacionar y calcular los parámetros de un sonido.</p> <p>Relacionar el sonido con el estudio de los movimientos.</p> <p>Estudiar la influencia que tiene la T en el sonido.</p> <p>Justificar la propagación del sonido en función de las características del medio (estado, rigidez, etc).</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Representación e interpretación de gráficas.</p> <p>Familiarización con el cambio de unidades y utilización del S.I.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.19

Una vez terminada esta fase, abordamos las actividades correspondientes a la fase de *Revisión*, cuyas características e intenciones quedan recogidas en el Cuadro 2.20. Como dijimos anteriormente, incluían no sólo la parte correspondiente al sonido, sino a las ondas en general, tratando que los alumnos revisaran sus ideas sobre ambas y las relacionaran entre sí. De esta forma tenían una percepción más completa de los contenidos que iban aprendiendo en el desarrollo del tema.

REVISIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>B.20.- ¿Podrías hacer un cuadro resumen del sonido donde quedaran recogidas todas sus características y propiedades, así como su relación con las ondas?</p> <p>B.21.- Vuelve a analizar las respuestas que distes en la prueba que llevamos a cabo al principio del estudio de las ondas. Indica que cosas cambiarías ahora y por qué.</p>	<p>¿Qué "cosas" han cambiado de lo que pensabas inicialmente sobre el sonido?</p>	<p>Reflexionar sobre los cambios conceptuales producidos.</p> <p>Establecer a través de un mapa conceptual las propiedades y características del sonido, así como las relaciones que hay entre ellas.</p> <p>Aprender a aprender.</p>	<p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.20

C) Módulo de la Luz

Terminada la parte del módulo correspondiente al Sonido, abordamos la de la Luz. Tanto las hojas de trabajo como los materiales utilizados se recogen en el Apéndice III.

En primer lugar, les pasamos la prueba inicial de conocimientos que teníamos preparada. Una vez realizada, abordamos el estudio del tema, comenzando por la fase de *Orientación* (que queda descrita en el Cuadro 2.21).

ORIENTACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.1.- Observa las figuras de las fotocopias (ver Apéndice III), coméntalas con tus compañeros e intentar entre todos sacar alguna conclusión de ellas.</p> <p>C.2.- Realiza la lectura del texto (ver Apéndice III) y analiza la importancia que la luz tiene para nosotros.</p>	<p>¿Es importante la luz en nuestra vida?</p>	<p>Reflexionar sobre la influencia que la luz tiene en nuestro mundo.</p> <p>Ubicar el tema a tratar relacionándolo con lo anterior.</p> <p>Comprobar la necesidad de emprender su estudio.</p> <p>Hacer más interesante su estudio.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p>

Cuadro 2.21

Antes de pasar a describir el desarrollo de esta fase, nos parece conveniente resaltar que, dentro del módulo de Ondas, la parte correspondiente a la Luz es la complicada y, por tanto, asumíamos que no sólo iba a ser necesario provocar una mayor motivación, sino un mayor protagonismo por nuestra parte. Por ello comenzamos a abordar su

estudio con unas actividades iniciales que considerábamos atractivas y que consistían en una serie de dibujos que suministramos a los alumnos (actividad C-1), en los que era posible apreciar numerosas curiosidades y paradojas ópticas -algunas de ellas imposibles- que provocaron su interés y una gran participación en el aula. Posteriormente y dentro de ese ambiente, pasamos a realizar la lectura del texto introductorio y a preguntarles sobre la importancia de la luz en nuestra vida diaria (actividad C-2).

A continuación pasamos a la fase de *Explicitación de ideas* descrita en el Cuadro 2.22. Se les planteó a los alumnos la actividad C-3, en la que tenían que intentar establecer alguna conclusión. Una vez que se llevó a cabo la discusión en el grupo, percibimos que los alumnos no tenían argumentos suficientes para decantarse por una de las posturas y, por lo tanto, que no eran capaces de llegar a establecer si la luz era un corpúsculo o una onda. En dicho debate, se produjo un intercambio de ideas tan intenso como difícil, predominando las opiniones confusas y ambiguas. No obstante, se estableció que no se podía considerar a la luz como una onda, ya que según sus comentarios, no reunía algunas de las características que habíamos considerado como ineludibles para las ondas.

"La luz de primeras, tenía más cosas en contra que a favor para ser una onda, ya que se desplaza en el vacío, aparentemente no produce ninguna vibración y no necesita medio en el que propagarse". "No sé... Yo creo que sí es una onda. Aunque como se desplaza en el vacío...". "Yo recuerdo que eran como bolitas que se movían en línea recta". "No porque no produce vibraciones". "No porque no hay interferencias". "No porque no atraviesa todos los medios". "La luz es una onda muy especial"...

EXPLICITACIÓN DE IDEAS

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
C.3.- ¿Pero estáis seguros de que la luz es una onda?. ¿Cómo lo podríamos comprobar?.	¿Qué sabes sobre la luz?	Averiguar sus conocimientos sobre la luz. Hacerles conscientes de cuáles son sus concepciones sobre la luz. Reflexionar sobre cuáles son las cuestiones claves, que es necesario aclarar para comprender lo que es una onda.	Identificación de interrogantes de la vida cotidiana. Observación y recogida de datos cualitativos. Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado. Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas. Interpretación de textos.

Cuadro 2.22

Pasamos a continuación a la fase de *Construcción de conocimientos*, cuya primera parte queda descrita en el Cuadro 2.23. En ella comenzamos planteando de nuevo la misma pregunta (actividad C-4), aunque como el tema en discusión rebasaba las posibilidades de los alumnos, la solución que adoptamos fue la de elaborar dos macroequipos y entregarles a uno las afirmaciones de Huygens (teoría ondulatoria) y al otro las de Newton (teoría corpuscular) para que las defendieran dentro del equipo correspondiente. Esta actividad, que les resultó muy atractiva, propició que los alumnos se tuvieran que implicar en uno de los dos equipos y, por tanto, en defender una de las posturas, que ellos definían como de "los maestros".

A continuación, realizamos en el aula-laboratorio las oportunas experiencias de cátedra que pudieran aclarar las dudas que iban surgiendo. Así, cuando se llegó al problema de las interferencias y difracción, utilizamos la cubeta de ondas para que pudieran ver lo que ocurría cuando se cruzaban las ondas producidas simultáneamente por dos generadores sobre la superficie del agua; de esa manera vimos que se producían zonas en las que parecía desaparecer la onda (al coincidir una cresta y un valle) o en las que la amplitud de la onda era mayor (al coincidir dos crestas o dos valles).

En otro momento del debate y motivado por una discusión "sin salida", lo que hicimos -utilizando el banco óptico- fue una experiencia de interferencias sobre tres rendijas, observando que al acercar la rejilla al foco se producen sobre la pantalla unas líneas oscuras, que no tendrían explicación desde el punto de vista corpuscular, pero sí considerándolas como una interferencia de tipo destructivo ente dos ondas.

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.4.- Como la pregunta anterior es muy complicada, os vamos a proporcionar un texto de ayuda, en el que dos científicos muy prestigiosos discuten precisamente sobre este asunto. Una vez leído intenta responder de nuevo a la pregunta</p> <p>C.5.-Experiencias de cátedra, sobre las diversas propuestas de los alumnos.</p>	<p>¿Es la luz un movimiento ondulatorio?</p>	<p>Relacionar la luz con lo estudiado anteriormente.</p> <p>Aplicar los conocimientos sobre ondas para determinar si la luz es también una onda.</p> <p>Identificar cuáles son las características propias de la luz (onda no material, velocidad relacionada con el medio, pero independiente del foco luminoso, etc).</p> <p>Establecer de forma elemental la dualidad onda-corpúsculo.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Interpretación de textos.</p>
<p>C.6.- ¿Basta la luz para ver?. Explicarlo detalladamente, poniendo todos los ejemplos que consideres oportunos.</p>	<p>¿Basta la luz para ver?</p>	<p>Reflexionar sobre el mecanismo de la visión.</p> <p>Diferenciar la luz de su foco emisor y del receptor.</p> <p>Conectar el estudio de la luz con la realidad del alumno.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.23

Continuando con esta fase de reestructuración, se les planteó el problema de la visión desde el punto de vista físico (actividad C-6). Para centrar las ideas que desembocaban en consideraciones fisiológicas, creímos oportuno sugerirles una serie de posibles soluciones (que quedan recogidas en la literatura científica), para que pasaran a analizarlas inmediatamente. De esos trabajos surgió después un debate muy interesante, del que recogemos a continuación una serie de fragmentos; así, ante el planteamiento de si una mesa tenía o no luz, se produjeron respuestas del tipo; "no da luz, la refleja", "sí da luz, pero no tiene luz", "si tiene luz, se tiene que ver", etc., que indicaban en nuestra opinión la necesidad de aclarar primero donde había luz.

Planteada de nuevo esta cuestión y ante la falta de los necesarios argumentos, la discusión los llevó al planteamiento de nuevos interrogantes. Un grupo preguntó: ¿entonces habrá luz debajo de la mesa?; tras un fuerte intercambio de opiniones se estableció que "Habrá luz en cualquier sitio, en el que de cualquier forma haya llegado la luz". Una vez que consideramos que la actividad había sido lo bastante extensa, aunque las conclusiones no fueran lo suficientemente claras, volvimos a plantear el problema de la visión ¿basta entonces la luz para ver?. "No, tiene que haber un reflejo de luz en los objetos y que llegue ésta a nuestros ojos".

En la siguiente actividad (C-7), recogida en el Cuadro 2.24, en la que tenían que averiguar las características de la propagación de la luz, intentando demostrar que la luz se propaga en línea recta y en todas direcciones, los resultados fueron muy poco satisfactorios, especialmente en uno de los cursos. Atribuimos este hecho a una serie de factores entre los que incluimos el cansancio, los exámenes de otras asignaturas, el calor que hacía en esos momentos en el aula y la aridez del propio tema que no conseguimos eliminar. Por ello y en busca de una mayor motivación, lo que hicimos en el resto de los cursos fue entregarles a cada uno de los grupos de trabajo, unas linternas que habíamos construido para que, utilizándolas a modo de "cañón óptico", comprobaran sus afirmaciones.

Para abordar la actividad C-8 y C-9, les propusimos que diseñaran en su casa una experiencia para averiguar si la luz es o no instantánea. Los resultados fueron aceptables y diseñaron experiencias del tipo:

"Colocándonos en la Tierra con un potente foco de rayo de color rojo, para poder distinguir mejor de otros y haciendo la experiencia de noche. Mandamos un gran satélite con un gran espejo para que el rayo refleje y nos vuelva, a 300.000 Km y encendemos el foco durante breve tiempo, el rayo saldrá hacia el satélite y volverá recorriendo 600.000 Km; medimos el tiempo que ha tardado en recorrer ese espacio y nos tendrá que dar 2 s. para que la luz lleve 300.000 Km/s, con lo cuál quedaría demostrado que la luz no es constante sino que lleva una gran velocidad (se acompaña de un dibujo)".

Todo esto propició la posibilidad de hablar de cuestiones que les eran bastante atractivas. Comentamos el significado de año-luz, de por qué estamos viendo la luz que emiten las estrellas que desaparecieron hace años, etc. No obstante el debate se centró en la diferencia que hay entre el foco emisor de luz (lámpara), la luz y el receptor de luz (ojo), comparándolo siempre con el sonido, ya que en este era más fácil apreciar la diferencia (flauta, sonido y oído).

CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.7.- Tanto la teoría corpuscular como la ondulatoria, sugieren que la luz se propaga (cuando no hay obstáculos) en línea recta y en todas direcciones. Proponer alguna experiencia para poder demostrar esta afirmación (podéis utilizar el cañón óptico).</p> <p>C.8.- ¿Podríamos añadir algo más sobre la propagación de la luz después de compararla con la propagación del sonido?.</p> <p>C.9.- Mucha gente piensa que luz es instantánea, mientras que otros piensan que tiene una velocidad enorme. ¿Cómo podríamos saber quien tiene razón?.</p> <p>C.10.- ¿Qué factores influyen en la velocidad de la luz?.</p>	<p>¿Cómo se propaga la luz?</p>	<p>Establecer la relación existente entre la propagación de la luz y el medio en el que se propaga.</p> <p>Determinar que la velocidad de la luz no es infinita.</p> <p>Hacer más atractivo el estudio de la luz y su propagación.</p> <p>Conectar todos los conceptos implicados con la realidad del alumno.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.24

Para averiguar los factores de los que depende la velocidad de la luz (actividad C-10), les propusimos -como habíamos hecho en anteriores ocasiones-, una serie de posibles soluciones entre las que incluíamos: el medio, el

tiempo, la distancia, la potencia del foco, el medio de propagación, el receptor (ojo), los obstáculos, etc. La opinión mayoritaria de la clase hacía referencia a que la velocidad de la luz iba a depender del medio y de los obstáculos, "ya que habrá más velocidad cuantos menos obstáculos tengan que atravesar los rayos de luz", aunque también algunos alumnos pensaban que "iba a depender de la potencia del foco luminoso".

Planteado el problema, se suscitó la correspondiente discusión y después de unas cuantas aclaraciones por nuestra parte, llegaron a la conclusión de que dichos obstáculos "no tienen nada que ver con la velocidad de propagación de la luz, sobre todo si los entendemos como aquellos cuerpos que no dejan pasar la luz". Donde las cosas no fueron tan sencillas, fue a la hora de justificar las distintas velocidades en los diferentes medios, llegando a la conclusión, en principio, que la luz se propagaba más rápidamente en aquellos medios en los que el sonido se propagaba más lentamente. Esto condujo inevitablemente a que volviera a surgir la controversia onda/corpusculo, ya que indicaban que si la luz se podía propagar en el vacío y a mayor velocidad cuanto mayor fuera la densidad del medio, se debía a que no era una onda y que, por tanto, los rayos de luz debían ser "otra cosa"...

Aprovechándonos de la polémica suscitada con la posible influencia que los obstáculos tenían en la velocidad de propagación de la luz, se les planteó a los alumnos la siguiente actividad C-11 (recogida en el Cuadro 2.25), en la que habían de dilucidar lo que le ocurriría a un cuerpo cuando choca con un cuerpo opaco. Como el debate anterior había sido intenso, llegaron rápidamente a conclusiones interesantes: "Los cuerpos opacos son los que no dejan pasar la luz; los rayos de luz le llegan al cuerpo opaco y rebotan; el ojo puede ver el objeto iluminado porque la luz reflejada le está llegando; también podemos observar que en la casi oscuridad es más fácil ver un cuerpo blanco que uno negro".

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.11.- ¿Qué le ocurre a la luz cuando choca con un cuerpo opaco? Realiza una experiencia para comprobar tus afirmaciones y luego descríbelo con un dibujo.</p> <p>C.12.- Si el cuerpo opaco es un espejo, el haz de luz se ve muy nítido. ¿Podrías aprovechándote de ello sacar alguna conclusión sobre la reflexión?. Disponéis del aparato que hemos construido, y de vuestro ingenio.</p> <p>C.13.- Si el cuerpo sobre el que incide la luz es transparente ¿Ocurre lo mismo que antes?. Realiza un montaje práctico para comprobarlo.</p> <p>C.14.- ¿Serías capaz de sacar alguna conclusión sobre esta propiedad (refracción) de la luz?. Dispones del mismo material que antes; una cubeta de fondo transparente, y un poco mas de experiencia.</p>	<p>¿Cómo interacciona la luz con la materia?</p>	<p>Reflexionar sobre el comportamiento de la luz cuando choca con un cuerpo.</p> <p>Diferenciar entre cuerpos opacos, translucidos y transparentes, utilizando para ello material del laboratorio.</p> <p>Comparar los efectos producidos por focos luminosos de diferente tamaño, para reflexionar sobre los conceptos de sombra y penumbra y poder diferenciarlos.</p> <p>Utilizar los cañones ópticos que construimos con linternas, para aclarar el concepto de reflexión y establecer la diferencia entre la reflexión nítida y la difusa.</p> <p>Esclarecer el concepto de refracción, relacionándolo con el cambio de velocidad de la luz, utilizando para ello las distintas piezas de vidrio del banco óptico.</p> <p>Familiarizarse con el uso del índice de refracción como instrumento de trabajo.</p> <p>Conectar todos los conceptos utilizados con la realidad del alumno para hacer más atractivo el estudio de la luz.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Utilización de aparatos de medida.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.25

Inmediatamente pasamos al estudio de los espejos (actividad C-12). En este apartado -para cuyo estudio disponían del cañón óptico que habíamos construido y del material del banco óptico- la motivación fue muy grande y se pusieron a trabajar con gran interés, ya que era una ocasión excelente para poder comprobar, de forma experimental, sus afirmaciones. De esa manera llegaron fácilmente a establecer la diferencia entre la reflexión nítida y la difusa: *"Como la luz se propaga en línea recta y una carpeta no tiene una superficie lisa, refleja la luz en todas direcciones. Pero el espejo no, porque es totalmente liso y refleja el 100 % de la luz que le llega, de ahí que nos veamos en un espejo"*. *"La luz llega a nuestro cuerpo, después va al espejo y luego llega a nuestros ojos, lo que produce que nos veamos"*. De la misma manera establecieron sin problemas la segunda ley de la reflexión, aunque para llegar a la primera necesitaron de nuestra ayuda.

En las actividades concernientes a la refracción (C-13 y C-14) y siendo conscientes de la gran dificultad conceptual que encerraba para los alumnos decidimos que, antes de elaborar ninguna hipótesis, estuvieran "jugando" con los cañones ópticos y con los prismas, para centrarlos en el problema y para intentar lograr una mayor motivación. Después de todo ello a la única conclusión que llegaron y no de forma unánime fue: *"Cuanto mayor es la velocidad de la luz en un medio, mayor es el ángulo de inclinación que sufre al cambiar de medio"*.

Las siguientes actividades (de C-15 a C-19), recogidas en el Cuadro 2.26, pretendían relacionar la luz con los colores, intentando que llegaran a establecer el mecanismo por el cuál se forman. Aunque fue una parte que les gustó mucho, hay que decir que en todas fue necesaria nuestra colaboración, fundamentalmente de tipo práctico, ya que las ideas que tenían eran bastante incompletas y en los debates entre ellos los resultados no fueron lo suficientemente fructíferos. La mayoría pensaba de forma muy arraigada, que las "cosas" tenían siempre un color o que eran del mismo color de la luz con la que se les iluminaba, así como que en la luz "blanca" no estaban incluidos el resto de los colores. Todo ello hizo que las conclusiones a las que llegamos al final, que costaron mucho trabajo, exigieran un excesivo protagonismo por nuestra parte.

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.15.- La luz posee algunas propiedades que no tiene el sonido. Una de ellas se llama dispersión de la luz, y da lugar a lo que todos conocemos como Arco Iris. ¿Serías capaz de producirlo en el laboratorio?</p> <p>C.16.- ¿Qué explicación le podríamos dar a este fenómeno?</p> <p>C.17.- ¿Por qué se ve el cielo de color azul durante el día y rojizo al atardecer?.</p> <p>C.18.- ¿Podrías entonces explicar "científicamente" como se forman los colores?.</p> <p>C.19.- Un macarra con gafas de cristales rojos entra en un laboratorio fotográfico iluminado con luz roja. ¿Como verá las cosas?.</p>	<p>¿Qué son los colores?</p>	<p>Determinar la composición de la luz visible.</p> <p>Estudiar el concepto del color.</p> <p>Relacionar el color con la visión.</p> <p>Comprobar la dependencia entre el color de un objeto y la luz.</p> <p>Establecer las diferencias científicas entre dos colores cualesquiera.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Emisión de hipótesis.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.26

Terminamos así esta fase de reestructuración y pasamos a la fase de *Aplicación*, que queda recogida en el Cuadro 2.27. En ella, como ya había ocurrido con el sonido, tuvimos oportunidad de comentar y discutir gran cantidad de cuestiones que fueron surgiendo al analizar los problemas planteados.

De esta manera, hablamos de las imágenes de los objetos y de la relación entre sus tamaños, del color de los objetos y de su dependencia de la luz predominante, del contraste entre el color rojizo del atardecer y el color del día, de los eclipses de Luna y de Sol, de situaciones reales en las que se podía apreciar la refracción, etc. También interpretamos diagramas y dibujos que representaban situaciones ópticas, llevando a cabo cálculos matemáticos sencillos sobre el índice de refracción y sobre la velocidad de la luz.

APLICACIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.20.- Comenta las siguientes frases:</p> <p>a) La luz se puede considerar una onda. b) Para ver un objeto basta que haya luz. c) Las cosas tienen siempre un color.</p> <p>C.21.- Explica el por qué de las siguientes afirmaciones:</p> <p>a) Hay luz antes y después de que salga el Sol. b) Un trozo de botella puede provocar un incendio. c) En la reflexión difusa también se cumplen las leyes de reflexión de la luz.</p> <p>C.22.- Diseña una experiencia para comprobar a través de un procedimiento doméstico las leyes de reflexión de la luz.</p> <p>C.23.- Realiza una experiencia para producir (con medios caseros) el Arco Iris. ¿Qué explicación le puedes dar a este hecho?.</p> <p>C.24.- Observa la siguiente figura (ver Apéndice III):</p> <p>a) ¿Cuál es el índice de refracción del medio X? b) ¿Qué camino seguirá el rayo después de chocar con el espejo?.</p>	<p>¿Qué tamaño debe tener el espejo del cuarto de baño?</p> <p>¿Serías capaz de diseñar una experiencia "casera" para comprobar las leyes de la reflexión?</p> <p>¿Cómo explicarías el aspecto tan extraño que tiene un palo que se ha introducido parcialmente en un vaso de agua?</p> <p>¿De qué color se vería tu camiseta en una habitación iluminada por una bombilla de color rojo?</p>	<p>Relacionar el comportamiento de la luz con la realidad inmediata del alumno.</p> <p>Aplicar los conceptos aprendidos a casos concretos, como la reflexión en un espejo y la refracción en el agua.</p> <p>Realizar los cálculos numéricos derivados de dichas aplicaciones.</p> <p>Relacionar la luz con el estudio de los movimientos, para comprobar que en este caso también son válidas las fórmulas del M.R.U..</p> <p>Justificar la propagación de la luz en función de las características del medio.</p> <p>Profundizar en el estudio del color, aplicándolo a casos concretos, como podía ser la utilización de papel celofán de diversos colores.</p>	<p>Identificación de interrogantes de la vida cotidiana.</p> <p>Diseño y realización de experiencias.</p> <p>Observación y recogida de datos cualitativos.</p> <p>Utilización de aparatos de medida.</p> <p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Utilización de ecuaciones matemáticas en la resolución de problemas.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.27

Una vez terminada esta fase, abordamos las actividades correspondientes a la fase de *Revisión*, cuyos objetivos e intenciones quedan recogidas en el Cuadro 2.28, aunque en esta ocasión se incluía solamente la parte correspondiente a la luz, tratando de esta manera que los alumnos revisaran sus ideas sobre este área de conocimiento.

REVISIÓN

ACTIVIDADES	PREGUNTAS-CLAVE	INTENCIONES EDUCATIVAS	PROCEDIMIENTOS
<p>C.25.- ¿Podrías hacer un cuadro resumen de la luz donde quedaran recogidas todas sus características y propiedades, así como su relación con las ondas?</p> <p>C.26.- Vuelve a analizar las respuestas que distes en la prueba que llevamos a cabo al principio del estudio de las ondas. Indica que cosas cambiarías ahora y por qué.</p>	<p>¿Qué "cosas" han cambiado de lo que pensabas inicialmente sobre la luz?</p>	<p>Reflexionar sobre los cambios conceptuales producidos.</p> <p>Volver a establecer las relaciones de los conceptos básicos a través de un mapa conceptual, para reflexionar sobre las nuevas conexiones establecidas.</p> <p>Extrapolar el proceso de aprendizaje seguido para que los alumnos asuman la utilidad del mismo, incluso en otras áreas del conocimiento.</p>	<p>Comunicación e interpretación de resultados. Elaboración de conclusiones.</p> <p>Expresión de ideas utilizando un lenguaje científico adecuado.</p> <p>Intercambio y defensa de ideas utilizando argumentaciones bien fundamentadas.</p> <p>Revisión de lo aprendido.</p> <p>Elaboración de informes.</p>

Cuadro 2.28

No quisiéramos terminar nuestra descripción sin hacer alusión a uno de los apartados más interesantes que se han estudiado: la controversia onda/corpúsculo. Asumiendo desde un principio que se trataba de un tema sumamente difícil para los alumnos, procuramos adoptar todas aquellas medidas en nuestra intervención didáctica que pudieran paliar las dificultades que a buen seguro iban a encontrar los estudiantes.

Por ello lo primero que hicimos fue darles mucha información escrita sobre la opinión de Newton y Huygens, los grandes defensores de las dos posturas. En segundo lugar los agrupamos en dos grandes equipos (con un 50% de la clase aproximadamente en cada uno): los newtonianos y los defensores de Huygens, de tal manera que se veían obligados a defender una opción concreta aunque no fuera la que más les atrajera a priori. Además de esa manera tenían un gran número de opiniones en cada uno de los dos equipos.

La concepción que los alumnos tenían sobre las ondas, fundamentalmente las identificaban con las ondas materiales, dificultó la tarea aunque a su vez propició que pudieran discutir y ampliar la visión que tenían sobre las ondas. Com ya dijimos, los argumentos más utilizados en contra de que la luz sea una onda fueron: que no necesita medio para transportarse y que puede hacerlo en el vacío, que atraviesa algunos cuerpos y otros no, y que además no tiene nada que pueda hacer vibrar en su propagación. Con respecto a que no puede ser un cuerpo, los alumnos alegaban que no tenía masa, que la luz no pesaba y a su vez que algunos cuerpos no los atravesaba.

Hay que decir que la discusión que provocó semejante actividad fue para ellos tan divertida (recordemos que los equipos estaban compuestos por más de quince personas en cada uno de los cursos) como interesante, ya que con ella fue posible que muchos cambiaran su opinión de partida y todos tuvieran que cuestionarse los pros y los contras de cada una de las posturas. Lógicamente, no era nuestra intención que con esta única tarea los alumnos llegaran a conclusiones demasiado profundas, pero hay que decir que fue un punto de inflexión como se puso de manifiesto en los razonamientos y argumentaciones realizadas en días posteriores.

A continuación lo que llevamos a cabo con respecto a la controversia onda/corpúsculo fue una serie de actividades experimentales (dirigidas por el profesor) que pudieran demostrar la veracidad de algunas de sus afirmaciones. De esta manera se llevaron a cabo una serie de experiencias de cátedra sobre la difracción y sobre las interferencias luminosas, que resultaron de gran utilidad. Posteriormente, en cada uno de los apartados del módulo (propagación, reflexión, refracción,...) volvíamos a incidir en dicha controversia, pidiéndoles a los alumnos que interpretaran cada uno de los fenómenos como onda y como corpúsculo.