

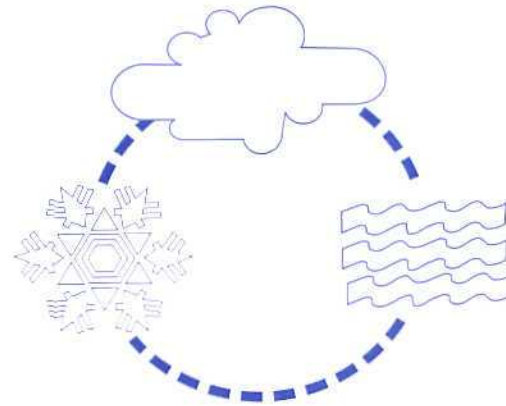


Orientaciones teórico-prácticas
para la elaboración
de Unidades Didácticas

Curso de actualización científica y didáctica



Ministerio de Educación y Ciencia



Orientaciones teórico-prácticas para la elaboración de Unidades Didácticas

Autores

Aureli Caamaño Ros
Aránzazu Hueto Pérez de Heredia

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O. 176-92-015-6

I. S. B. N. 84-369-2253-0

Depósito legal M-23036-1992

Imprime: MARÍN ÁLVAREZ HNDS.

Prólogo

El presente libro pretende ser una guía para el profesorado implicado en un proceso de formación (como los cursos de actualización científica y didáctica, de Modalidad A-150 horas) en el que se integran los nuevos conocimientos y las reflexiones en una actividad ligada estrechamente a la práctica profesional. Esta actividad consiste en la elaboración de una Unidad Didáctica y su posterior experimentación y evaluación. Es de destacar que la actividad se plantea como un trabajo en equipo y que, por tanto, se asemeja al trabajo que se pretende que desarrollen habitualmente en los centros los equipos docentes.

Las orientaciones contenidas en este material persiguen, por tanto, un objetivo más específico que general, puesto que están básicamente pensadas para una determinada modalidad de formación. No obstante, pueden ser de interés para otros profesores en la medida en que todo docente ha de diseñar, desarrollar y evaluar su trabajo en el aula.

El profesorado de Ciencias de la Naturaleza encontrará en estas páginas unas orientaciones que no son otra cosa que sugerencias. En ningún caso hay que atribuirles valor prescriptivo ni intención de uniformar o plantear una única manera de proceder al elaborar Unidades Didácticas.

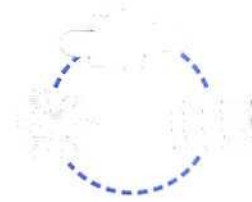
Las Unidades Didácticas constituyen elementos básicos del tercer nivel de concreción en el diseño curricular. Si convenimos en llamar primer nivel de concreción a las prescripciones curriculares establecidas por el Estado y las Comunidades Autónomas, y segundo nivel de concreción a la elaboración de Proyectos Educativos y Curriculares de los centros docentes, la programación de aula y, por lo tanto, la elaboración de Unidades Didácticas constituyen el tercer nivel de concreción. Vertebrar un proceso de formación anclándose en las relaciones de las distintas aportaciones teórico-prácticas con este nivel, aunque tiene sus problemas, resulta especialmente motivador y potencia el aprendizaje.

Por lo anteriormente expuesto, el sentido y función de la elaboración en grupo de una unidad didáctica estriba en adquirir una experiencia de trabajo en equipo que contribuya al desarrollo profesional de los profesores y profesoras y que resulte un aprendizaje no sólo significativo sino también funcional en la medida en que sea útil y generalizable a otras situaciones concretas y prácticas del quehacer docente. Por ello convendría huir de planteamientos excesivamente ambiciosos, que por su carácter de excepción resultarán experiencias no repetibles ni incorporables al bagaje profesional de los profesores y a la práctica habitual. La elaboración de una Unidad Didáctica es concebida, también como un medio, más que como un fin en sí misma, un medio de gran valor para aprender a trabajar en grupo y para aprender lo esencial de la profesionalidad docente: diseñar, experimentar y evaluar procesos de enseñanza y aprendizaje.

El conjunto de documentos que conforman este libro pueden agruparse en dos partes. La primera contiene orientaciones teórico-prácticas, de carácter general, para la elaboración de Unidades Didácticas, y la segunda parte la constituyen dos ejemplificaciones de Unidades Didácticas que han sido elaboradas por sendos grupos de profesores en el marco de los cursos ACD-A de diferentes años.

Índice

Orientaciones generales para la elaboración de Unidades Didácticas	7
Diseño y desarrollo de la Unidad Didáctica: La vida de las plantas	73
Diseño y desarrollo de la Unidad Didáctica: Humedad y nubes	145



Orientaciones generales para la elaboración de Unidades Didácticas

Aureli Caamaño
Aranzazu Hueto

Índice

	<i>Páginas</i>
Introducción	11
1. ¿Qué orientación dar a la Unidad Didáctica?	15
2. Diseño de la Unidad Didáctica	19
Selección de contenidos y objetivos	19
Actividades de aprendizaje	24
Tipos de actividades	24
Criterios de selección de las actividades	37
Secuenciación de actividades	38
Organización de la clase	40
Recursos didácticos	41
Evaluación	42
I. Actividades de evaluación del aprendizaje de los alumnos	45
Actividades para evaluar el aprendizaje de conceptos	45
Actividades para evaluar el aprendizaje de los procedimientos en las actividades prácticas	46
Actividades para evaluar el aprendizaje de actitudes	53
II. Actividades e instrumentos de evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje	56
3. Experimentación de la Unidad Didáctica	61
4. Presentación final de la Unidad Didáctica	63
5. Bibliografía	65
6. Anexo: Referencias de Proyectos de Ciencias	69

Introducción

¿Qué objetivo se pretende con la elaboración, experimentación y evaluación de una Unidad Didáctica?

Los Cursos de Actualización Científico y Didáctica persiguen como meta general la capacitación del profesorado para realizar una reflexión y actualización científica y didáctica que incremente su profesionalidad y mejore su labor docente y están concebidos con un carácter mixto entre teoría y práctica docente (Diseño General del Programa de Actualización Científica y Didáctica).

Si consideramos que el desarrollo de la capacidad profesional de los profesores no puede estar desligado de la práctica docente, es necesario que los asistentes a estos cursos **exploren, apliquen y valoren las informaciones recibidas en el curso** y, teniendo en cuenta que una de las misiones del profesor es planificar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y verificar la efectividad de los mismos, se propone como actividad práctica del curso la elaboración en grupo de una Unidad Didáctica y su posterior desarrollo en el aula.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el modelo de currículo procesual adoptado por la Reforma del Sistema Educativo conlleva que los profesores están implicados en la elaboración de Proyectos Curriculares y en la Programación de las Unidades Didácticas, la realización de la actividad práctica del curso será de gran utilidad para los profesores a la hora de diseñar el currículo del área en sus centros docentes.

A la hora de programar una Unidad Didáctica, el profesor debe plantearse una serie de preguntas:

- ¿Cómo concebir la programación?
- ¿Qué orientación dar a la Unidad Didáctica?
- ¿Qué elementos debe tener en cuenta y cómo seleccionarlos?
- ¿Qué tipo de actividades puede utilizar?
- ¿Cómo programar una secuencia de actividades?
- ¿Cómo evaluar?

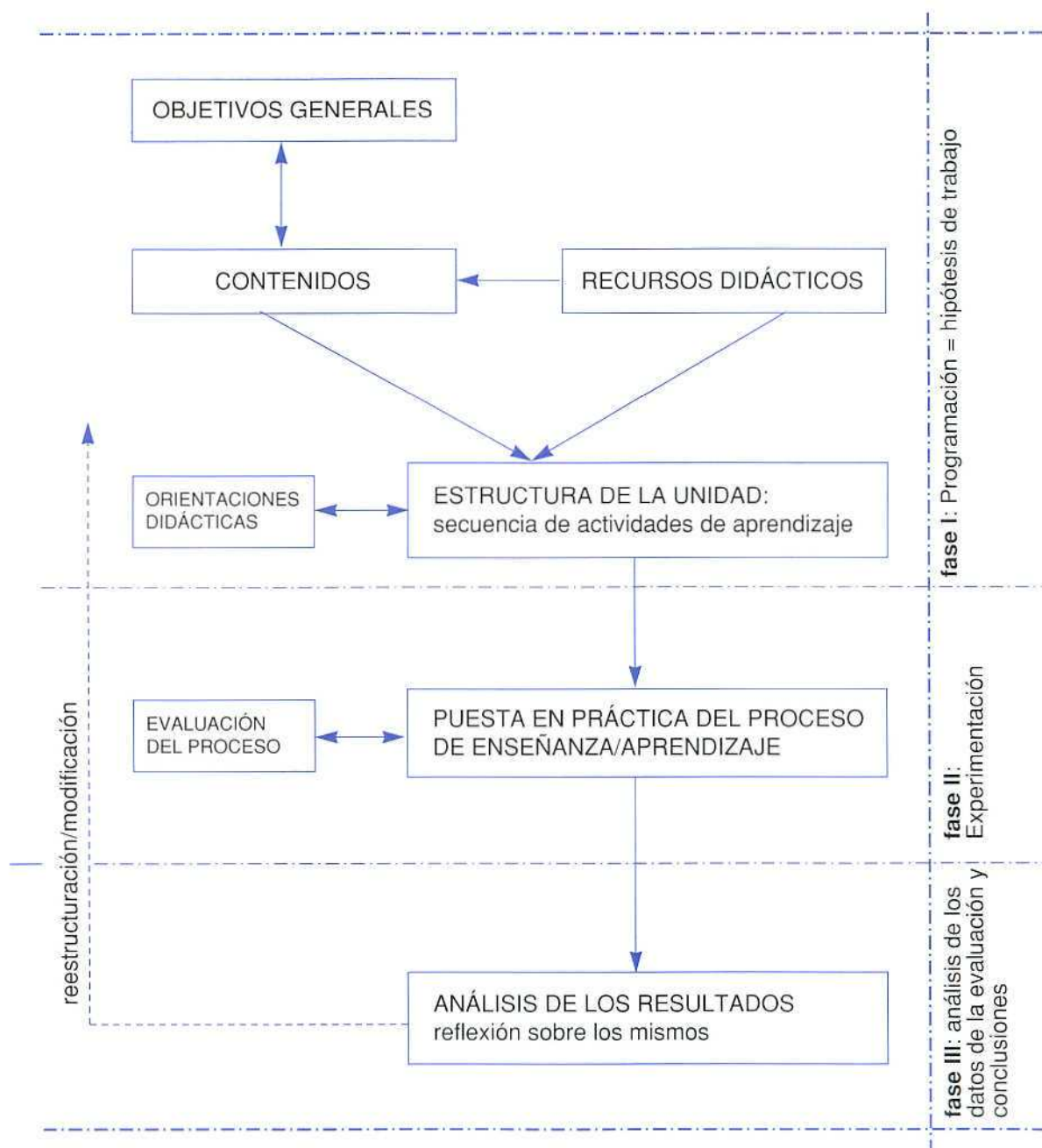
La integración reflexiva de las informaciones recibidas en el curso le puede ayudar a responder a estas preguntas. Ahora bien, por muy cuidadoso que haya sido el diseño de la unidad, la programación experimentará cambios al aplicarla en el aula, dado que el proceso de enseñanza y aprendizaje es dinámico. Es por ello que la programación inicial debe ser considerada como una **hipótesis de trabajo**: el programa deberá ser flexible y reformulable, es decir, tendrá que ser evaluado —durante y después de su puesta en práctica— y reestructurado teniendo en cuenta los datos aportados por la evaluación.

Por lo tanto, en la elaboración de una Unidad Didáctica, podemos distinguir tres fases:

- **Fase 1.** Programación inicial diseñada por los grupos de profesores = **Hipótesis de trabajo**
- **Fase 2.** Puesta en práctica en el aula por cada profesor = **Experimentación**
- **Fase 3.** Análisis de los resultados y valoración = **Análisis de los datos de la evaluación y conclusiones.**

En este sentido la labor del profesor no se limita a programar las actividades y llevarlas al aula, sino que se convierte en una investigación de lo que ocurre realmente en su aula. Los resultados de dicha investigación —la evaluación del proceso— le permitirán realizar las modificaciones/reestructuraciones necesarias en su programación inicial.

En el cuadro 1 se muestran las fases en la elaboración de una Unidad Didáctica. Se puede apreciar la diferencia entre el diseño de la U. D. (fase 1) y el desarrollo del diseño en el aula (fases 2 y 3) y que la evaluación del proceso (validación de la hipótesis de trabajo) se realiza durante la puesta en práctica de la Unidad Didáctica y, por tanto, no existe una secuenciación temporal de las fases 2 y 3.



Cuadro 1. Fases en la elaboración de una Unidad Didáctica. Elementos de la programación inicial

En este módulo nos vamos a referir fundamentalmente a la primera fase, es decir, al diseño de la Unidad Didáctica. Intentamos responder a los problemas que pueden plantearse a la hora de programar unidades didácticas, buscando la relación con los temas tratados en otros módulos. También proponemos una serie de actividades que pueden ayudar a los profesores a elaborar su unidad. Por último, en el anexo, se presentan distintos proyectos y unidades didácticas que pueden ser utilizados como *materiales curriculares* por los profesores asistentes al curso.

ESQUEMA DEL MÓDULO

Formas de estructurar la Unidad Didáctica.

Diseño de la Unidad Didáctica.

- Selección, organización y secuenciación de los contenidos y explicitación de los objetivos.
- Actividades de aprendizaje.
- Recursos didácticos.
- Evaluación.

Experimentación de la Unidad Didáctica.

Presentación de la Unidad Didáctica.

1

¿Qué orientación dar a la Unidad Didáctica?

Una vez que los profesores han elegido el tema de la unidad y el nivel al que va dirigida, una de las primeras decisiones que deberán tomar es elegir la forma en que van a estructurarla: **¿Qué tipo de contenido (conceptual, procedimental o actitudinal) se escoge como eje de la secuenciación?; ¿Se adopta un enfoque disciplinar o de ciencia integrada?; ¿Se opta por estructurar la unidad según un contexto de ciencia pura, o de ciencia-tecnología-sociedad?**

Para describir las diferentes orientaciones o estructuraciones del currículo de ciencias podemos utilizar los siguientes criterios:

- El **tipo de contenido en el que se hace más énfasis**. ¿Se va a hacer más énfasis en los conceptos o en los procesos de la ciencia? Esta decisión constituye a la vez un criterio de selección de los contenidos.
- El **contexto a través del cual se organizan los contenidos**:
 - el de ciencia pura,
 - el de ciencia en relación a la tecnología y la sociedad.

¿Se van a tratar contenidos puramente internos a la lógica de la disciplina, o se van a abordar problemas y hechos de la vida real, incluso atendiendo a sus implicaciones sociales?

-
- El **grado de integración de las diferentes disciplinas** (Física, Química, Biología, Geología...), lo que da lugar a las orientaciones siguientes:
 - ciencias separadas;
 - ciencia coordinada;
 - ciencia combinada;
 - ciencia integrada.

¿Se trata de una unidad de contenidos básicamente de Física, por ejemplo, o bien, de una unidad que aborda temas que implican a la vez conceptos de Física, de Química y de Biología? ¿Es una unidad en la que se pretende desarrollar conceptos globalizadores, como el de materia, interacción, cambio, etc.? ¿Se pretende abordar procesos de la ciencia mostrando sus aspectos comunes a todas las ciencias?

Algunas de las formas de estructurar el currículo de ciencias establecidas pueden requerir una definición más detallada, y la aportamos a continuación:

- **Estructuración conceptual.** Se realiza en función de los conceptos propios de cada disciplina, o bien en función de conceptos estructurantes, que se consideran comunes a todas las disciplinas que integran el área de ciencias.
- **Estructuración basada en los procesos.** Se realiza en función de los procesos de la ciencia: observar, clasificar, medir, formular hipótesis, experimentar, comunicar resultados, resolver problemas, etc. El estudio de estos procesos puede hacerse en relación a contenidos conceptuales propios de cada disciplina de forma separada, aunque es más común hacerlo de forma combinada o integrada.
- **Ciencia integrada.** Una forma de estructurar el currículo de Ciencias en el cual las diferentes disciplinas científicas: Física, Química, Biología, Geología, etc. aparecen estrechamente relacionadas alrededor de conceptos comunes (materia, interacción, energía, cambio, etc.) o procesos comunes (observación, clasificación, emisión de hipótesis, experimentación, resolución de problemas, etc.).

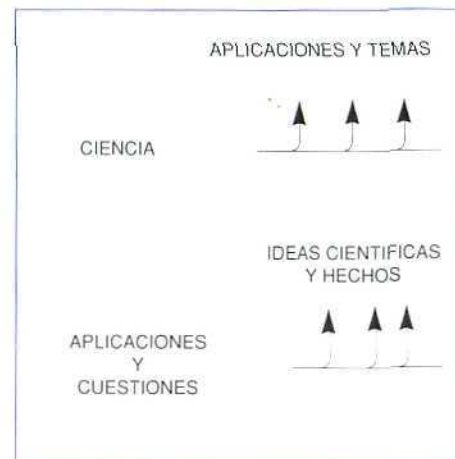
También se puede considerar ciencia integrada una estructuración interdisciplinar en la que los conceptos y los procedimientos de diferentes ciencias son utilizados conjuntamente para abordar problemas de la vida real (medio ambiente, energía, recursos minerales, etc.).

- **Ciencia combinada.** Es una forma de estructuración intermedia entre la ciencia integrada y la ciencia coordinada. En ella los diferentes componentes disciplinares se estudian en una misma asignatura alrededor de temas globales, como el agua, el aire, la tierra, etc.; si bien retienen mucho de su identidad propia. Tiene muchos puntos de contacto con la ciencia integrada de fundamentación interdisciplinar.
- **Ciencia coordinada.** Es una forma de estructurar el currículo de Ciencias en la que cada disciplina (Física, Química, Biología, Geología...) se enseña separadamente, pero con una coordinación previa en la secuenciación de los contenidos y en el diseño de las actividades de aprendizaje y de evaluación.
- **Ciencia-tecnología-sociedad.** Una orientación interdisciplinar del currículo de Ciencias basada en la relación de la ciencia con la tecnología y sus implicaciones sociales.

Podemos diferenciar dos tendencias: la que partiendo de los conceptos estudia las aplicaciones prácticas y las implicaciones sociales, y la más radical, que estructura los contenidos a partir de los aspectos prácticos, culturales y sociales de la ciencia.

Estas categorías no se excluyen entre sí. Así, por ejemplo, se puede optar por una estructuración del currículo del tipo:

- Ciencia integrada, basada en conceptos, en un contexto de ciencia pura.
- Ciencia integrada, basada en procesos, en un contexto de ciencia pura.
- Ciencia coordinada, en un contexto de ciencia-tecnología-sociedad, con estructura modular.
- Ciencia coordinada, en un contexto de ciencia pura.
- Etcétera.



La decisión que se tome sobre la orientación de la Unidad Didáctica vendrá condicionada seguramente por el nivel en que se la sitúe, es decir, por la edad de los alumnos a los que va destinada. Así por ejemplo, una orientación que haga mucho énfasis en los procesos parece más adecuada para los primeros cursos de la etapa de doce a dieciséis años; del mismo modo, estos cursos (de doce a catorce años) son más apropiados para un enfoque de ciencia integrada o de ciencia combinada. En los últimos (de catorce a dieciséis años) es más adecuada una orientación de ciencia coordinada. La estructuración en ciencias totalmente separadas no parece aconsejable en ninguno de los cursos de la etapa de doce a dieciséis. En cambio, la introducción de elementos de ciencia-tecnología-sociedad es una tendencia del currículo de ciencias en la etapa de enseñanza obligatoria que goza cada vez de mayor consenso.

En el capítulo **¿POR QUÉ CIENCIAS?** del Módulo *Teoría y Práctica del Currículo* se han indicado las finalidades de la enseñanza de las ciencias. La reflexión sobre dichas finalidades guiará el diseño de la Unidad Didáctica.

Actividad 1

Analizar y valorar la orientación curricular de alguna de las Unidades Didácticas del Anexo.

Los profesores deberán indicar cómo está estructurada la unidad según:

- El tipo de contenido elegido como eje de secuenciación de las actividades.
- El contexto a través del cual se organizan los contenidos.
- Según el grado de integración de las distintas disciplinas

Y realizar una valoración de las distintas orientaciones.

2

Diseño de la Unidad Didáctica

La programación de una Unidad Didáctica consiste en la concreción de las decisiones que un profesor toma sobre cada uno de los elementos de la programación inicial:

- Contenidos y objetivos.
- Actividades de aprendizaje y evaluación.
- Recursos didácticos.

Selección de contenidos y objetivos

En el módulo de Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza se ha fundamentado la necesidad de tener en cuenta, en un currículo de Ciencias, los tres tipos de contenidos:

- Conceptuales (conceptos, hechos y principios).
- Procedimentales (procedimientos, habilidades y destrezas).
- Actitudinales (actitudes, valores y normas).

En coherencia con ello, al programar una Unidad Didáctica, los profesores deberán tener en cuenta los tres tipos de contenidos.

La selección de los contenidos deberá estar orientada por los mismos criterios generales indicados en el módulo de Didáctica:

- Aspectos de tipo psicológico (nivel de desarrollo de los alumnos, dificultad de los conceptos, ideas de los alumnos);
- Aspectos de tipo sociológico (intereses de los alumnos en temas relevantes para la sociedad);
- Aspectos de tipo disciplinar (coherencia con la lógica de la disciplina, articulación lógica de los conceptos tal como se nos presentan en la actualidad, y también tal como han evolucionado a lo largo de la historia).

Secuenciar los contenidos de la unidad supone ordenar dichos contenidos según algún criterio que permita definir qué se enseña en primer lugar y qué se enseña en segundo lugar. Para ello se escoge un tipo de contenido como *eje secuenciador* (los conceptos, los procedimientos, las aplicaciones, etc.), normalmente aquél al que se da mayor énfasis. Sin embargo, el hecho de que se escojan los conceptos o los procedimientos como eje de la secuenciación no significa que no se hayan de tener en cuenta los otros contenidos, sino simplemente que estos no se secuencian. Así, por ejemplo, si se escogen los conceptos como eje secuenciador, muchos procesos se integran en función de las actividades que se seleccionan, y muchos aspectos actitudinales resultan de la consideración de las actividades prácticas y de las aplicaciones prácticas de la ciencia que se abordan.

Sin embargo, esta forma de proceder tiene el peligro de dar excesivo énfasis al contenido que se toma como secuenciador, en detrimento de los otros tipos de contenidos. Para evitarlo puede resultar adecuado disponer de una lista en paralelo de los diferentes tipos de contenidos: conceptos, hechos, aplicaciones a la vida cotidiana, procedimientos, actitudes, etc. e ir completándola a medida que se avanza en la selección y secuenciación de los contenidos y de las actividades. De esta forma podemos asegurarnos que estamos diseñando la unidad de forma equilibrada.

Una vez escogido el contenido secuenciador, los criterios de secuenciación pueden ser variados: criterios de la lógica disciplinar, criterios psicológicos, criterios de proximidad a las concepciones previas de los alumnos, etc. La investigación en didáctica de las ciencias todavía ha de avanzar mucho para establecer la lógica sobre la que debemos basarnos para secuenciar los contenidos. Seguramente una buena programación deberá tener en cuenta los tres criterios: psicológicos, sociológicos y disciplinares.

Actividad 2

Propón una secuenciación de una de las siguientes áreas conceptuales y da argumentos en favor de tu decisión.

- Clasificación de la materia:** Materia, mezcla, sustancia pura, materia homogénea, materia heterogénea, disolución, elemento y compuesto.
- Energía:** Energía, calor y trabajo como formas de transferir energía, conservación de la energía (térmica, eléctrica, mecánica, química, nuclear, etc.), transformación de la energía, energía cinética y energía potencial.
- Reproducción:** Reproducción asexual y reproducción sexual, continuidad genética, variabilidad, células sexuales, cromosomas, meiosis, fecundación, cigoto, desarrollo.
- Dinámica geológica:** Agentes geológicos externos, meteorización, erosión, transporte, sedimentación, modelado del relieve, litogénesis, tectónica, orogénesis.

La secuenciación de los contenidos viene también condicionada por la aproximación didáctica que se adopta. El diferente papel que se hace jugar a la experiencia y a las teorías (exposición de teorías científicas y realización de experiencias, como comprobación de las teorías; o bien, conceptualización e interpretación de la experiencia y elaboración progresiva de modelos y teorías) implica formas de secuenciación diferentes. Por ejemplo, la secuenciación de conceptos como átomo, ión, sólido iónico y electrolito es muy diferente si adoptamos una aproximación deductiva a partir del conocimiento de la estructura interna del átomo, o si adoptamos una aproximación constructivista siguiendo la evolución histórica del concepto ión (Caamaño *et al.*, 1983).

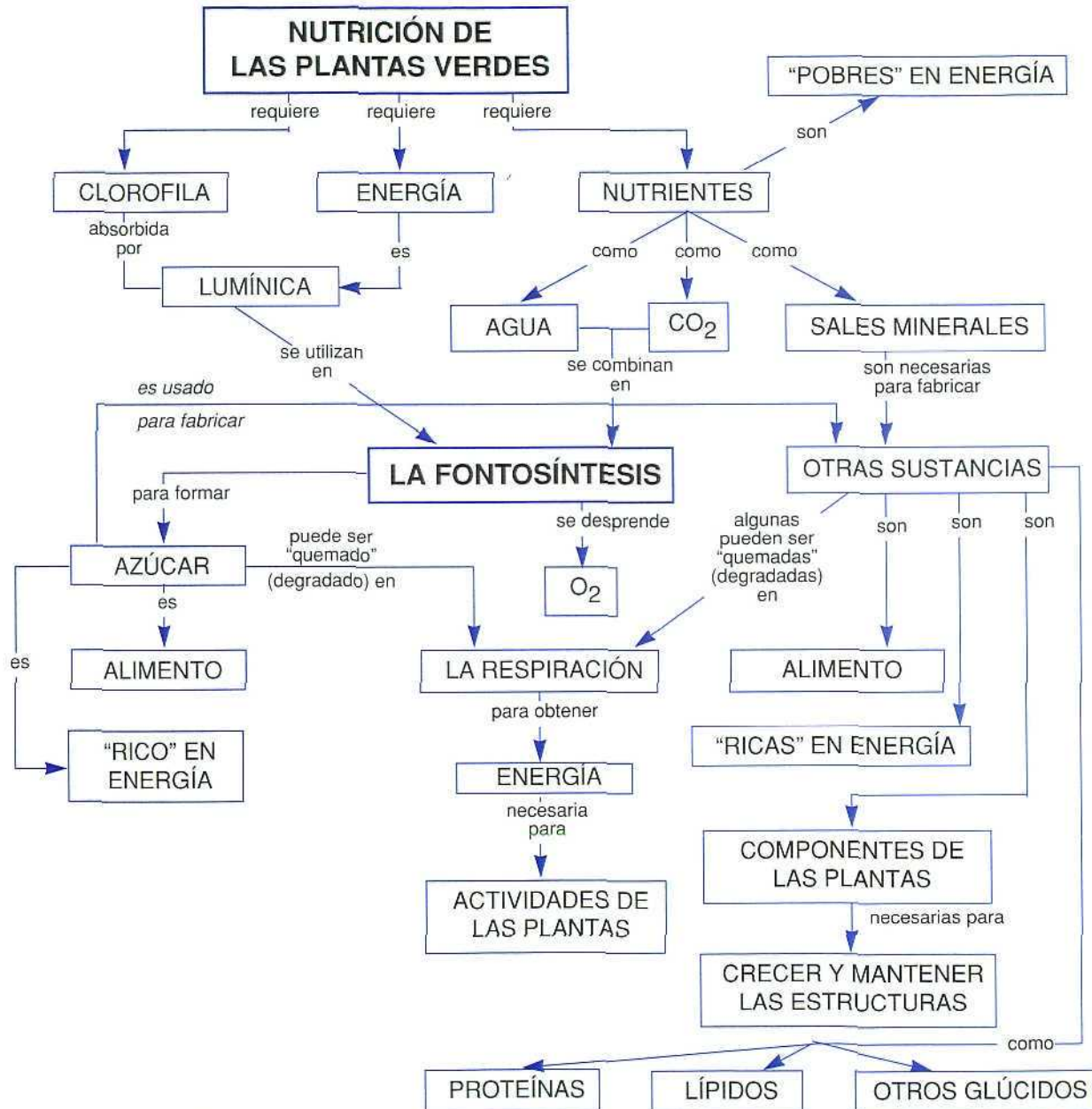
El *cuadro 2* muestra los criterios de selección y *secuenciación* de los contenidos.



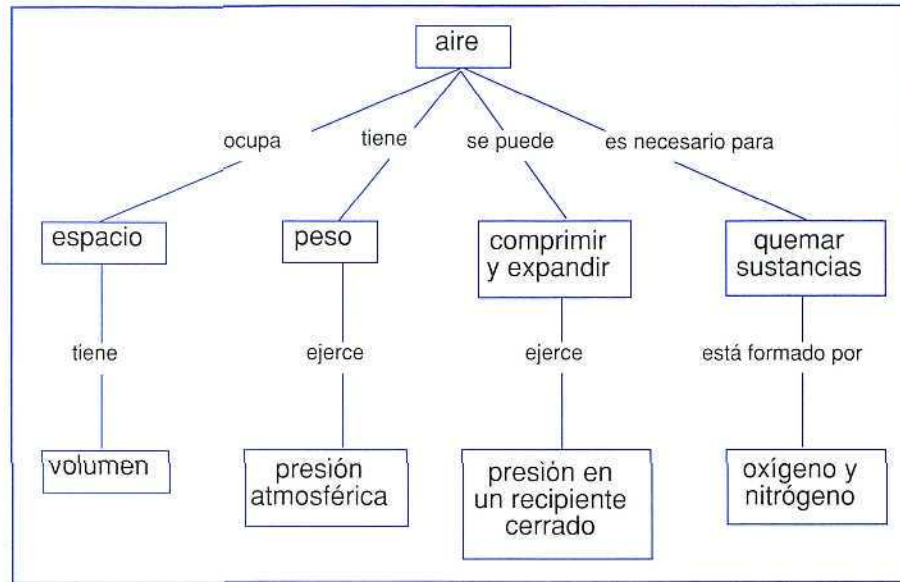
Cuadro 2. Criterios de selección y secuenciación de contenidos

Para la organización de los contenidos conceptuales, resulta de utilidad la confección de **mapas conceptuales** que relacionan las ideas que se van a desarrollar en la Unidad Didáctica. Dichos mapas pueden servir como marco de referencia al profesor a la hora de programar las actividades, y proporcionar a los alumnos una visión global de lo que van a trabajar. Constituyen también un sistema para relacionar las distintas actividades y atribuirles significados a lo largo del desarrollo de la unidad.

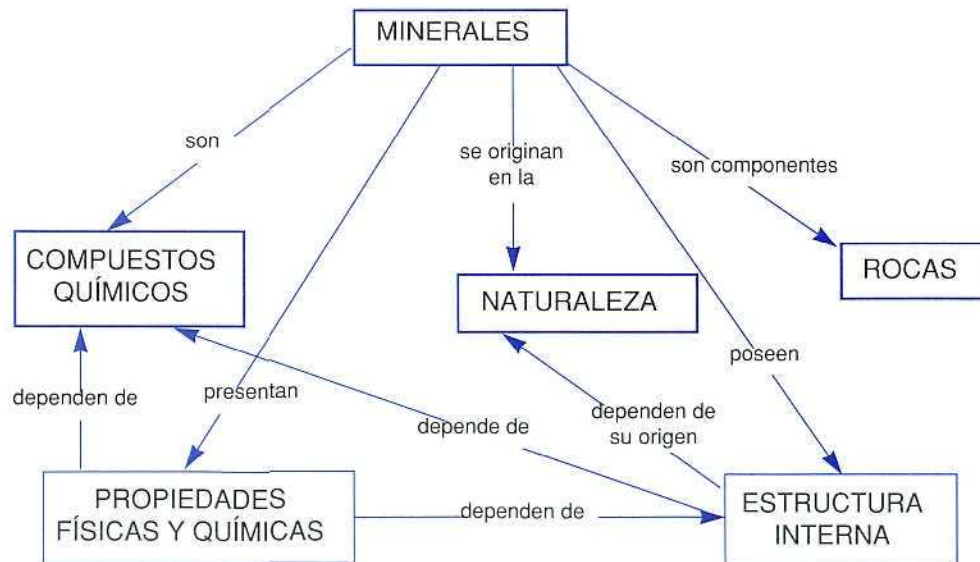
Los cuadros 3, 4 y 5 son ejemplos de mapas conceptuales.



Cuadro 3. Mapa conceptual con conceptos sobre la Nutrición de las plantas verdes



Cuadro 4. Mapa conceptual sobre el aire



Cuadro 5. Los minerales. Mapa conceptual

Actividad 3

Realizar un mapa conceptual con los conceptos del área elegida en la actividad 2.

Los objetivos de la Unidad Didáctica han de entenderse como una forma de precisar la finalidad con que se abordan los contenidos de tipo conceptual, procedimental y actitudinal, de la unidad. No tiene sentido, por tanto, especificarlos independientemente de los contenidos seleccionados.

Así pues, en el esquema de la unidad será preciso pensar a la vez en los contenidos y en los objetivos, sin pretender establecer una relación exhaustiva en un primer momento. Pues es evidente que la reflexión sobre las actividades diseñadas posteriormente permitirá concretar y ampliar esta relación inicial de objetivos, sobre todo de aquellos relacionados con el tipo de contenidos que no se ha tomado como eje secuenciador.

Una disposición gráfica que permite explicitar este carácter simultáneo de ambos elementos es la siguiente:

contenidos	objetivos
— conceptos, hechos, etc.	—
	—
	—
— procedimientos	—
	—
	—
— actitudes	—

Las actividades de aprendizaje

Una vez seleccionados los contenidos, los profesores deben diseñar las actividades para que dichos contenidos sean construidos y adquiridos, entendiendo por actividades *todo el conjunto de acciones con coherencia interna a realizar por el profesor y los alumnos*.

Las recientes investigaciones en didáctica de las Ciencias señalan que más que concebir la programación como un conjunto de conceptos y habilidades debe concebirse como una secuencia de actividades a través de las cuales dichos conocimientos pueden ser construidos y adquiridos (Driver y Oldham, 1986; Gil y Martínez, 1987; Driver, 1988).

Tipos de actividades

La complejidad del proceso de aprendizaje de los contenidos científicos hace necesaria la utilización de estrategias y de recursos didácticos diversos. Parece claro que no hay una "receta" de uso indiscriminado y que resulte efi-

caz. En el diseño de las Unidades Didácticas se utiliza una variedad de actividades que permiten cubrir distintos objetivos didácticos.

Actividad 4

Haz un listado de todas las actividades de aprendizaje que pueden usarse en la enseñanza de las ciencias.

Señalamos a continuación algunas actividades que pueden utilizarse destacando el papel que pueden cumplir.

Torbellino de ideas

La ventaja de este tipo de actividad es que permite obtener un gran número de ideas sobre un tema en poco tiempo. Se puede iniciar la actividad, una vez presentado el tema, planteando una pregunta. Por ejemplo, “**¿En qué consiste la erosión?, ¿por qué se produce?**”

El torbellino de ideas se puede realizar de forma rotatoria dando oportunidad a todos los alumnos para expresar sus ideas, **nunca se debe rechazar ninguna contribución.**

Posters

Los posters permiten a los alumnos presentar sus ideas de forma sencilla y fácilmente inteligible para sus compañeros. Les obliga a negociar el contenido y proporciona, por tanto, un buen recurso para centrar la discusión (aunque se les permita presentar posters distintos si no hay acuerdo).

Por otra parte, los posters constituyen un material que se puede revisar con rapidez.

¿Cómo se formaron las montañas? Laura 13 años

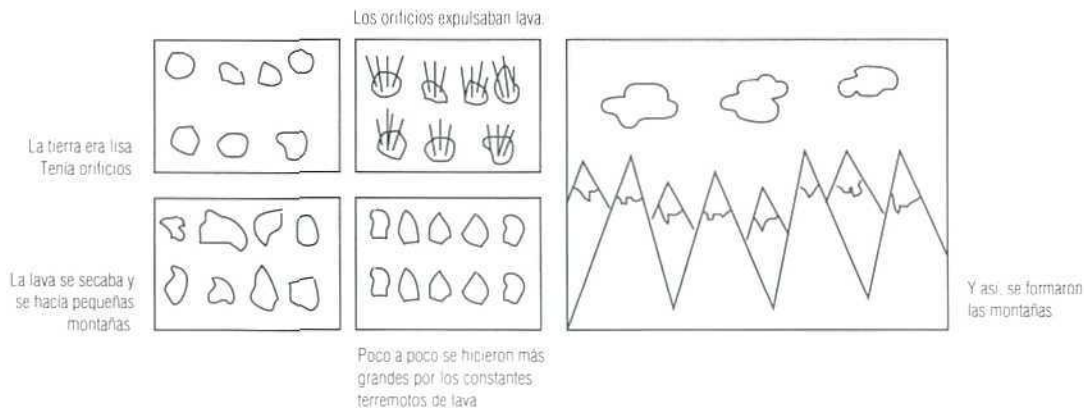


Figura 1. Posters elaborados por alumnos de 8.º de E. G. B. para presentar sus ideas sobre la formación de las montañas

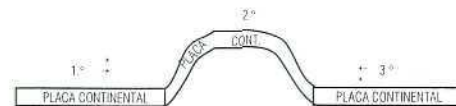
¿Cómo se formaron las montañas? Iván

POR PLEGAMIENTOS

Primero, ¿QUE ES LA DERIVA CONTINENTAL? La deriva continental, es, o son unos movimientos muy, muy pequeños de los continentes en un largo periodo de tiempo, por ejemplo, en un centímetro cada quinientos años.



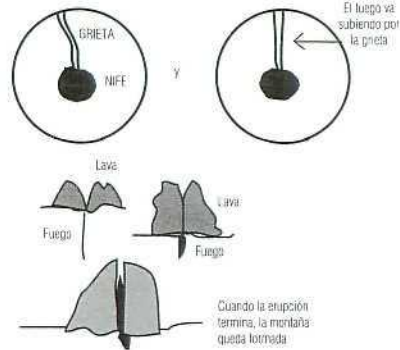
Aquí hay tres placas continentales, pero la primera, se mueve hacia la derecha.



¿Qué ha ocurrido? pues que la segunda placa se ha elevado por el empuje de las otras dos placas.

POR LOS VOLCANES

En el centro de la tierra hay fuego, este círculo de fuego se llama NIFE.



POR HUNDIMIENTO

Puede ocurrir que por alguna causa, un terremoto o un hundimiento, pase lo siguiente:



(Continuación) **Figura 1.** Posters elaborados por alumnos de 8.º de E. G. B. para presentar sus ideas sobre la formación de las montañas.

Mapas conceptuales

Los mapas conceptuales son diagramas bidimensionales que indican relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos por palabras (palabras de enlace) para formar una unidad semántica.

Los mapas conceptuales deben ser jerárquicos. La jerarquía implica que los conceptos más generales e inclusivos deben situarse en la parte superior del mapa y los conceptos progresivamente más específicos y menos inclusivos, en la parte inferior.

Aplicaciones educativas de los mapas conceptuales:

Ya se ha visto la utilidad de los mapas conceptuales para programar los contenidos de la Unidad Didáctica. Según Novak (Novak, 1988) otras aplicaciones de los mapas conceptuales son:

1. Sirven como instrumento de exploración de las ideas de los alumnos.
2. Son útiles para la extracción del significado de textos y en el trabajo de laboratorio y de campo:
 - La organización jerárquica de los mapas conceptuales modela el significado de las ideas que contiene el texto;
 - permiten repasar fácilmente la información presentada;
 - ayudan a identificar conceptos y relaciones claves;
 - contribuyen a saber interpretar los objetos y acontecimientos observados;
 - contribuyen a que los alumnos obtengan conocimientos significativos a partir de experiencias personales.

3. Permiten investigar cambios en la estructura conceptual durante la instrucción:

- ponen de manifiesto las relaciones erróneas;
- ayudan a reconocer y valorar el cambio conceptual.

Estas aplicaciones de los mapas conceptuales explican su creciente utilización como instrumentos para la organización del currículo y la planificación de la enseñanza (mapas realizados por los profesores) y como actividades de aprendizaje (mapas realizados por los alumnos).

Para iniciar a los alumnos en la elaboración de mapas conceptuales, Novak en su libro *Aprendiendo a aprender* propone estrategias adecuadas a los distintos niveles de enseñanza. Las estrategias para introducir los mapas conceptuales en la enseñanza secundaria son:

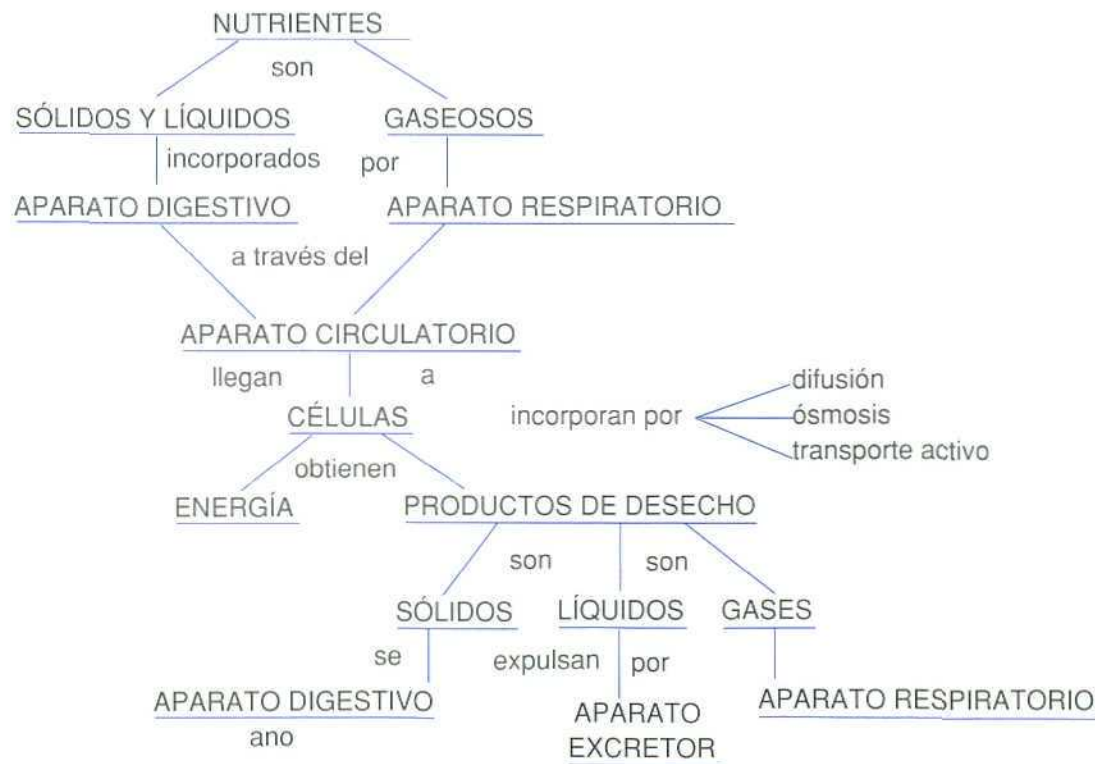
A. Actividades previas a la elaboración de mapas conceptuales

1. Preparar una lista con nombres de objetos y otra de acontecimientos que resulten conocidos de los alumnos y presentárselas. Preguntarles si son capaces de decir en qué se diferencian las dos listas.
2. Pedir a los alumnos que describan los que piensan cuando oyen las palabras que designan los objetos o acontecimientos. Presentar la noción de *concepto* como *regularidad en los acontecimientos y en los objetos*.
3. Nombrar *palabras de enlace* e indicar que dichas palabras se utilizan conjuntamente con los conceptos para formar frases que tengan significado.
4. Escribir en la pizarra frases cortas formadas por dos conceptos y una o varias palabras de enlace.
5. Pedir a los alumnos que formen una cuantas frases cortas y que identifiquen las palabras de enlace y los términos conceptuales.
6. Elegir una página de un texto que transmita un mensaje concreto y pedir a los alumnos que:
 - Identifiquen los principales conceptos (generalmente hay entre 10 y 20 conceptos relevantes en una página).
 - Anoten algunas palabras de enlace.
 - Anoten los términos conceptuales de menor importancia.

B. Actividades de elaboración de mapas conceptuales

1. Elegir uno o dos párrafos de un libro de texto o de cualquier material impreso. Pedir a los alumnos que seleccionen los conceptos más importantes y hagan una lista de ellos. Debatir sobre cuál es el concepto más importante.
2. Colocar el concepto más inclusivo al principio de la lista y ordenar el resto de los conceptos de mayor a menor generalidad o inclusividad.
3. Elaborar el mapa conceptual empleando la lista ordenada de conceptos, conectándolos con líneas y eligiendo las palabras de enlace apropiadas para formar proposiciones.

4. Buscar relaciones cruzadas entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte del "árbol conceptual".
5. Rehacer el mapa si tiene mala simetría o presenta conceptos con localización deficiente respecto a otros conceptos.
6. Valorar los mapas conceptuales teniendo en cuenta:
 - Relaciones (proposiciones).
 - Jerarquía.
 - Conexiones cruzadas.
 - Ejemplos.
7. Señalar los posibles cambios estructurales que pudieran mejorar el significado del mapa.



Cuadro 6. Mapa conceptual elaborado por alumnas de 3.º de B. U. P. sobre la Nutrición humana

Debates

Estimulan en los alumnos el examen de sus ideas individuales y los familiarizan con las ideas de sus compañeros. La discusión ayuda a los estudiantes a desarrollar una conciencia de la fortaleza o debilidad de sus propias ideas, y a apreciar que las personas pueden tener diferentes puntos de vista respecto de un mismo asunto.

Contribuyen a crear un clima adecuado de aprendizaje. Hablar de las ideas científicas unos con otros, y aplicarlas en nuevos contextos, ayuda a los alumnos a ganar confianza en el manejo de dichas ideas.

Favorecen el desarrollo de la expresión oral.

Ejemplos:

1. A raíz de los altos grados de contaminación atmosférica, un número anormalmente elevado de casos de problemas respiratorios y cardiovasculares fueron atendidos en los hospitales de la ciudad.

¿En qué consiste la contaminación atmosférica? ¿Cuáles son sus causas?

(Tomado de Unesco y OEI, 1989)

2. Un experto ha sugerido que las causas de las enfermedades cardíacas son debidas a:

Tipo de vida (estrés, dieta, fumar, etc.)	55%
Congénitas (desarrolladas antes del nacimiento).....	3%
Otras	42%

En otras palabras, una gran cantidad de enfermedades cardíacas podrían ser evitadas llevando una vida más sana.

El coste de una unidad para enfermos cardíacos es muy elevado. **¿Piensas que está justificado, teniendo en cuenta que la mayoría de dolencias cardíacas son debidas al tipo de vida?** *(Proyecto SATIS, 1986).*

Los debates han de estar bien estructurados y con un desarrollo pactado y por lo tanto fijados previamente. Según el tipo de tarea se trabajará en pequeño grupo (cuatro, cinco alumnos) o en gran grupo (la clase entera).

Algunas recomendaciones para organizar los debates (citadas en el proyecto SATIS).

- Trabajar con grupos pequeños es a menudo el modo más efectivo de iniciar un debate. Se puede comenzar la discusión en pequeños grupos y luego realizar una puesta en común en la que los grupos compartan sus ideas.
- Es importante la disposición de los alumnos en la clase. Se debe procurar adoptar una disposición que facilite la comunicación, siempre que sea posible los grupos deben ser colocados de modo que cualquiera pueda ver a cualquier otro.
- Los debates difícilmente van bien sin una motivación inicial. Como fuentes motivadoras pueden utilizarse noticias de prensa, programas de televisión recientes, una opinión del profesor, etc.

-
- Es difícil promover un debate sobre generalidades abstractas. Debe empezarse con aspectos específicos y concretos para después ampliarlo a lo más general. Puede ser de utilidad a los alumnos escribir sus puntos de vista sobre una o dos cuestiones específicas al principio. Esto les da tiempo para pensar, y es útil a los más tímidos o a los menos estructurados.
 - Es importante conseguir una atmósfera adecuada. El profesor necesita ser sensible a los sentimientos de los estudiantes, intentar proteger las opiniones minoritarias y animar a los estudiantes más tímidos.
 - El papel del profesor es muy importante. Es necesario que evite dominar el debate, ya que sus puntos de vista tienen un peso desproporcionado. Debe intentar dar confianza y hacer intervenir a los alumnos más retraídos.

Trabajos prácticos

Los trabajos prácticos son una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias experimentales al poder ser programados como una forma de adquirir conocimiento vivencial de los fenómenos naturales, como un soporte para la comprensión de conceptos y teorías, como un medio de desarrollar habilidades prácticas y aprender técnicas de laboratorio, y como una forma de aprender y practicar los procesos y las estrategias de investigación propios de la metodología científica.

Los diferentes tipos de trabajos prácticos que se pueden caracterizar (experiencias, experimentos ilustrativos, experimentos de contrastación de hipótesis, ejercicios prácticos, investigaciones, etc.) y las formas de abordar estas actividades se describen con detalle en el módulo de didáctica de las Ciencias.

Es conveniente utilizar una variedad de trabajos prácticos, dados sus diferentes objetivos. Sin embargo, no debemos olvidar que la situación actual se caracteriza en general por un predominio de los trabajos prácticos tipo ejercicio de carácter cerrado (se conoce el resultado, no se plantean problemas a resolver, se dan instrucciones detalladas sobre el proceso a seguir, etc.). En consecuencia una planificación equilibrada de las actividades prácticas requiere la incorporación de un mayor número de actividades investigativas. Conviene también diseñar estas investigaciones, siempre que sea posible, en un contexto de la vida cotidiana. Ello da lugar a que el alumno les vea mayor sentido y funcionalidad y como consecuencia se sienta más implicado en su resolución.

Muchas veces este mayor equilibrio en la programación de las actividades prácticas puede conseguirse modificando actividades que ya se vienen realizando. De hecho, un mismo trabajo práctico puede plantearse como una experiencia, un ejercicio, un experimento ilustrativo, un experimento para establecer leyes o contrastar hipótesis o una investigación para resolver un problema teórico o un problema práctico. Basta pensar el objetivo fundamental que pretendemos y replantear el trabajo práctico y nuestra intervención en la forma adecuada.

Resolución de problemas

La resolución de problemas es otra de las actividades que ocupa una posición central en el currículo de ciencias. Un problema es en su acepción más simple, una cuestión que se trata de resolver.

La forma tradicional de enseñar a resolver problemas consiste en mostrar el camino de resolución y practicar con otros casos similares hasta que resulten familiares a los alumnos. Este tipo de problemas son en realidad ejercicios.

Sin menospreciar el papel que la resolución de ejercicios juega en el aprendizaje de habilidades y técnicas que constituyen la base para la resolución de problemas más complejos, creemos que la enseñanza de actividades de resolución de problemas no puede limitarse a enseñar cómo conseguir una respuesta adecuada siguiendo un camino rutinario. Deben introducirse actividades de resolución de problemas que den ocasión a que los alumnos se planteen los problemas e intenten desarrollar sus propias estrategias de resolución, es decir, que los aborden como actividades de investigación. Y debe procurarse que muchos problemas se planteen en un contexto de la vida cotidiana, es decir, que correspondan a problemas reales.

El módulo de didáctica analiza con mayor profundidad los diferentes tipos de problemas que pueden proponerse y la forma de abordar su enseñanza.

Itinerarios y visitas

Son *actividades muy diversas*, cuya finalidad es dar oportunidad a los alumnos de tener experiencias directas con el medio que nos rodea.

Un itinerario es una ruta preestablecida por el campo, generalmente acompañado por una guía escrita. Aunque el origen de estas actividades está en el trabajo biológico y geológico, su utilización se ha extendido a todos los campos de la educación científica, usando el entorno cercano a la escuela sea urbano o rural.

Ejemplo: Un itinerario químico (Proyecto SATIS)

Este itinerario, realizado por una escuela de Londres, pretende mostrar el alcance de los cambios químicos que los alumnos pueden observar fácilmente en un entorno urbano. Alguna de las paradas que se pueden realizar en la salida son las siguientes:

Hormigón

La mayoría de escuelas pueden encontrar ejemplos de hormigón o cemento cercanos, pero la química del cemento es complicada, solo se pueden explicar algunas cosas sencillas. Por ejemplo, el agua de lluvia expulsa del hormigón el hidróxido de calcio resultando una solución alcalina. En contacto con el aire esta solución reacciona con el dióxido de carbono, formando las estalactitas (carbonato de calcio). No es difícil ver estas pequeñas estalactitas debajo de los puentes etc.

Otros materiales de construcción

Caliza, mármol y creta son materiales bastante comunes y en edificios antiguos se puede ver el efecto de la lluvia ácida, en forma de erosión y formando un depósito de sulfato de calcio. La arenisca es particularmente sensible al ataque por la lluvia ácida. El típico color rojo de los ladrillos es debido al óxido de hierro (III), pero los azules grisáceos están cocidos bajo condiciones reductoras resultando hierro (II) en vez de hierro (III). En ladrillos porosos a menudo se ven signos de congelación debido al agua que penetra por los poros. Los materiales no porosos, como el granito no tienen este problema.

Polución

Normalmente la polución del aire está controlada por las autoridades locales, quienes dan información a las escuelas. Las cifras dadas se relacionan con los efectos visibles de la polución: edificios ennegrecidos, etc.

Corrosión

Hay cantidad de ejemplos de corrosión, principalmente oxidaciones. Los metales no ferrosos también se corroen: la verde capa del cobre, las tuberías, etc.

Piscinas

Sorprendentemente hay mucha información química relacionada con las piscinas. La cantidad de cloro en el agua baja el pH, y se compensa añadiendo carbonato de sodio. El pH se controla con indicadores tales como el rojo de fenol.

Otros puntos en el itinerario

Busca diferentes tipos de plásticos. ¿Para qué se usan y por qué?

Pinturas y pigmentos es otro tema. El asfalto: ¿qué es? El cambio de pigmentos de las hojas en otoño etc.

Cualquier tema que esté a nuestro alcance puede ser interesante

Las visitas a fábricas, depuradoras de aguas, centrales eléctricas, centros sanitarios, canteras, granjas, etc. pueden servir para enseñar a los alumnos las aplicaciones de la ciencia al mundo real.

La salidas y visitas deben integrarse con el trabajo precedente y posterior en el aula. Un itinerario o una visita debe prepararse previamente, el profesor tiene que haber realizado la visita o la ruta con anterioridad para poder prepararla con sus alumnos: planteamiento de problemas, discusión del plan de trabajo y lectura de la documentación previa. El trabajo posterior a la visita consistirá en el análisis de informaciones y datos reunidos y en la reflexión sobre lo estudiado.

Búsqueda de información

El alumno, bien individualmente o en grupo, debe buscar información sobre el tema que está, trabajando. La búsqueda puede ser bibliográfica, oral (realización de entrevistas), audiovisual, etc. La información reunida en esta actividad sirve para realizar las actividades posteriores.

AUDIOVISUALES

La utilización de vídeos o diapositivas puede ser múltiple. Como actividad inicial, puede servir para que los alumnos manifiesten sus conocimientos de partida: Se puede pedir a los alumnos que pongan pie —o hagan breves comentarios— a fotografías o diapositivas. O se les pasa un vídeo sin sonido, y se les pide que escriban un

texto para explicar lo que han visto. Se puede pasar posteriormente el vídeo con sonido para que pongan de manifiesto las posibles contradicciones y comenzar a trabajar a partir de ellas (San Valero, 1987).

Las actividades con vídeos y diapositivas pueden completar los itinerarios o los trabajos de investigación, también pueden ayudar a relacionar la ciencia con el mundo exterior.

El profesor deberá tomar precauciones para que los alumnos tomen parte activa en la realización de estas actividades y evitar que “se sienten a ver la película” mediante la utilización de cuestionarios, guiones de trabajo, etc.

Juegos de simulación/representación de roles

Son reproducciones simplificadas de acontecimientos de la vida real en las que los alumnos pasan a ser “actores” de la situación, enfrentándose a la necesidad de tomar decisiones y de valorar sus resultados. Este tipo de actividades no ha sido muy común en las clases de ciencias, pero los profesores de otras áreas le reconocen una serie de ventajas. Según Martín (1983), los juegos de simulación:

- permiten a los alumnos explorar distintas estrategias de solución de problemas,
- les obligan a analizar las relaciones causa-efecto entre sus decisiones y las consecuencias que éstas producen,
- facilitan la comprensión de los procesos complejos,
- favorecen la interacción entre los alumnos, estimulando la cooperación entre ellos y la necesidad de apreciar puntos de vistas diferentes a los suyos,
- pueden tener un carácter interdisciplinar, ya que ofrecen una perspectiva integrada de la realidad.

Los juegos de simulación pueden utilizarse en cualquier fase de la secuencia de actividades (Santisteban, 1990):

- Como elemento motivador para introducir una materia nueva.
- Como actividad que favorezca la integración de las nuevas informaciones en la red conceptual de los alumnos.
- Como síntesis o recapitulación al final de una Unidad Didáctica.

Ejemplo: Juego de simulación sobre la contaminación atmosférica.

El alcalde reúne a los representantes de los grupos considerados involucrados en el problema y en la solución: asociación de chóferes de autobuses y de taxis, industriales, médicos, policía de tránsito.

Se presentan los diferentes argumentos y las proposiciones.

Discusión en pleno

(Tomado de Unesco y OEI, (1989)).

Puntos a considerar cuando se utiliza la representación de roles, según el proyecto SATIS:

- El procedimiento a seguir debe ser claramente explicado antes de comenzar el ejercicio.
- Debe disponerse la clase de tal manera que todos los alumnos puedan verse.
- Los roles deben ser cuidadosamente seleccionados para que las diferentes opiniones estén representadas de forma equilibrada.
- Frecuentemente es una buena idea que haya dos alumnos como mínimo por rol. Esto ayuda a darles confianza, los alumnos pueden dividir la intervención entre ambos.
- Hay que asegurarse que los alumnos tienen tiempo suficiente para investigar sobre sus papeles y prepararlos.
- Debe haber un tiempo máximo para cada intervención, dos o tres minutos pueden ser suficientes. Muchos alumnos representan mejor su papel si lo han escrito con anterioridad.
- Es útil que se pregunte a los participantes después de su intervención. El profesor puede formular preguntas, pero debe tener cuidado de no dominar.
- El trabajo de seguimiento posterior es esencial. Debe permitirse que los alumnos discutan el tema fuera de su papel, y expresar su opinión sobre lo que ha sido el ejercicio. Puede ser útil un resumen final por parte del profesor.

Textos de Ciencia-Ficción

Según el Grupo "Alkali" (1985, 1986, 1990), la utilización de la ciencia-ficción, bien de textos publicados o de historias inventadas por los alumnos o por el profesor, ofrece la posibilidad de:

- detectar las ideas previas de los alumnos,
- contrastar las ideas personales con los conocimientos científicos,
- plantear problemas abiertos, proporcionando un marco ficticio donde imaginar los hechos, analizar los conceptos y probar los principios,
- desarrollar la capacidad de imaginar situaciones hipotéticas y de extrapolar a ellas los conocimientos científicos,
- familiarizarlos con el cálculo estimativo de magnitudes,
- habituar a los alumnos a la lectura comprensiva y a la expresión oral y escrita,
- favorecer actitudes positivas hacia la Ciencia.

Ejemplo

EL CASO DEL SR. PYECRAFT Y LA ESTÁTICA DE FLUIDOS (GRUPO ALKALI)

El tema de este cuento, La verdad sobre el caso Pyecraft, es el siguiente: un hombre muy grueso quería, fuera como fuera, deshacerse de su obesidad. El narrador poseía, al parecer, una receta maravillosa que tenía la propiedad de aligerar a las personas gruesas de su excesivo peso. El gordinflón le pidió esta receta y comenzó a

tomar la medicina. Pasó algún tiempo y el narrador fue a ver a su amigo. LLamó a su puerta y presencié una serie de acontecimientos tan sorprendentes e inesperados como los siguientes:

“La puerta tardó en abrirse. Oí cómo giraba la llave y después cómo la voz de Pyecraft decía:

—Entre.

Le di la vuelta al tirador de la puerta y abrí. Yo, como es natural, esperaba ver a Pyecraft.

Pero... ¡no había nadie! El despacho estaba desordenado: Platos grandes y chicos, estaban mezclados con los libros y objetos de escritorio; había varias sillas tiradas en el suelo, pero... Pyecraft no estaba.

—¡Estoy aquí, viejo! ¡Cierra la puerta! —dijo su voz. Y fue entonces cuando logré encontrarlo.

Estaba en la misma cornisa, en el ángulo que había junto a la puerta, lo mismo que si alguien lo hubiera pegado al techo. Su cara estaba seria y reflejaba pánico.

—Como ceda algo, Pyecraft, caerá usted y se romperá el pescuezo —dije yo.

—Esta gimnasia no es para un hombre de sus años y de su complexión. Pero, ¿cómo diablos está usted ahí sujeto? —le pregunté.

En este momento me di cuenta de que no estaba sujeto, sino que flotaba allí arriba lo mismo que un globo lleno de gas.

Él se esforzaba por separarse del techo y poder arrastrarse por la pared, para acercarse a mí. Se cogió al marco de un cuadro, pero éste cedió y él volvió hacia el techo. Chocó con él, y entonces comprendí por qué tenía manchadas de cal todas las partes sobresalientes de su cuerpo. Con gran precaución, volvió a intentar el descenso valiéndose de la chimenea.

—Esta medicina —cuchicheó— es demasiado fuerte. He perdido el peso casi por completo.

Todo quedó claro para mí.

—¡Pyecraft! —le dije. A usted lo que le hacía falta era una medicina para adelgazar, pero como siempre hablaba de su peso... Espere usted, le ayudaré —dije yo—, y cogiendo al desdichado por una mano, tiré hacia abajo.

Él empezó a danzar por la habitación, intentando afirmarse en algún sitio. ¡Era un espectáculo curioso!. Yo sentía algo así, como si quisiera sujetar una vela en día de viento.

Le dije que debería adaptarse a su nueva situación y le insinué, que no le sería difícil acostumbrarse a andar por el techo con las manos.

—Yo no puedo dormir —se quejó él.

Le indiqué, que se le podía sujetar al somier con un colchón blando, atar a éste toda la ropa inferior de la cama con unas cintas y abrocharle por los costados la manta y la sábana.

Pusimos una escalera en la habitación y todos los alimentos se los ponían encima de un armario de la biblioteca. Descubrimos también un ingenioso procedimiento, gracias al cual Pyecraft, podía bajar al suelo cuando quisiera. Consistió en colocar la "Enciclopedia Británica" en el anaquel superior de un estante abierto. El gordinflón sacó al instante un par de tomos, y, con ellos en las manos, descendió al suelo". (Wells, H. G. La Ciencia Ficción de H. G. Wells. Orbis. Barcelona 1987).

Dudas científicas partiendo de la hipótesis fantástica de Wells:

- ¿Qué fuerzas actúan sobre Pyecraft cuando ha perdido peso? (recordad que no está desnudo). Haced un esquema de estas fuerzas.
- Realizad un cálculo estimativo: masa y volumen de Pyecraft, masa de la ropa, densidad del aire, etc.
- ¿Ascenderá Pyecraft en estas condiciones?
- En caso negativo, imaginad situaciones en las que pudiera flotar.
- ¿Cómo es el movimiento que seguiría Pyecraft al coger el libro?

Trabajo escrito

Puede ayudar a los alumnos a identificar y organizar sus propias ideas.

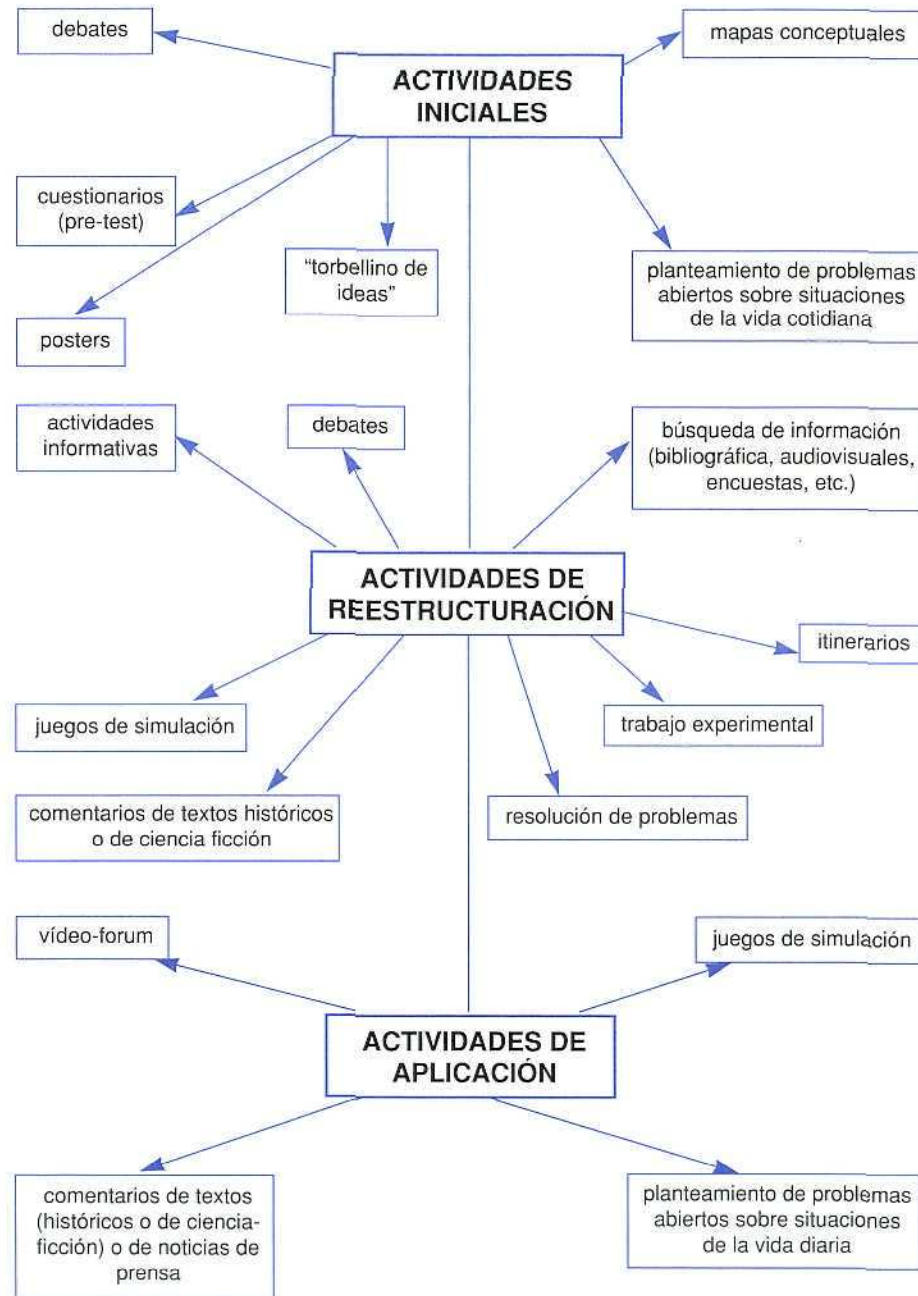
Permite desarrollar la capacidad de expresarse de forma clara y concisa. El profesor debe ayudar a los alumnos a utilizar los términos científicos no sólo correctamente sino con dominio total de su significado.

Los informes de las distintas actividades realizadas y de la evolución de sus ideas obligan a los alumnos a reflexionar sobre las mismas y los hacen conscientes de su propio aprendizaje.

Criterios de selección de las actividades

A la hora de seleccionar actividades de aprendizaje, resulta conveniente tener en cuenta los 12 principios que, según Raths, citado por Stenhouse (1984), deben guiar el diseño de actividades de aprendizaje:

1. En las mismas condiciones una actividad es preferible a otra si da al alumno un papel activo en su realización.
2. ...si le obliga a tomar decisiones razonables respecto a la manera de desarrollar y analizar la conveniencia de su elección.
3. ...si exige al alumno una investigación de ideas, procesos intelectuales, acontecimientos o fenómenos de orden personal o social y le estimula para comprometerse en esta actividad.
4. ...si obliga al alumno a interactuar con su realidad.
5. ...si puede ser realizada por alumnos con distintos niveles de capacidad y con intereses diferentes.



Cuadro 7. Tipos de actividades didácticas

6. ...si obliga al alumno a examinar ideas, conceptos, leyes que ya conoce en nuevos contextos.
7. ...si obliga al alumno a examinar ideas o acontecimientos normalmente aceptados, sin más ni más, por la sociedad.
8. ...si coloca al alumno y a la enseñanza en situaciones de éxito, fracaso o crítica.
9. ...si obliga al alumno a reconsiderar y revisar sus esfuerzos iniciales.
10. ...si obliga a aplicar y a dominar reglas significativas, normas o disciplinas.
11. ...si ofrece la posibilidad de planificarla con otros, participar en su desarrollo y comparar los resultados obtenidos.
12. ...si es relevante para los propósitos y los intereses explícitos de los alumnos.

Actividad 5

Indicar qué otros criterios deberían tenerse en cuenta en la selección de actividades de aprendizaje.

Secuenciación de las actividades

La enseñanza de las ciencias puede concebirse desde tres puntos de vista fundamentales:

- *Como una actividad encaminada a ayudar a los alumnos a elaborar o construir los conceptos científicos que le permitan explicar el mundo físico, químico y biológico que les rodea, partiendo de sus propias concepciones. Esta actividad supone muchas veces un verdadero cambio conceptual.*
- *Como una actividad destinada a la resolución de problemas en contextos diferentes: en el contexto de la ciencia pura, de la ciencia aplicada o en un contexto social. Como dice Larry Laudan (1986) "La ciencia es en esencia una actividad de resolución de problemas... En general, los filósofos de la ciencia han imaginado que podían poner al descubierto la racionalidad de la ciencia, aún ignorando, en sus análisis, el hecho de que las teorías científicas son, normalmente, intentos de resolver problemas empíricos específicos acerca del mundo natural."*
- *Como una actividad que muestra las interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad; haciendo ver que la ciencia no está confinada al laboratorio de la escuela, sino que se manifiesta en todos los aspectos del mundo.*

El tipo de actividades a utilizar y su secuenciación dependerá de los objetivos que se pretendan alcanzar en la Unidad Didáctica y de la orientación de la enseñanza de las ciencias que se desee enfatizar.

- a) *Actividades para la elaboración de conceptos y modelos*

Como ya se ha indicado en el módulo de didáctica, la secuencia de actividades diseñada para partir de las ideas de los alumnos y promover el cambio conceptual, puede estructurarse en el siguiente orden:

- *Actividades de iniciación:*
 - Destinadas a motivar a los alumnos hacia el tema.
 - Emcaminadas a que los alumnos hagan explícitas sus ideas previas.
- *Actividades de reestructuración de ideas:*
 - Actividades para cuestionarse sus propias ideas.
 - Actividades para producir el cambio conceptual.
- *Actividades de aplicación de las nuevas ideas.*
- *Actividades de revisión para que los alumnos se den cuenta del cambio entre sus ideas y las que poseían inicialmente.*

Actividad 6

Escoge un concepto y diseña una secuencia de actividades para su enseñanza y aprendizaje.

b) Actividades para la resolución de un problema o la realización de una investigación

En el capítulo dedicado a los trabajos prácticos y a la resolución de problemas del módulo de Didáctica se han presentado las etapas que caracterizan una investigación:

- Planteamiento del problema.
- Planificación de la investigación.
- Realización.
- Evaluación del resultado.
- Comunicación de la investigación.

Los problemas propuestos pueden enmarcarse en el marco teórico de la asignatura, o bien en un contexto más abierto, de resolución de problemas prácticos, entre los que podemos citar: la construcción de aparatos, la realización de proyectos, etc.

Actividad 7

Escoge un problema a resolver y redacta las actividades que propondrías a los alumnos para guiarles en su realización.

c) *Actividades para tratar un tema de ciencia, tecnología y sociedad*

Una de las virtudes de la orientación C-T-S de la enseñanza de las ciencias es que ofrece ocasiones para practicar un gran número de habilidades de comunicación (discutir, leer, hacer encuestas, redactar informes, escribir cartas, tomar decisiones, etc.). Por otro lado, da oportunidad a los alumnos para aportar sus diferentes puntos de vista, lo que contribuye a un cambio de actitud positivo en la valoración de la asignatura de ciencias.

Para desarrollar este modelo de enseñanza no disponemos de secuencias concretas de actividades, pero sí, en cambio, existe un conjunto de actividades más apropiadas para este enfoque, como por ejemplo: debates, juegos de simulación o de representación de roles, encuestas, itinerarios, visitas, etc.

Actividad 8

Escoge un tema de C-T-S y redacta las actividades que propondrías a los alumnos para trabajarlo.

Organización de la clase y función del profesor

Las actividades se realizarán, según el tipo de tarea, individualmente, en pequeño grupo o en gran grupo; por lo tanto, el profesor debe decidir a la hora de organizar la clase el tipo de agrupamiento y negociarlo con los alumnos.

El trabajo en grupo favorece la interacción entre alumnos y profesores. Según Coll (1984), se puede obtener una mejora significativa en los resultados de aprendizaje cuando existen puntos de vista moderadamente divergentes sobre la tarea a realizar y se produce un conflicto entre los mismos.

Existen dos posibles formas de agrupamiento: el gran grupo (la clase entera) y el pequeño grupo. El agrupamiento que favorece al máximo las interacciones entre los alumnos es el pequeño grupo. Algunas cuestiones que pueden suscitarse a la hora de trabajar con grupos de alumnos son:

¿Cuál es el mejor tamaño de los grupos?

Según Glass y Smith (1978) citados por Aragonés, J. I. “.. el tamaño óptimo de los grupos está entre cuatro y seis miembros. De esta forma se producirán gran número de relaciones interpersonales, sin gastos excesivos de *energía para el mantenimiento del grupo, habrá suficiente diversidad y se sentirán integrados de tal forma que permitan al grupo obtener altos logros en el proceso de aprendizaje*”.

¿Cómo formar los grupos?

San Valero, C. (1987), nombra algunos criterios para formar grupos:

1. El grupo debe favorecer las relaciones entre los alumnos y, por lo tanto,

2. ...no debe discriminar, ni catalogar a los alumnos (chicos-chicas, torpes-listos, conflictivos, etc.);
3. ...ha de fomentar la cooperación;
4. ...ha de favorecer el contacto con el profesor;
5. ...ha de adecuarse a las necesidades de trabajo y al tipo de tareas que se van a realizar;
6. ...ha de permitir el progreso de todos los alumnos, no sólo de los más rápidos o aventajados;
7. ...ha de utilizarse cuando sea necesario, respetando también el trabajo personal en las actividades que exigen reflexión y análisis individual;
8. ...debe tener un carácter indicativo y flexible, cambiándose los integrantes del grupo si se considera necesario para mejorar el trabajo y/o las condiciones afectivas de los alumnos.

¿Cuáles son las funciones del profesor?

Al profesor corresponde:

- Hacer una presentación del tema a los grupos.
- Detallar el trabajo que tiene que desarrollar cada grupo, ya sea común o diferenciado.
- Guiar el trabajo de cada grupo.

¿Cómo ha de informar el grupo de sus resultados a la clase?

Las sesiones de puesta en común son a veces insatisfactorias, porque los estudiantes tienden a dirigir sus observaciones al profesor más que a la clase entera. Existen una serie de alternativas a la puesta en común por exposición; por ejemplo, los grupos pueden resumir sus resultados en un poster o en una transparencia y explicarlo a sus compañeros.

Recursos didácticos

El diseño de actividades de enseñanza y aprendizaje y de evaluación debe tener en cuenta los recursos necesarios, es decir, los instrumentos, objetos, documentos, lugares y personas que son necesarios para el desarrollo de dichas actividades.

Muchos recursos didácticos (material de laboratorio, cartografía, juegos didácticos, esquemas y modelos, material audiovisual) se encuentran en los centros docentes o pueden adquirirse en comercios especializados en material didáctico.

Otros recursos están en el entorno de los alumnos: campo, calle, vivienda (productos de limpieza, alimentos, etc.), comercios (panaderías, supermercados, droguerías, herboristerías, etc.), industrias, instalaciones de servicios (hospitales o ambulatorios, depuradoras de aguas, instalaciones eléctricas o telefónicas, bomberos, etc.), museos, centros de investigación, etc.

Recursos didácticos



Cuadro 8: Recursos didácticos

En la selección de recursos (Olivares, 1987) hay que tener en cuenta una serie de factores:

- Adecuación al objetivo que se desea alcanzar; el empleo del recurso debe estar inserto en una determinada experiencia de aprendizaje cuyos objetivos estarán determinados.
- Adecuación al nivel de maduración de los alumnos.
- Accesibilidad al profesor y a los alumnos; por ejemplo, un itinerario por los alrededores del centro es más accesible que una salida a lugares alejados.
- Calidad; que pueda verse y oírse con claridad, que tengan márgenes controlados de error, etc.
- Costo; que su coste esté en proporción con su rendimiento para el aprendizaje de los alumnos.
- Posibilidad que ofrece para que el alumno sea el artífice de su propio aprendizaje; son mejores los recursos que favorecen la participación activa de los alumnos.

Evaluación

El concepto de evaluación ha sufrido un gran cambio en los últimos tiempos dentro del contexto de la enseñanza: La evaluación ya no tiene exclusivamente la misión de certificar los resultados alcanzados por los alumnos —calificarlos— sino que amplía sus funciones y se considera que debe servir para proporcionar información a los

alumnos sobre su aprendizaje y al profesor sobre su práctica docente. Concebida de esta manera, la evaluación forma parte de una investigación en el aula, debe evaluar todo el proceso de enseñanza y aprendizaje proporcionando los datos que permitan mejorar dicho proceso.



Cuadro 9: Evaluación de la Unidad Didáctica

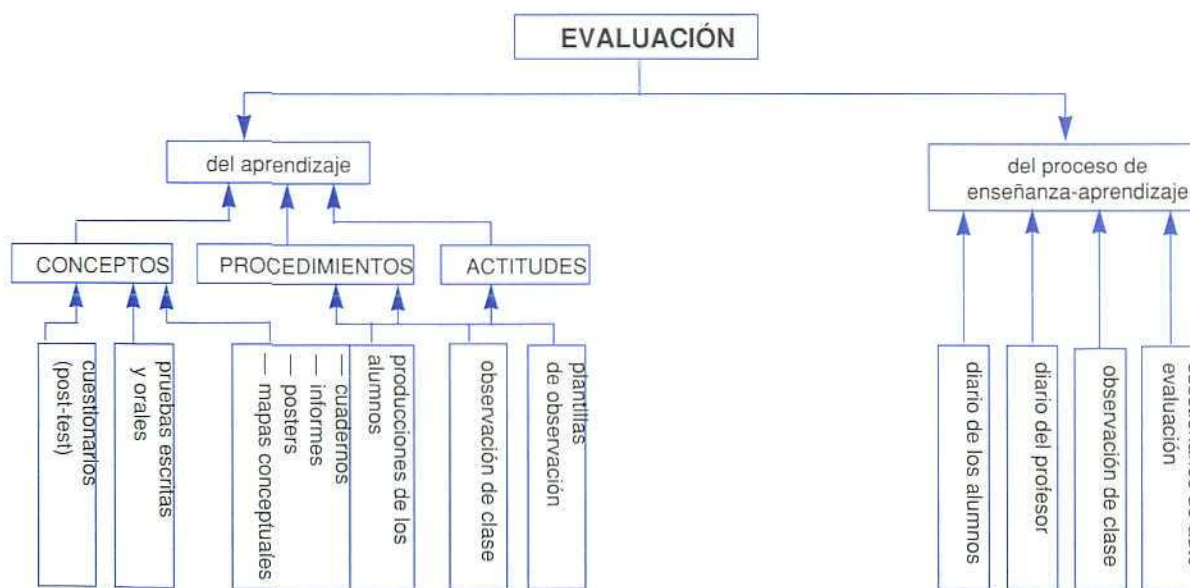
Bajo estos supuestos la labor de evaluación no corresponde únicamente al profesor, sino que deben participar en ella todos los implicados en el proceso: alumnos, profesor y grupo donde se ha producido el aprendizaje.

- El alumno debe hacer una autoevaluación sobre lo aprendido y sobre el proceso que ha seguido en su aprendizaje, entendiendo que el proceso y las técnicas que lo componen entran dentro del mismo aprendizaje a evaluar. Es importante que el alumno sea consciente de su propio aprendizaje, delimite los conceptos adquiridos, los integre en los anteriores y tenga la oportunidad de mejorar los aspectos más débiles del proceso.

- El profesor debe evaluar, por una parte, al alumno (en todos sus aspectos), por otra parte, el proceso seguido en el desarrollo de la unidad y, por otro lado, los distintos elementos de la unidad:
 - Con relación al alumno deberá evaluar y, también calificar, su trabajo, así como los conocimientos que ha adquirido en la unidad presentada;
 - Con relación al grupo deberá evaluar el grado de aceptación que ha tenido el trabajo, el interés que han demostrado en la búsqueda de informaciones complementarias, la participación en las actividades propuestas, etc.;
 - Con relación a la unidad deberá evaluar la dificultad que ha supuesto para los alumnos llegar a un cambio conceptual, la dificultad de su aplicación práctica en el aula, la adecuación del tiempo, la carencia o exceso de materiales y actividades propuestas, el interés que el tema y el trabajo han despertado entre los alumnos, etc.
- El grupo debe valorar de forma colectiva los aspectos que como alumnos individuales han evaluado y, además, lo que tiene que ver con la dinámica que el grupo ha seguido durante el proceso.

Para cada elemento sujeto a examen es aconsejable diseñar distintas actividades y utilizar instrumentos de evaluación complementarios, de forma que la evaluación se acerque lo más posible a la realidad de lo sucedido.

Algunas actividades e instrumentos de evaluación aparecen reflejados en el cuadro 10.



Cuadro 10: Actividades e instrumentos para la evaluación

Actividades de evaluación del aprendizaje de los alumnos

Si al programar la unidad didáctica se consideran contenidos tanto los conceptuales, como los procedimentales y los actitudinales; parece lógico que se diseñen actividades para valorar el aprendizaje de los tres tipos de contenidos. Por otra parte, si no se evalúan los tres tipos de contenidos se corre el riesgo de que no se enseñen o, mejor dicho, que se enseñe solamente un tipo de contenidos.

Actividades para evaluar el aprendizaje de conceptos

Para evaluar la elaboración de conceptos por parte de los alumnos, pueden utilizarse un amplio abanico de actividades, algunas de las cuales pueden cumplir una doble función: servir como actividades de aprendizaje y como actividades de evaluación (actividades *de aplicación*, actividades *de revisión de las nuevas ideas*). Estrategias para evaluar el aprendizaje de conceptos son:

- Si la evaluación ha de favorecer un aprendizaje significativo de los conceptos deberá evitarse evaluar únicamente aquellos aspectos en los que se centran las pruebas escritas habituales, que no son más que una repetición memorística de conocimientos; y resolución de problemas numéricos que constituyen una aplicación repetitiva de algoritmos. Por el contrario debería hacerse un esfuerzo para:
 - Introducir actividades de evaluación formativa a lo largo de todo el proceso de enseñanza y reconducirlo, modificando y diseñando nuevas actividades.
 - Elaborar pruebas evaluativas sumativas que contengan actividades que supongan el uso y aplicación de los conceptos adquiridos a la interpretación de nuevos fenómenos o experiencias y a la resolución de problemas prácticos, que permitan constatar los cambios conceptuales que hayan podido operarse.
 - Diseñar actividades de evaluación que supongan el análisis, comprensión y valoración de aspectos sociales y tecnológicos de las ciencias (análisis de noticias de prensa, valoración de las implicaciones sociales de un avance tecnológico, etc.).

En los trabajos escritos de los alumnos se puede valorar distintos aspectos:

La presentación. Cuestiones a considerar:

- ¿se presenta el trabajo de forma clara?
- ¿ha recogido y anotado en el cuaderno todo el trabajo realizado en el aula/laboratorio/campo, de forma completa y ordenada?
- ¿se indican los pasos seguidos para realizar las actividades?
- ¿se indican las fuentes de información utilizadas?
- ¿es correcta la expresión escrita?
- ¿ha hecho esquemas, gráficas, etc. claros y adecuados para ilustrar lo tratado?

Contenidos. Cuestiones a considerar:

- ¿ha reflexionado el alumno sobre las actividades realizadas?
- ¿el cuaderno contiene sus ideas previas?
- ¿contiene las conclusiones de la puesta en común?
- ¿aplica los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones?
- ¿valora los nuevos conocimientos comparándolos con los iniciales?
- ¿ha realizado alguna de las actividades de aplicación?

Actividades para evaluar el aprendizaje de los procedimientos en las actividades prácticas

Al programar una Unidad Didáctica se han seleccionado una serie de contenidos procedimentales que van a ser trabajados especialmente en dicha unidad, a través de una serie de actividades propuestas. El aprendizaje de dichos procedimientos debe ser evaluado, del mismo modo que se hace con los contenidos conceptuales, con la particularidad de que las actividades apropiadas para el aprendizaje y la evaluación de los procedimientos son actividades prácticas.

Estas actividades pueden ser algunas de las ya programadas con fines de aprendizaje o ser introducidas con fines evaluativos, del mismo modo que, en relación a los contenidos conceptuales, introducíamos actividades para el seguimiento del cambio conceptual de los alumnos.

Si el procedimiento a evaluar ha sido trabajado específicamente en esta unidad por primera vez, se entiende que la evaluación realizada tiene una finalidad más formativa que sumativa. Será necesario repetir la evaluación de este procedimiento más adelante en el curso, como mínimo, en otra ocasión, para disponer de una evaluación con un carácter sumativo.

Dos aproximaciones

En la evaluación de los procedimientos hay que diferenciar dos aproximaciones:

- La aproximación **atómista** en la que se evalúan cada uno de los procedimientos a través de una serie de actividades diseñadas o seleccionadas específicamente a tal fin.
- La aproximación **holística**, en la que se evalúan globalmente los trabajos prácticos propuestos, de carácter investigativo.

Ambas aproximaciones responden de hecho, a dos concepciones sobre el papel de los trabajos prácticos, tal como se ha señalado en el módulo de Didáctica de las Ciencias. En la primera, éstos son vistos como ejercicios para el aprendizaje de determinados procedimientos (prácticos o intelectuales), previos para poder abordar habilidades procesuales más complejas, y, en último término, investigaciones prácticas; en la segunda, como un medio para que el alumno realice investigaciones, en el curso de las cuales aprenderá progresivamente los procedimientos característicos del trabajo científico, a partir de su propia experiencia y del consejo del profesor.

Ambas formas de evaluación pueden hacer referencia a criterios, pero en la primera éstos están más detallados, y llegan a establecerse en concreto para cada ejercicio práctico de evaluación (evaluación ligada); mientras que en la segunda, los criterios son más amplios, y hay un margen mayor para el criterio subjetivo del profesor, basado en su experiencia profesional (evaluación no ligada).

En general se establece un **esquema de evaluación**, que consiste en:

- una **selección de procedimientos** o habilidades que se desean evaluar, de acuerdo con los objetivos procedimentales establecidos para la unidad (o el curso);
- una serie de **criterios** para decidir si el alumno es competente en cada una de las habilidades y en qué grado;
- una **escala de puntuación** asociada a cada nivel de competencia.

Esquemas de evaluación: relación de procedimientos

Los esquemas de evaluación reflejan de hecho la visión más o menos analítica que se tiene de la enseñanza de las ciencias.

A continuación mostramos un ejemplo de esquema de evaluación, claramente analítico, en el que se establecen cuatro procedimientos básicos cuyo aprendizaje está programado a lo largo de todo el curso.

Esquema de evaluación

Procedimientos

A	Seguir instrucciones y empleo de aparatos y materiales.
B	Observación, medición y anotación.
C	Manejo de datos y de observaciones experimentales.
D	Planificación, realización y evaluación de investigaciones.

Cada uno de estos procedimientos puede desglosarse en una serie de habilidades. Por ejemplo, el procedimiento C supone saber:

C1	Recoger los datos de una tabla.
C2	Realizar una representación gráfica.
C3	Extraer conclusiones.

Y el desglose puede proseguir. Por ejemplo, realizar representaciones gráficas correctas supone:

C2.1	Elegir las escalas apropiadas.
C2.2	Dibujar los puntos correctamente.
C2.3	Trazar la mejor línea, etc.

El siguiente esquema de evaluación, correspondiente al *Oxford Certificate of Educational Achievement* (Josephy, R., 1986) parte del principio de que las habilidades no pueden ser practicadas aisladamente, y que sólo tienen sentido como parte de una actividad investigadora global.

Esquema de evaluación

Proceso	Habilidad
Planificar	Diseñar experimentos Establecer y clarificar problemas
Realizar	Observar Manipular Tomar datos
Interpretar	Tratamiento de los datos Hacer inferencias Predecir y explicar
Comunicar	Informar Recibir información

Criterios y escalas de puntuación

Los **criterios** especifican diferentes comportamientos, observables durante la realización del trabajo experimental, correspondientes a diferentes niveles de competencia en la habilidad que se evalúa. A cada comportamiento se le asigna una puntuación.

La diferenciación de comportamientos se realiza en relación a **determinados discriminantes**, tales como el grado de ayuda necesitado, la confianza mostrada en la selección o uso de aparatos, la complejidad de la escala de medida, la exactitud de los resultados, la selección de los procedimientos, el progreso alcanzado en la solución del problema, etc.

Cada habilidad es evaluada según una **escala de puntuación**. Es frecuente considerar para cada habilidad tres niveles de competencia (bajo, intermedio y alto), que pueden hacerse corresponder a las puntuaciones 1, 2 y 3. La puntuación 0 es la adecuada cuando no hay ninguna evidencia de que se haya alcanzado positivamente la habilidad.

Los criterios establecidos y las puntuaciones asignadas para las habilidades del área procedimental **A** del primer esquema de evaluación podrían ser los siguientes:

Habilidad A1: Seguir instrucciones escritas, gráficas u orales

0 puntos	Es incapaz de proceder aún después de habersele dado considerable ayuda.
1 punto	Sigue las instrucciones sólo después de recibir ayuda considerable.
2 puntos	Sigue las instrucciones después de recibir un poco de ayuda.
3 puntos	Sigue las instrucciones sin necesidad de ayuda.

Habilidad A2: Seleccionar los aparatos adecuados para determinada investigación

0 puntos	Muy poca idea del equipo y aparatos de medida que se han de emplear en la investigación.
1 punto	Algunos de los aparatos seleccionados son adecuados para la investigación.
2 puntos	Los aparatos seleccionados permiten hacer la investigación, pero no son los más adecuados.
3 puntos	Selecciona los aparatos más adecuados de investigación.

Puede también utilizarse una escala de 6 puntos en la que las puntuaciones centrales serían 2, 4 y 6. Las puntuaciones 1, 3 y 5 se reservarían para los alumnos que superasen la puntuación anterior, pero no satisficieran completamente el criterio para la puntuación siguiente. Otras escalas también son posibles.

Instrumentos de evaluación

El profesor puede obtener información para la evaluación de las actividades prácticas de tres formas básicamente:

- **observación** del trabajo práctico
- **preguntas** durante la realización del trabajo
- revisión de un **informe escrito**

Aunque es de esperar que la mayor parte de las evaluaciones se lleven a cabo mediante actividades prácticas, no hay inconveniente en utilizar ejercicios escritos para evaluar ciertas habilidades, por ejemplo, la habilidad de un alumno para diseñar una investigación. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que se ha observado (APU, 1984) que el rendimiento de los alumnos al explicar por escrito la planificación de una investigación, o al realizarla a partir de aparatos puestos a su disposición, no son equivalentes.

La habilidad para la realización de experimentos debe evaluarse mediante observación directa, y no mediante lecturas de informes posteriores.

La presentación de los resultados de una investigación o de las conclusiones obtenidas, son habilidades, en cambio, que si bien requieren la realización de una investigación, se evalúan a partir de informes escritos.

Observación del trabajo práctico

En la evaluación de habilidades mediante observación directa debe tenerse en cuenta que:

- Cada actividad práctica puede servir para evaluar más de una habilidad.
- No es necesario que los alumnos se evalúen a la vez o con los mismos experimentos. La actividad práctica propuesta es realizada por todos los alumnos, pero el profesor sólo debe evaluar un número reducido de grupos de alumnos.
- Es conveniente que el profesor disponga de una **matriz de evaluación** para puntuar los criterios y puntuar cada una de las habilidades. Si los criterios se especifican muy detalladamente, basta puntuar en una escala 0/1 (se da el criterio o no se da). En este caso la matriz de evaluación puede denominarse también lista de verificación.

A continuación mostramos un ejemplo de actividad, que puede servir para evaluar las habilidades **A** (seguir instrucciones) y **C** (manejo de datos) del primer esquema de evaluación. Se proponen dos tipos de matriz de evaluación para la observación directa.

Actividad: Medida de fuerzas

Si aplicamos una fuerza a un muelle éste se alargará. El alargamiento dependerá de la magnitud de la fuerza. Podemos utilizar esta idea tan simple para medir diferentes fuerzas.

PROBLEMA: ¿Cómo usar el muelle para medir fuerzas?

Seguidamente se dan una serie de instrucciones necesarias para resolver el problema: construcción de un muelle a partir de un hilo de cobre, calibración: medida de su longitud para diferentes pesos conocidos, recogida de datos en una tabla, representación gráfica y conclusiones.

MATRIZ DE EVALUACIÓN (1)

Criterios establecidos para tres niveles de competencia. Escala de 0 a 3.

Habilidad a evaluar	Puntuación/3	Puntuación/10
A1. Seguir instrucciones	2	Puntuación/10: 7
C. Manejo de datos		
C1. Recogida de datos en la tabla	3	
C2. Representación gráfica	3	
C3. Conclusiones	1	
	Puntuación total/9: 7	Puntuación/10: 8

MATRIZ DE EVALUACIÓN (2)

Los criterios se especifican muy detalladamente en relación a la actividad que se realiza, por lo que se puede puntuar en una escala 0/1 (se da el criterio o no se da). La suma nos da la puntuación correspondiente a cada habilidad.

Habilidad a evaluar	Verificación	(sí:1/no:0)
A1 Seguir instrucciones		
• muelle hecho con las vueltas juntas	1	
• muelle colgado verticalmente	1	
• regla puesta correctamente	1	
• índice puesto correctamente	0	
• pesos colgados en el orden correcto	0	
	Puntuación total/5:	3
	Puntuación/10:	6
C Manejo de datos		
• tabla obtenida con valores aceptables	1	
• elegida una escala apropiada	0	
• puntos dibujados correctamente	1	
• dibujada la mejor línea	0	
• uso correcto del gráfico para hallar peso	0	
	Puntuación total/5:	2
	Puntuación/10:	4

La aproximación holística. Informes escritos

Algunos autores han destacado los peligros del sistema de evaluación ligada (Woolnough, B., Tohn, K. A., 1990), y han propuesto la evaluación de actividades investigativas en su globalidad, basada en **informes por escrito semi-estructurados**, siguiendo las categorías establecidas en el proyecto APU (APU, 1985) para la ciencia como actividad encaminada a la resolución de problemas.

Estructura del informe

Pruebas preliminares	Describe todas las pruebas preliminares que has hecho antes de comenzar la investigación.
Planificación	Describe tu plan original, y cualquier cambio que hayas introducido durante el curso de la investigación.
Realización	Describe lo que has hecho. ¿Qué medidas has realizado? ¿Qué has hecho para asegurarte de que las medidas eran exactas?
Comunicación	Muestra de forma clara los valores de las medidas realizadas.
Interpretación	¿Qué conclusiones extraes de los resultados? Describe por qué llegas a estas conclusiones. ¿Hasta qué punto estás seguro de tu interpretación?
Revisión	Si tuvieras que hacer la investigación de nuevo, ¿qué es lo que cambiarías?

Este método de informar es aplicable a una gran variedad de investigaciones, y aunque es más estructurado y prescriptivo que el **informe totalmente libre**, tiene la ventaja de permitir una mayor estandarización. Sin embargo, no es adecuado para alumnos que tengan dificultad en expresarse por escrito.

Otros autores, aunque partidarios de un enfoque holístico de las actividades prácticas, es decir, de que éstas tengan un carácter investigativo, hacen propuestas de evaluación basadas en el uso combinado de la observación directa de lo que los alumnos hacen y de la lectura de un informe escrito por los alumnos al finalizar la investigación. En ambos casos se utiliza la misma matriz de evaluación.

A continuación mostramos la matriz de evaluación propuesta por Gott, R.(1987) para una investigación sobre la variación de la elasticidad de las pelotas de *squash* con la temperatura. Esta investigación se ha escogido deliberadamente fuera del contexto de la ciencia pura.

INVESTIGACIÓN: LA ELASTICIDAD DE UNA PELOTA DE SQUASH

Las pelotas de *squash* están hechas de un material que hace que la pelota bote más cuanto más caliente está. Esta es una de las razones por la que los jugadores de *squash* "calientan" la bola antes de empezar. Frente a ti hay una pelota de *squash*.

Tu tarea consiste en hallar cómo afecta la temperatura a la elasticidad de la pelota.

Puedes usar todo el material que tienes delante. Es posible que no lo precises todo, así que elige los aparatos que se ajusten mejor a tu investigación.

Haz una anotación clara de tus resultados a lo largo de la investigación.

Cuando hayas acabado, haz una breve descripción del experimento. Incluye un esquema de los aparatos que has usado. Asegúrate que explicas cómo has llegado a tus conclusiones.

Aparatos: pelota de *squash*, regla graduada, aro y nuez, vaso de 500 cm³ con agua y hielo, vaso de 500 cm³, mechero bunsen, trípode, rejillas, pinzas, termómetro.

Matriz de evaluación

Reconocimiento de las variables clave	Verificación (sí:1/no:0)
<ul style="list-style-type: none"> • Varía la temperatura • Mide la altura alcanzada en el rebote en relación a la altura inicial (%) <p>Realización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Varía la temperatura con el baño de agua y mídela con el termómetro. • Mide la altura del rebote respecto de una altura fija de caída. • Controla el procedimiento de dejar caer la pelota con cuidado. <p>Validez de los resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rango de variación de la temperatura > 50° C • Número de temperaturas medidas > 2 • Altura de caída de la pelota > 50 cm • Exactitud suficiente para un gráfico fiable 	
Puntuación total: Puntuación/10:	

Actividades para evaluar el aprendizaje de actitudes

Hay que reconocer que es difícil evaluar el aprendizaje de los alumnos de este tipo de contenidos. Consideramos que puede ser de utilidad el uso de plantillas de observación basadas en las tablas de Victor Host modificadas por Giordan (Giordan, 1982). En dichas tablas se presentan siete objetivos de actitud científica. Como puede observarse en la tabla 1 en la que se presentan dos objetivos, cada parámetro de actitud científica está definido de modo operativo.

OBJETIVOS DE ACTITUDES CIENTÍFICAS. Tabla de Host		
	Definición general del objetivo	Indicadores óptimos de comportamiento del niño
Curiosidad	Ser capaz de plantearse preguntas durante el trabajo o el juego y tener deseo de conocer.	<ul style="list-style-type: none"> — Ser capaz de asombrarse, incluso en el marco escolar, de un hecho que contradice lo adquirido, y saber traducir este asombro en preguntas precisas. Intentar encontrar la respuesta mediante un esfuerzo personal. — Cogerle el gusto a manipular un objeto, a modificar un fenómeno natural, a desprenderse de actividades repetitivas durante el juego para desembocar en un tanteo experimental.
Actividad investigadora	Tratar espontáneamente de pasar de la intención al acto e intentar organizar una actividad que permita encaminarse hacia un objetivo buscado.	<ul style="list-style-type: none"> — Tratar, individualmente o en grupo, de realizar un objetivo deseado (construcción de un objeto, experimentación) en lugar de esperar órdenes o informaciones. — Realizar un proyecto hasta el final, a pesar de las dificultades y causas de fracaso (concentración y perseverancia en la actividad). — Tener la intención de aplicar sus conocimientos a la resolución de un problema.

Tabla 1. Objetivos de actitudes. Tablas de Host modificadas por Giordan (Giordan, 1982)

Para cada objetivo, Giordan propone cuatro niveles evolutivos, obtenidos del análisis del comportamiento de los alumnos en situación de investigación libre. En la tabla 2 se presentan los cuatro niveles para las actitudes de Curiosidad y Actividades investigadoras.

DEFINICIÓN DE NIVELES DE ACTITUD	
Curiosidad	
Nivel 1:	El alumno no se interesa por nada —esto no significa que no exista curiosidad, sino que no se manifiesta en estas condiciones.
Nivel 2:	Observa superficialmente, toca, se aburre ante los animales o plantas, pasa de una cosa a otra sin ideas directrices. Sus preguntas son implícitas —sin formulación— y las exposiciones de sus observaciones contienen ideas preconcebidas.
Nivel 3:	Se sorprende ante algunas cosas, comienza a reordenar sus observaciones y plantea preguntas sobre hechos, anecdóticos, centradas todavía en el mundo egocéntrico del niño.
Nivel 4:	Se estraña ante una situación o un hecho, vuelve a dudar o completa su labor anterior. Propone preguntas precisas que motivan el interés de la clase y conducen hacia una investigación posterior.
	El alumno realiza observaciones precisas producidas por una motivación: su curiosidad produce actividades intelectuales constructivas.
Actividades investigadoras	
Nivel 1:	El alumno es pasivo.
Nivel 2:	Hace una investigación si es animado, ayudado, si se le dan ideas.
Nivel 3:	Hace una investigación él mismo contemplando una sola posibilidad y deteniéndose en caso de fracasar.
Nivel 4:	Hace un estudio por sí mismo partiendo de una pregunta personal, examinando varias posibilidades de investigación, y sin que sea necesario que tenga éxito en su aplicación.

Tabla 2: Niveles de actitud. (Giordan, 1982)

Actividades e instrumentos de evaluación del proceso de enseñanza/aprendizaje

La evaluación del proceso de enseñanza/aprendizaje precisa la realización de actividades que proporcionen información sobre lo que sucede en el aula al poner en práctica la unidad didáctica programada.

Algunos de los instrumentos que pueden utilizarse para la recogida de datos son los siguientes:

Sondeos y cuestionarios de evaluación

Permiten conocer la opinión de los alumnos sobre el desarrollo de la unidad: dificultad de las actividades, progresos realizados, utilidad del aprendizaje realizado, dinámica de trabajo, etc.

Ejemplo: *Cuestionario de autoevaluación*

1. ¿Te ha parecido interesante el tema?
2. ¿Crees que lo que has aprendido te será útil fuera del instituto?
3. ¿Qué actividades has realizado?
4. ¿Para qué te han servido?
5. ¿Cuáles te han sido:
 - más útiles para aprender y por qué?
 - más interesantes y por qué?
 - más difíciles y por qué?
6. Piensas que el trabajo se ha hecho:
 - demasiado rápido
 - demasiado despacio
 - a buen ritmo
7. Hubieras preferido trabajar el tema de otra manera. ¿Cómo? ¿Por qué?
8. Respecto al trabajo en grupo:
 - ¿Qué le ves de positivo?
 - ¿Qué le ves de negativo?
9. En tu grupo:
 - ¿Te has sentido a gusto?, ¿por qué?
 - ¿Te ha ayudado a aprender?, ¿por qué?
10. ¿Has recibido del profesor el apoyo, información y materiales suficientes para llevar a cabo tu trabajo?

Observación en el aula

La observación o recogida de información sobre lo que ocurre en el aula por un observador externo: otro profesor, un pedagogo, un psicólogo, etc., es una práctica bastante frecuente en otros países. La observación puede ser **participante o no participante** según el grado de interacción del observador externo con los participantes, alumnos y profesor. Según Latorre y González (1987) el observador externo puede ayudar al profesor a analizar su práctica, aportando datos, sobre lo que ha ocurrido en el aula, más objetivos e imparciales que los recogidos por el profesor.

Si no es posible contar con la presencia de un observador externo, el profesor puede realizar la observación en el aula actuando como observador participante. Las plantillas de observación y los mapas de clase pueden facilitar la recogida de datos por parte del profesor.

Los diarios (Véase cuadro de la página 54)

1. El diario del profesor

La información recopilada en el diario permite al profesor reflexionar sobre su práctica docente y sobre lo que ocurre en el aula: ideas de los alumnos, utilidad de las actividades programadas, modificaciones introducidas en la programación, progresos de los alumnos, etc.

No existe una norma fija para la redacción de los diarios. Porlan (1987) nombra tres estilos distintos de diarios:

- A. **El diario centrado en las emociones.** Se relatan fundamentalmente los sentimientos y estados de ánimos personales en relación con la vida profesional.
- B. **El diario centrado en las situaciones de instrucción.** Describe y analiza el proceso instructivo de los estudiantes.
- C. **El diario centrado en la dinámica social de la clase y en las actitudes personales.** Refleja la vida y conflictos de los grupos e individuos del aula.

2. Los diarios de los alumnos

Recogen los puntos de vista de los alumnos sobre lo que ocurre en el aula. Su validez, como instrumento de recogida de datos, depende del grado de implicación de los alumnos en el proceso de evaluación.

LATORRE, A., y GONZÁLEZ, R. (1987), describen tres tipos de diarios según el formato y el grado de libertad que se permite al que los realiza: *abiertos, semiestructurados, estructurados*, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno:

La entrevista (Véase cuadro de la página 55)

Ayuda a recoger información sobre creencias, expectativas, actitudes, sentimientos, opiniones, etc., de los alumnos y profesores respecto a la situación en el aula.

LATORRE y GONZÁLEZ (1987) describen los distintos tipos de entrevista y los usos, ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos:

Ventajas, inconvenientes y usos de los diarios

Tipos	Ventajas	inconvenientes	Usos
Abierto	<ul style="list-style-type: none"> • No precisa de preparación específica. • Relata el clima del aula en general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suele ser subjetivo. • Depende del sujeto que lo realice. 	
Semiestructurado	<ul style="list-style-type: none"> • Se atiende a algún tipo de formato. • Identifica situaciones problemáticas concretas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis de la información es laborioso. 	<p>Diagnóstico.</p> <p>Validar la información.</p>
Estructurado	<ul style="list-style-type: none"> • Describe la relación profesor/alumno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de analizar. 	
		<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de elaboración. • Fragmenta la realidad. • Repetitivo. 	

Diario de los alumnos

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona información desde la perspectiva del alumno. • Puede ayudar a identificar problemas. • Implica a los alumnos en la mejora de la enseñanza. • Proporciona la base para la triangulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser una práctica no establecida en clase. • Díficil para niños pequeños. • Los alumnos pueden inhibir sus sentimientos. • Los relatos son subjetivos

Tabla 3. Ventajas, inconvenientes y usos de los diarios. (Latorre y González, 1987)

Ventajas, inconvenientes y usos de las entrevistas

Entrevista maestro/alumno		
Ventajas	Inconvenientes	Usos
<ul style="list-style-type: none"> • Permite el contacto directo • Se obtiene información de primera mano. • Se puede realizar en horas de clase. • Permite conocer los problemas cuando surgen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere tiempo. • Precisa equipos de grabación. • Es difícil que los niños expresen sus ideas y sentimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico • Conocer puntos de vista de los alumnos.

Entrevista observador/alumno		
<ul style="list-style-type: none"> • Deja libre al maestro. • El alumno suele ser más franco con el observador. • El observador suele ser más objetivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El alumno puede no estar identificado. • Incertidumbre mutua. • El maestro obtiene la información de segunda mano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico. • Triangulación. • Puntos de vista del observador.

Entrevista alumno/alumno		
<ul style="list-style-type: none"> • Suelen ser más francos entre sí. • Deja libre al maestro. • Puede realizarse en clase. • Puede aportar perspectivas imprevistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • La falta de familiaridad. • Puede crear distracción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de vista de los alumnos.

Entrevista observador/maestro		
<ul style="list-style-type: none"> • El observador puede ser más objetivo. • Más capaz de prever problemas. • La discusión de ideas podría conducir a posteriores estudios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere tiempo. • Es difícil encontrar observadores. • El observador debe conocer la situación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de vista del observador. • Triangulación.

Tabla 4: Tipos de entrevistas. (Latorre y González, 1987)

Actividad 8

Debate sobre las actividades de evaluación presentadas.

Valorar las distintas actividades e instrumentos de evaluación presentados, su utilidad, viabilidad de llevarlas a la práctica, implicaciones para el profesor y para el centro, etc.

Actividad 9

Diseño de actividades de evaluación.

En las actividades 6, 7 y 8 habéis propuesto actividades para la elaboración de un concepto, para la realización de una investigación y para trabajar un tema de CTS. En esta actividad se trata de indicar las estrategias de evaluación para los ejemplos elegidos.

3

Experimentación de la Unidad Didáctica

A lo largo del Curso de Actualización se ha reflexionado sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales, y en este módulo, partiendo de lo trabajado en los módulos anteriores, hemos planteado cómo abordar la programación de Unidades Didácticas. Se está, por tanto, en condiciones de aplicar los conocimientos adquiridos realizando una actividad práctica: la elaboración y experimentación de una Unidad Didáctica.

Para comenzar el diseño de la Unidad os proponemos la realización de la siguiente actividad:

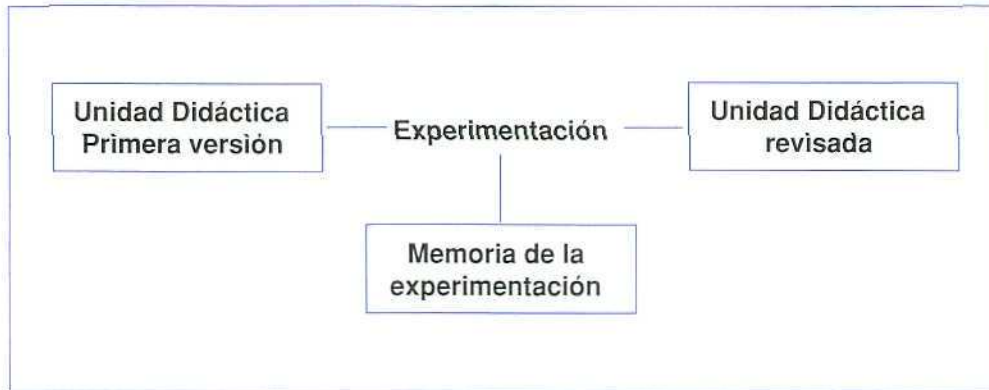
Actividad 10

Realizar, en grupo, un primer esquema de la Unidad Didáctica que pensáis elaborar.

Recordar el proceso a seguir:

- Elección del contenido general y de los objetivos generales de la Unidad.
- Ubicación de la Unidad en un curso de la etapa doce-dieciséis años.
- Orientación que se le piensa dar (ciencia integrada, ciencia coordinada, ciencia-tecnología-sociedad, etc.).
- Elección del tipo de contenido que va a utilizarse para la secuenciación.
- Elaboración de un mapa conceptual o un esquema del contenido que se toma como eje secuenciador de la Unidad.
- Elaboración de un primer listado de actividades que puedan ser utilizadas en relación a los recursos disponibles.
- Consideración de las actividades e instrumentos de evaluación que se utilizarán.

Una vez diseñada la programación inicial, considerada como una **hipótesis de trabajo**, la puesta en práctica en el aula —**experimentación**— proporciona datos para la valoración de dicha hipótesis y permite introducir modificaciones en el diseño de la Unidad Didáctica.



Para valorar el diseño de la Unidad y elaborar la memoria de la experimentación serán de gran utilidad los instrumentos descritos en el apartado de evaluación, tanto los que se refieren a la evaluación del aprendizaje como a la del proceso.

4

Presentación final de la Unidad Didáctica

La Unidad Didáctica debería estructurarse en dos partes diferenciadas:

- el material para el alumno
- la guía del profesor.

A continuación se dan algunas orientaciones sobre los contenidos y la forma de presentación de estas dos partes.

El **material para el alumno** habría de reunir toda la información básica que se desee aportar a los alumnos (introducción a la Unidad, introducción a cada uno de los apartados, etc.) y todas las actividades en la forma en que van a serles presentadas, encuadradas en los apartados en que se haya estructurado la Unidad. Es útil numerar las actividades dentro de cada apartado (A_1 , A_2 , etc.) y ponerles un título a cada una de ellas que intente resumir su objetivo principal.

Cada una de estas actividades se estructura a su vez probablemente en una serie de pequeñas actividades (acciones a realizar, cuestiones a responder, lecturas, etc.), que pueden ser singularizadas mediante puntos, números o letras. Ello facilitará su posterior referencia tanto en el aula como en la guía del profesor.

La **Guía del profesor** debería contener:

- Una introducción general de la Unidad, donde se indique sus objetivos generales, su ubicación en la etapa de doce a dieciséis años, su orientación (ciencia integrada, énfasis en los conceptos, en los procedimientos, en las aplicaciones, etc.) y la filosofía didáctica (o fundamentación psicopedagógica) con la que ha sido elaborada.
- Una relación de los contenidos, agrupados en hechos y conceptos, aplicaciones, procedimientos y actitudes.
- Un esquema de la estructura general de la Unidad, donde aparezcan los apartados y las actividades más importantes de cada uno de ellos, y una temporalización aproximada por sesiones. Puede ser interesante diferenciar entre actividades básicas y actividades opcionales o complementarias, para atender a la diversidad de alumnos.
- Un cuadro de las actividades incluidas en cada uno de los apartados, que pueden ocupar aproximadamente una o varias sesiones. Estos cuadros tienen la utilidad de dar una visión rápida y panorámica del conjunto de las actividades secuenciadas en cada apartado.
- Las orientaciones didácticas para realizar cada una de las actividades de aprendizaje. Comentarios sobre cada una de las actividades explicitando su intencionalidad, la agrupación de los alumnos para desarrollarlas, las respuestas que es previsible den los alumnos en el caso de actividades abiertas, la relación de material necesario para llevarlas a cabo, orientaciones sobre la intervención pedagógica del profesor, etc. En este punto puede ser muy útil todas las observaciones obtenidas durante la experimentación de la Unidad.
- Orientaciones didácticas para la realización de las actividades de evaluación.
- Una relación de los recursos necesarios en toda la Unidad.
- Una bibliografía que recoja todos los libros y materiales consultados en la elaboración de la Unidad, y que puede ser útil como bibliografía de ampliación para los profesores que puedan aplicarla en el futuro.

En las Unidades Didácticas incluidas en este mismo libro y en las citadas en la bibliografía de ampliación hay ejemplos de presentación de Unidades Didácticas.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- APU (1984): "Assesment Performance Unit". *Assessing investigations: ages 13 and 15, Science Reports for Teachers*, n.º 2, Ase.
- ARAGONÉS, J. I. "Los grupos de iguales en el aula" en Huici, C. (1985). Estructura y procesos de grupos. U. N. E. D.
- CAAMAÑO, A., *et al.* (1983): "¿Cómo establecer el concepto de ión?". *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 102, p. 66.
- CHILDREN'S LEARNING IN SCIENCE PROYECT (Clisp), (1987): "Clis in the Classroom Approaches to Teaching, Centre for Studies in Science and Mathematics Education". *University of Leeds*, Leeds.
- COLL, C. (1984): "Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar". *Infancia y aprendizaje* n.º 27, pp. 119-138.
- DRIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), p. 3.
- DRIVER, R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 109-120.
- GIL, D., y MARTÍNEZ, J. (1987): "Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias". *Investigación en la Escuela*, n.º 3, pp. 3-12.
- GIORDAN, A.(1982): *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Editorial Siglo XXI.
- GOTT, R. (1987): "The assessment of practical investigations in science". *School Science Review*, 68, 244, p. 411.
- GRUPO "Alkali" (1985): "Ciencia y fantasía en el aula". *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 125, pp. 37-39.
- GRUPO "ALKALI" (1986): "Apuntes para un taller de Ciencias". Badajoz: Asociación pedagógica Evex.
- GRUPO "ALKALI" (1990): *La utilización de la ciencia-ficción en las clases de Ciencias*. (Documento de trabajo). Curso de Actualización Científica y Didáctica en Ciencias Experimentales. Zaragoza.
- GRUPO RECERCA (1988): *Química Faraday*, Libro y guía del profesor. Barcelona: Editorial Teide.
- JOSEPHY, R. (1986): "Assessment of pratical and experimental work in physics trough OCEA". *Physics Education*, 21, p. 214.
- LATORRE, A., y GONZÁLEZ, R. (1987): *El maestro investigador. La investigación en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.
- LAUDAN, L. (1986): *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del crecimiento científico*. Madrid: Encuentros Ediciones.

-
- MARCO, B., y otras (1987): *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Narcea.
- MARTIN, E. (1983): "Jugando a hacer Historia: Los juegos de simulación como recurso didáctico". *Infancia y aprendizaje*, n.º 23, pp. 68-92.
- NOVAK, J. D., y GOWIN, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- OLIVARES, E. "Recursos para el aprendizaje de las ciencias" en Marco, B. y otras (1987): *Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Educación Abierta n.º 17. I. C. E. Universidad de Zaragoza.
- PORLAN, R. (1987): "El diario del profesor". *Investigación en la escuela*, n.º 2, pp. 77-78.
- POZO, J. I. (1989): *Teorías Cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- SAN VALERO, C. (1987): *Propuesta Curricular de Biología y Geología para el segundo ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria*. Generalitat Valenciana.
- SANTISTEBAN, A. (1990): "El uso de juegos de simulación en Ciencias Naturales como técnicas de conocimiento del entorno". *Investigación en la escuela*, n.º 10, pp. 61-71.
- S. A. T. I. S. (Science and Technology in Society). (1986): A. S. E., London.
- SERRANO, T., y BLANCO, A. (1988): *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las Ciencias*. Apuntes I. E. P. S. Madrid: Narcea.
- STHENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del Currículo*. Ediciones. Madrid: Morata.
- UNESCO y OEI. (1989): *Educación y Medio Ambiente*. Madrid: OEI y Editorial Popular.
- WOOLNOUGH, B. E., TOHN, K. A. (1990): "Alternatives approaches to assessment of practical work in science". *School Science Review*, 71, 256, p. 127.

Bibliografía de ampliación

- ALBADALEJO, CARMEN, y otros (1989): *El cos humá. Iniciació a l'anatomía y fisiología humá*. Barcelona. Alhambra.
- La forma de presentar los distintos temas de este libro puede resultar muy clarificadora para los profesores: Al inicio de cada tema se presenta un esquema en el que se indican los contenidos tratado, las actividades que se proponen indicando el tipo de agrupación para realizarlas y los recursos a utilizar.
- GIL, D., y MARTINEZ TORREGROSA, J. (1987): "Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias". *Investigación en la Escuela*, n.º 3, pp. 3-12.
- Una fundamentada defensa de los programas-guía de actividades como forma de facilitar una enseñanza que responda al principio de la investigación dirigida.

GUTIÉRREZ, R., *et al.*: *Ciencia integrada*. M. E. C.: Vicens Vives.

Una introducción a la fundamentación de la ciencia integrada. Contiene la ejemplificación de una Unidad Didáctica (La interacción luminosa) con una orientación de ciencia integrada.

GRUPO RECERCA-FARADAY, (1988): *Química Faraday*. Barcelona: Teide.

Un proyecto de química para la enseñanza secundaria (de dieciséis a diecisiete años) en forma de programa-guía de actividades que concede una gran importancia a la evolución histórica de los conceptos químicos como eje secuenciador de los contenidos del curso, y a las actividades experimentales en el laboratorio. Existe guía del profesor.

GRUPO RECERCA-FARADAY, (1988): *Física Faraday*. Barcelona: Teide.

Una propuesta de aprendizaje de la Física en la enseñanza secundaria (alumnos de quince a dieciséis años) en forma de programa-guía de actividades, inspirado en el proyecto americano de física Project Physics de Gerard Holton, que sigue la evolución histórica de los conceptos como hilo conductor de la estructuración de los contenidos. Existe guía del profesor.

LATORRE, A., y GONZÁLEZ, R. (1987). *El maestro investigador. La investigación en el aula*. Barcelona: Editorial Graó.

En este libro los autores presentan de forma muy asequible un conjunto de recursos, estrategias e instrumentos que pueden utilizar los profesores para investigar en sus aulas, evaluando el proceso de enseñanza/aprendizaje.

MARCO, B., y otras (1987): *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Narcea.

El capítulo segundo de este libro, que aborda la enseñanza de las Ciencias Experimentales en la etapa doce-dieciséis años, está dedicado a la programación de las Ciencias de la Naturaleza, haciendo referencia a los distintos elementos de la programación.

NOVAK, J. D., y GOWIN, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

Los autores presentan dos técnicas prácticas para la enseñanza y el aprendizaje: los mapas conceptuales y la V heurística, indicando sus aplicaciones didácticas y cómo iniciar a los alumnos en su elaboración.

OLIVARES, E.: "Recursos para el aprendizaje de las ciencias" en Marco, B. y otras (1987): *Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Educación Abierta n.º 17. I. C. E. Universidad de Zaragoza.

El apartado V de este libro trata de los distintos recursos para el aprendizaje de las Ciencias indicando su utilización didáctica.

SAN VALERO, C. (1987): *Propuesta Curricular de Biología y Geología para el segundo ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria*. Generalitat Valenciana.

Uno de los apartados de esta propuesta curricular está dedicado íntegramente a la programación de módulos y Unidades Didácticas. Se presentan distintos tipos de actividades aprendizaje y evaluación, de recursos didácticos y de instrumentos de evaluación.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA AXARQUÍA (1989): *Aprendizaje de la física y química*. Málaga: Vélez.

Un programa-guía de actividades para el aprendizaje de la Física y Química en la enseñanza secundaria (dieciséis años) con orientaciones didácticas recogidas en una guía del profesor. Su orientación es constructivista, con énfasis en los contenidos conceptuales y procedimentales.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA, Del Servei de Formació de la Universitat de València (1989): *La construcción de las ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau Llibres.

Un programa-guía de actividades para el aprendizaje de la Física y Química para la enseñanza secundaria (dieciséis años), con orientaciones didácticas para su puesta en práctica. La orientación es la de un proyecto constructivista, con énfasis en los contenidos conceptuales y procedimentales de la física y química.

UNESCO y OEI (1989): *Educación y Medio Ambiente*. Madrid: OEI y Editorial Popular.

Educación y Medio Ambiente consta de dos libros: Conocimientos básicos y Guía didáctica. En la guía didáctica se presentan, con un enfoque de ciencia-tecnología-sociedad, programas de actividades de educación ambiental.

Yus, R., y otros (1990): *Curso de Ciencias Naturales. 1.º de B. U. P.* Málaga. Vélez: Elzevir.

Este libro es un programa guía de actividades dirigido a alumnos de 1.º de B. U. P. Los autores proponen cinco Unidades Didácticas, dos de Geología y tres de Biología. En cada unidad, los distintos apartados se presentan en forma de problemas y se proponen actividades encaminadas a facilitar la construcción de conocimientos por parte de los alumnos partiendo de sus ideas previas.

ANEXOS

Referencias de Proyectos de ciencias

Los años 60 fueron una época de un gran desarrollo de proyectos curriculares de ciencias en los países del área anglosajona. Estos proyectos pretendían, fundamentalmente, mostrar la estructura de la ciencia y el aprendizaje de sus procesos. Entre ellos podemos citar los proyectos norteamericanos: I. P. S. Curso de introducción a las ciencias físicas (Reverté, 1973), I. P. S. Ciencias Físicas II (Reverté, 1974), The Project Physics Course (Holt-Rinehart-Winston, 1970), B. S. C. S. Ciencias Biológicas (Norma, 1969), E. S. C. P. Investigando la tierra (Norma, 1971) y los proyectos ingleses de la Fundación Nuffield: Química Básica (Reverté, 1969), Física Básica (Reverté, 1973), Biología Básica (Omega, 1970), Ciencia Combinada (Reverté, 1974), Proyecto Nuffield de Ciencias para la Enseñanza Secundaria (Omega, 1975) y el proyecto inglés de ciencia integrada S. C. I. S. P. (School Council Integrated Project, 1973).

La mayoría de estos proyectos fueron traducidos al español alrededor de los años 70. Ello ayudó a la difusión en nuestro país de su filosofía didáctica, y favoreció que muchos grupos de trabajo españoles emprendieran proyectos de ciencias autóctonos, a pesar de la gran diferencia de recursos humanos y de financiación que existía. Sin intención de ser exhaustivos hemos citado en el apartado de bibliografía de ampliación diversos materiales curriculares elaborados en la década de los 80, que han supuesto innovaciones metodológicas y de contenidos en nuestro país.

Los años 80 han significado, en el panorama internacional, la continuación de ciertas orientaciones curriculares (ciencia de procesos, ciencia combinada, ciencia integrada) y la irrupción de otras nuevas (ciencia conceptual con una orientación constructivista, ciencia coordinada, ciencia-tecnología-sociedad, etc.), de las cuales aportamos, a continuación, algunos ejemplos.

- Proyectos de orientación conceptual basados en una perspectiva constructivista del aprendizaje de las ciencias, como el proyecto inglés C. L. I. S. P. (Children Learning in Science Project, 1983) o el neozelandés L. S. P. (Learning in Science Project, 1982).
- Proyectos de ciencias, que toman los procesos como eje secuenciador de los contenidos en los primeros cursos de la enseñanza secundaria para plantearse después una aproximación de tipo ciencia combinada, como los proyectos ingleses: Process Warwick Project (1986), Science in Process (1987) y Nuffield 11 to 13 (1988).
- Proyectos de ciencia integrada como el Nuffield 13 to 16 (1980) o el Exploring Science (1985), con un grado de integración conceptual menos radical que en proyectos anteriores como el S. C. I. S. P.
- Proyectos de ciencia coordinada como los proyectos ingleses Nuffield Co-ordinated Sciences o el Suffolk Development Project, (1987).
- Proyectos de ciencia-tecnología-sociedad como los proyectos ingleses Science at work, S. I. S. C. O. N. (Science in a Social Context), Salters' Chemistry, S. A. T. S. (Science and Technology in Society) o el proyecto de física holandés P. L. O. N. (Physics Curriculum Development Project), que han tenido una gran influencia en la incorporación de contenidos C. T. S. en otros proyectos.

En la actualidad, en España, en el proceso de Reforma del Sistema Educativo, las diferentes administraciones educativas han promovido la creación de nuevos materiales curriculares acordes con la filosofía de la Reforma, mediante la convocatoria de concursos para la elaboración de materiales, lo que ha dado lugar a que diversos grupos estén elaborando, en estos momentos, proyectos de ciencias para la etapa de doce a dieciséis años, algunos de los cuales estarán finalizados en 1993. Por otro lado, la realización de los cursos de actualización científico y didáctica en el área de las ciencias de la naturaleza está suponiendo la elaboración de numerosas unidades didácticas para la etapa de doce a dieciséis años. Dos de ellas se muestran en este módulo.

Describimos, a continuación, algunos de los proyectos de ciencias extranjeras más recientes, característicos de cada una de las orientaciones curriculares que hemos establecido. Algunos de estos proyectos han sido traducidos, o adaptados, por grupos de trabajo como material de uso interno para su experimentación. Tales traducciones se encuentran recogidas en las memorias de trabajo realizadas por estos grupos, y pueden ser consultadas o solicitadas en la institución que ha dado soporte para su traducción.

CLIPS, CHILDREN LEARNING IN SCIENCE PROJECT, (1987), Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Reino Unido.

Un proyecto para el aprendizaje de las ciencias con una orientación constructivista, dirigido por R. Driver, de la universidad de Leeds, que hace más énfasis en las orientaciones para el aprendizaje de los conceptos que en el diseño de materiales concretos.

El proyecto consiste en una serie de unidades, en las que se proponen actividades para explicitar las ideas de los alumnos, crear conflictos conceptuales, reestructurar o modificar las concepciones y aplicarlas en diferentes contextos.

Las unidades experimentadas versan sobre la nutrición de las plantas, las ideas básicas sobre química, la energía, el calor, la teoría corpuscular de la materia y la luz.

NUFFIELD 13 to 16, 1980, Longman.

Este proyecto es una plasmación, para alumnos de una capacidad media, de las ideas de Proyecto Nuffield de Ciencias para la Enseñanza Secundaria (*Nuffield Secondary Science*) y del proyecto S. C. I. S. P. (*School Council Integrated Project*) —el proyecto de ciencia integrada inglés de mayor repercusión de los años 60—. Estaba pensado como continuación de la etapa cubierta por la Ciencia Combinada Nuffield. La orientación del proyecto es de ciencia integrada y su estructura es modular.

Existen cuatro tipos diferentes de unidades o módulos: unidades básicas, unidades para alumnos que nada más cursaban una asignatura de ciencias, unidades para los alumnos que cursaban dos asignaturas y unidades extras opcionales. En total 40 unidades, cada una de ellas acompañada por una guía del profesor. Existe también una guía general del proyecto, publicada en dos volúmenes.

El profesor debe secuenciar los contenidos y programar los cursos a partir de las unidades que se ofrecen en el proyecto.

NUFFIELD 11 to 13, 1986, Longman.

Proyecto Nuffield para la enseñanza de las ciencias en las edades de once a trece años, con una orientación de ciencia combinada, y un énfasis especial en los procesos de la ciencia en el primer año. Este proyecto puede considerarse una revisión de la "Ciencia Combinada Nuffield" (Reverté, 1974).

NUFFIELD CO-ORDINATED SCIENCES, 1988, Longman.

El proyecto Nuffield de ciencias más reciente para alumnos de catorce a dieciséis años. La estructuración de los contenidos se realiza manteniendo separadas la física, la química y la biología, pero estableciendo un alto grado de coordinación entre ellas (ciencia coordinada). Se ha puesto un gran énfasis en las aplicaciones de la ciencia en la vida cotidiana.

Los contenidos son:

Física: Materia, Fuerzas y movimiento, Energía, Ondas y Electricidad.

Química: Materias primas, Uso de los materiales, Intercambios de energía en química, La tierra y la agricultura, La tabla periódica, los átomos y el enlace.

Biología: La variedad de los organismos, Los procesos de la vida, Los seres vivos y su entorno, La continuidad de la vida.

El proyecto consta de tres libros de texto (uno para cada materia), tres colecciones de hojas de prácticas y una guía general.

Traducción de los proyectos de Física y de Química: Comisión de Ciencias del Colegio de Dr. y Licenciados de Cataluña. Memorias de trabajo. I. C. E. de la Universidad Politécnica de Cataluña. 1990, 1991 y 1992.

Algunas unidades han sido traducidas al castellano y otras al catalán. Se ha traducido, además del texto, las hojas de prácticas y la correspondiente guía del profesor.

SALTERS' CHEMISTRY PROJECT, 1983-88, University of York, Reino Unido.

HILL, G. HOLMAN, J. *et al.*: Chemistry: The Salters' approach, Heinemann, 1989.

Un proyecto para la enseñanza de la química a alumnos de trece a dieciséis, que parte de las aplicaciones de la química en la vida cotidiana. Su estructura es modular.

Existen 16 módulos o unidades a lo largo de los tres años. Los títulos de las unidades son: Vestidos, Bebidas, Alimentos, Metales, Calor, Edificios, Procesado de alimentos, Crecimiento de las plantas alimenticias, Productos de limpieza, Minerales, Plásticos, Transporte de productos químicos, Combustión y enlaces, Energía para hoy y para mañana, Lucha contra las enfermedades.

El proyecto, en su versión definitiva, ha sido publicado en forma de libro de texto por la editorial Heinemann.

Traducción al catalán: Grup Girona. I. C. E. de la Universidad Politécnica de Cataluña. Memorias de trabajo, 1989, 1990, 1991.

SALTERS' SCIENCE PROJECT, 1990, University of York, Reino Unido. Oxford: Heinemann Educational.

Un proyecto, en fase de elaboración, que desea abordar los contenidos de ciencias en las edades de once a quince años de forma integrada, con el mismo enfoque que el *Salters'* de Química. Las unidades de los primeros cursos ya han sido publicadas.

SATIS (Science and Technology in Society), 1986, Association for Science Education, Herts, Reino Unido.

Un proyecto para introducir elementos de ciencia-tecnología-sociedad en las clases de ciencias para edades de doce a dieciséis años. Consiste en un conjunto de 120 unidades, agrupadas en 12 volúmenes, sobre aspectos de física, química y biología relacionados con la sociedad, el medio ambiente, la salud, etc. Cada unidad consta de información, una serie de actividades y unas orientaciones para el profesor en hojas de diferente color. Hay una guía general del proyecto, que contiene la justificación de la orientación ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza de las ciencias.

Traducción (algunas unidades en castellano, otras en catalán): Comisión de Ciencias del Colegio de Dr. y Licenciados de Cataluña, Memorias de trabajo, I. C. E. de la Universidad Politécnica de Cataluña, 1990, 1991, 1992.

WARWICK SCIENCE PROJECT, 1986-1988, Ashford Press, Reino Unido.

Un proyecto centrado en los procesos de la ciencia para alumnos de doce a dieciséis años, con una estructura modular y una orientación diferente según los módulos (ciencia integrada a través de los procesos, en el primer curso; ciencia combinada en el resto de cursos, etc.).

En total 64 unidades distribuidas en tres carpetas (de color azul, verde y rojo). Cada carpeta contiene una introducción al proyecto, y cada unidad, orientaciones para el profesor. Los títulos de las unidades del primer curso, de carácter obligatorio, son: Hacer hipótesis, Hacer predicciones, Observemos, Deduzcamos, Controlando variables, Clasificando. Algunos de los títulos de los tres cursos restantes son: El aire y la atmósfera, La electricidad, La ciencia de los alimentos, Los inventos, Mi cuerpo, Ecología forestal, El tiempo atmosférico, Las estructuras químicas, La genética y el individuo, El medio ambiente, Los materiales, Las ondas.

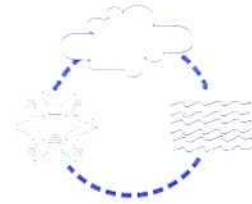
El profesor debe secuenciar los contenidos y programar los cursos a partir de las unidades que se ofrecen en el proyecto.

EXPLORING SCIENCE, 1987, Longman.

Un proyecto de ciencia integrada para alumnos de trece a dieciséis años que se declara heredero del S. C. I. S. P. Contiene una abundante colección de actividades prácticas intercaladas en el texto con objeto de ilustrar la teoría. Con un menor énfasis en la integración de los contenidos conceptuales que el S. C. I. S. P., este proyecto está estructurado en tres libros de texto: *Making Patterns 1*, *Making patterns 2* y *Using patterns*, para cada uno de los cuales existe una guía del profesor. Las unidades del primer libro son: El trabajo científico, La Tierra, Variedad, Evolución y adaptación, La célula, Moléculas, El átomo y La energía. Algunas de las unidades del segundo y tercer libro son: Biosfera, Comunidad, Población, Litosfera, Carga eléctrica, Ácidos, Corriente eléctrica.

SCIENCE OF THE EARTH, A serie of units designed for sciences and geology courses at G. C. S. E.-level, Earth Science Teachers Association.

Una muy interesante colección de unidades publicada por la asociación inglesa de profesores de geología para facilitar la introducción de los contenidos de geología en el actual currículo de ciencias inglés.



Diseño y desarrollo de la Unidad Didáctica: la vida de las plantas

Juan Melchor Moral
Pilar Bellod Fernández de Palencia
Julia Ara Oliván

Esta Unidad Didáctica se ha elaborado como hipótesis de trabajo dentro del Curso de Actualización Científica y Didáctica de las Ciencias Experimentales, desarrollado en Zaragoza a lo largo del curso 1989-90.

Los autores de la Unidad Didáctica son:

Juan Melchor. Biólogo. Profesor del I. B. "María Moliner", de Zaragoza.

Pilar Bellod. Bióloga. Profesora del I. B. "El Portillo", de Zaragoza.

Julia Ara. Bióloga. Profesora del I.F.P. "Pablo Serrano" de Zaragoza.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Carmen Albadalejo y a Arancha Hueto por sus valiosas sugerencias para el diseño de esta Unidad Didáctica, así como a Isabel Cólera por su ayuda en la planificación de las actividades de evaluación.

Tras su puesta en práctica durante el curso 1989-90, la Unidad Didáctica ha sido reestructurada, corregida y completada durante el curso 1990-91.

Zaragoza, mayo de 1991

Índice

Introducción	77
1. Objetivos generales	79
2. Selección de contenidos	81
3. Orientaciones didácticas. Metodología	85
4. Estrategias de enseñanza y aprendizaje	87
5. Guía del profesor	91
Secuenciación de actividades	91
Comentarios a las actividades.....	94
Actividades de evaluación	97
6. Memoria de la experimentación de la Unidad Didáctica	99
Desarrollo de la Unidad Didáctica	99
Valoración de la Unidad Didáctica.....	104
Posibles modificaciones a introducir	109
7. Guía del alumno. Recursos para el aula	111
Bibliografía	141
Abreviaturas	143

Introducción

*Se ha elaborado la Unidad Didáctica, **La vida de las plantas: Órganos y funciones de nutrición de las Plantas Verdes Superiores**, para ser desarrollada con alumnos de catorce a dieciséis años.*

Los contenidos conceptuales de esta Unidad Didáctica están presentes en los actuales programas de Ciencias Naturales de B. U. P., pero suelen encontrarse repartidos entre el curso de CC. NN. de 1.º los referentes a morfología, y el curso de 3.º (que es opcional) los de carácter fisiológico, como muestran generalmente los libros de texto.

Esta separación se podría justificar por la mayor dificultad que presenta a la edad de catorce-quince años el aprendizaje de los procesos fisiológicos, de carácter formal y bastante abstracto, frente a los morfológicos, generalmente más concretos.

Sin embargo, nos hemos planteado la conveniencia de enfocar la enseñanza de la nutrición de las Plantas Verdes Superiores de una manera global en el curso obligatorio de CC. NN., actualmente en 1.º de B. U. P., tratando de abordar los conceptos de mayor dificultad, tales como fotosíntesis y respiración, que por sus implicaciones medioambientales y por la gran vigencia social que tiene y va a tener el problema de conservación de la biosfera, deben ser comprendidos de forma significativa por toda la población escolar.

La Unidad Didáctica corresponde con el bloque de contenidos número 8 del área de Ciencias de la Naturaleza, del Diseño Curricular Base para la Educación Secundaria Obligatoria. También está relacionada con el bloque número 10 por sus implicaciones con el tema transversal de la Educación Medioambiental.

1

Objetivos generales

“El área de Ciencias de la Naturaleza se ocupa de que los alumnos y alumnas lleguen a adquirir los instrumentos conceptuales y metodológicos necesarios para comprender la Naturaleza, y de que conozcan y comprendan los principales procesos que operan en la misma. En la medida en que nuestra sociedad está fuertemente impregnada de elementos científicos y tecnológicos, a través de esta área los alumnos son capacitados para poder participar activa y críticamente en la solución de muchos de los problemas que hoy afronta la sociedad en el uso, disfrute y conservación de la Naturaleza.”

(Diseño Curricular Base para la Educación Secundaria Obligatoria, cap. 1, 3.2.)

En este sentido, expresado por el Diseño Curricular Base, los objetivos generales planteados en la elaboración de esta Unidad Didáctica han sido seleccionados entre los que expresa el Diseño Curricular Base en el área de las CC. EE., y son los siguientes:

1. Comprender significativamente las ideas básicas de la visión científica, actualmente consensuada por la comunidad científica, sobre las Plantas Verdes Superiores, y poder aplicarlas en la explicación de fenómenos naturales.
2. Desarrollar y aplicar estrategias personales en la exploración de situaciones y fenómenos desconocidos, utilizando los procedimientos que caracterizan a la investigación científica de la realidad (identificación del pro-

blema, análisis de sus elementos, búsqueda de información, formulación de hipótesis, recogida de datos y análisis de los mismos, obtención de conclusiones, etc.).

3. Planificación y realización en equipo de experiencias científicas sencillas, valorando las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos, mostrando una actitud flexible y de colaboración.
4. Elaborar informes sobre las actividades de investigación de fenómenos naturales o de resolución de problemas en los que hayan participado, distinguiendo los datos de las conjeturas.
5. Utilizar las fuentes habituales de información científica, tales como libros, prensa, revistas, programas de televisión etcétera. Contrastar y evaluar la información para desarrollar criterios personales sobre las cuestiones científicas.
6. Utilizar los conocimientos sobre las Plantas Verdes Superiores y sus interacciones con el mundo físico y biológico, valorando las consecuencias negativas que pueden acarrear su deterioro y participando en iniciativas dirigidas a su conservación y mejora.



Selección de contenidos

1. Los contenidos conceptuales se han seleccionado mediante la elaboración previa de un mapa conceptual sobre la morfología y la fisiología de las Plantas Verdes Superiores.

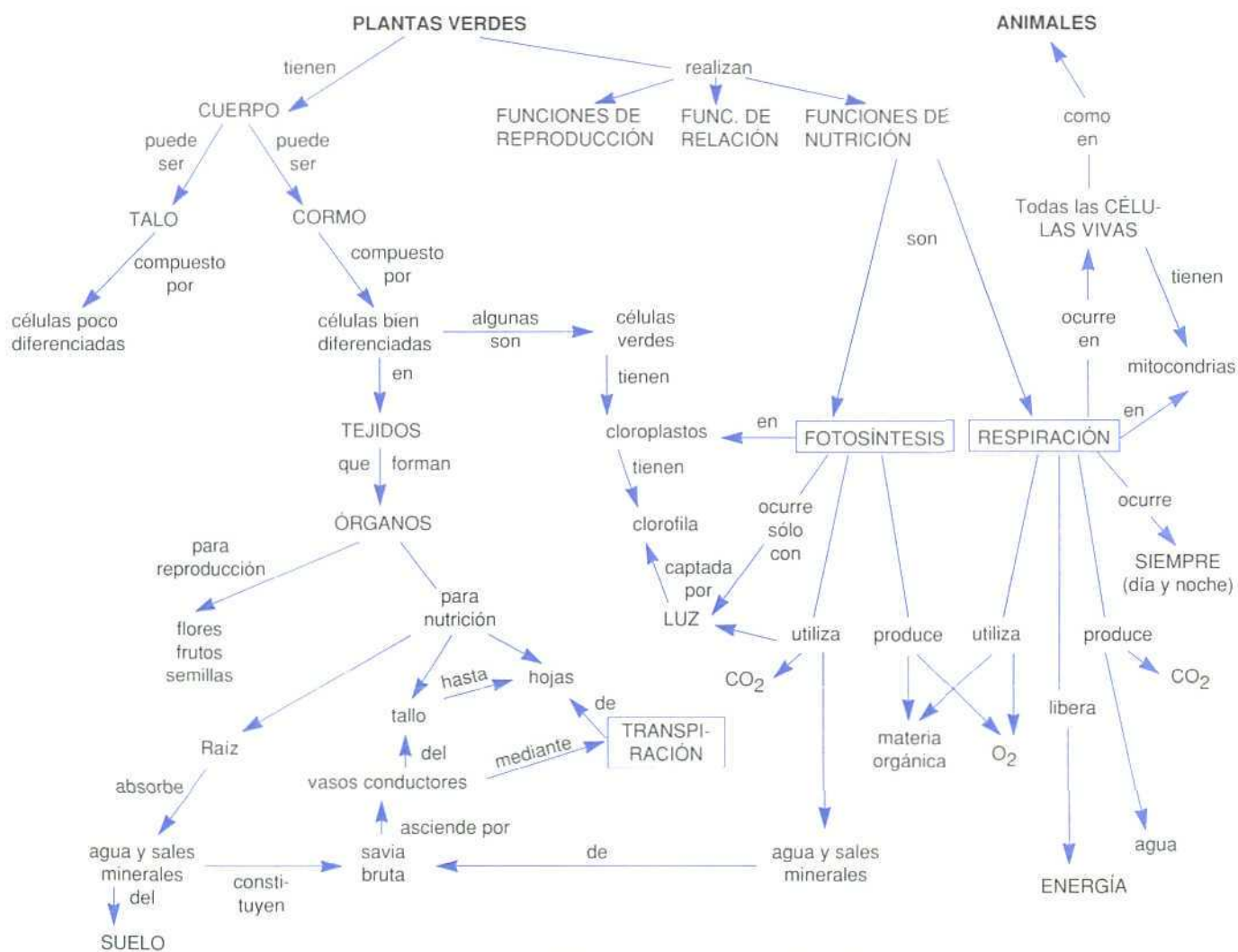
Se han incluido algunos contenidos de la Historia de la Ciencia en este campo, como los experimentos de van Helmont y de Priestley, para trabajar sobre algunos conceptos abstractos de la nutrición vegetal (respiración y fotosíntesis), que presentan una gran dificultad para los alumnos de catorce-quince años¹, análoga a las barreras que muestra la Historia de Fisiología vegetal para la comprensión de estos procesos.

Se han empleado como ideas claves de la unidad algunas de las recogidas en el Diseño Curricular Base para el Área de las Ciencias de la Naturaleza:

- Las plantas verdes, como todos los seres vivos, son sistemas organizados que tienen una unidad de estructura y función.
- Las plantas verdes realizan transformaciones de energía para realizar sus funciones y construir sus estructuras.
- Las plantas verdes tienen interacciones con otros seres vivos y con el medio físico.

1. SHAYER, M., y ADEY, Ph. *La ciencia de enseñar Ciencias*. Editorial Narcea. En una población escolar no seleccionada, de 14-15 años, tan sólo un 25% ha alcanzado la etapa de operaciones formales iniciales, y no más del 10% ha adquirido el pensamiento formal avanzado, por lo que cabe esperar dificultades de comprensión de los procesos muy abstractos.

En la selección de contenidos se ha tenido en cuenta el gran interés actual de esas interacciones, que permiten articular esta Unidad Didáctica con el área de la Educación Medioambiental, en temas tales como Efecto Invernadero, Deforestación y Erosión, y sirven para poner de manifiesto la relación entre ciencia, tecnología y sociedad.



Mapa conceptual sobre la nutrición de las plantas verdes (Novak y Gowin, 1988). Realizado para seleccionar los contenidos conceptuales.

- El hombre es un agente de cambio en la Naturaleza y su actividad puede contribuir a su degradación o a su conservación.

2. Los contenidos relativos a procedimientos han sido seleccionados en función de las diversas actividades diseñadas para esta Unidad Didáctica. Para realizar las actividades los alumnos deben ejercitar numerosas habilidades intelectuales:

- Observar.
- Describir.
- Clasificar.
- Jerarquizar.
- Emitir hipótesis, distinguiéndolas de los hechos.
- Buscar información para comprobar o rechazar las hipótesis.
- Seguir una guía de trabajo.
- Diseñar pequeñas actividades de investigación utilizando imaginativamente los recursos disponibles.
- Analizar resultados, e interpretarlos.
- Sacar conclusiones.

Estos son casi todos los procedimientos que caracterizan el trabajo científico hipotético-deductivo.

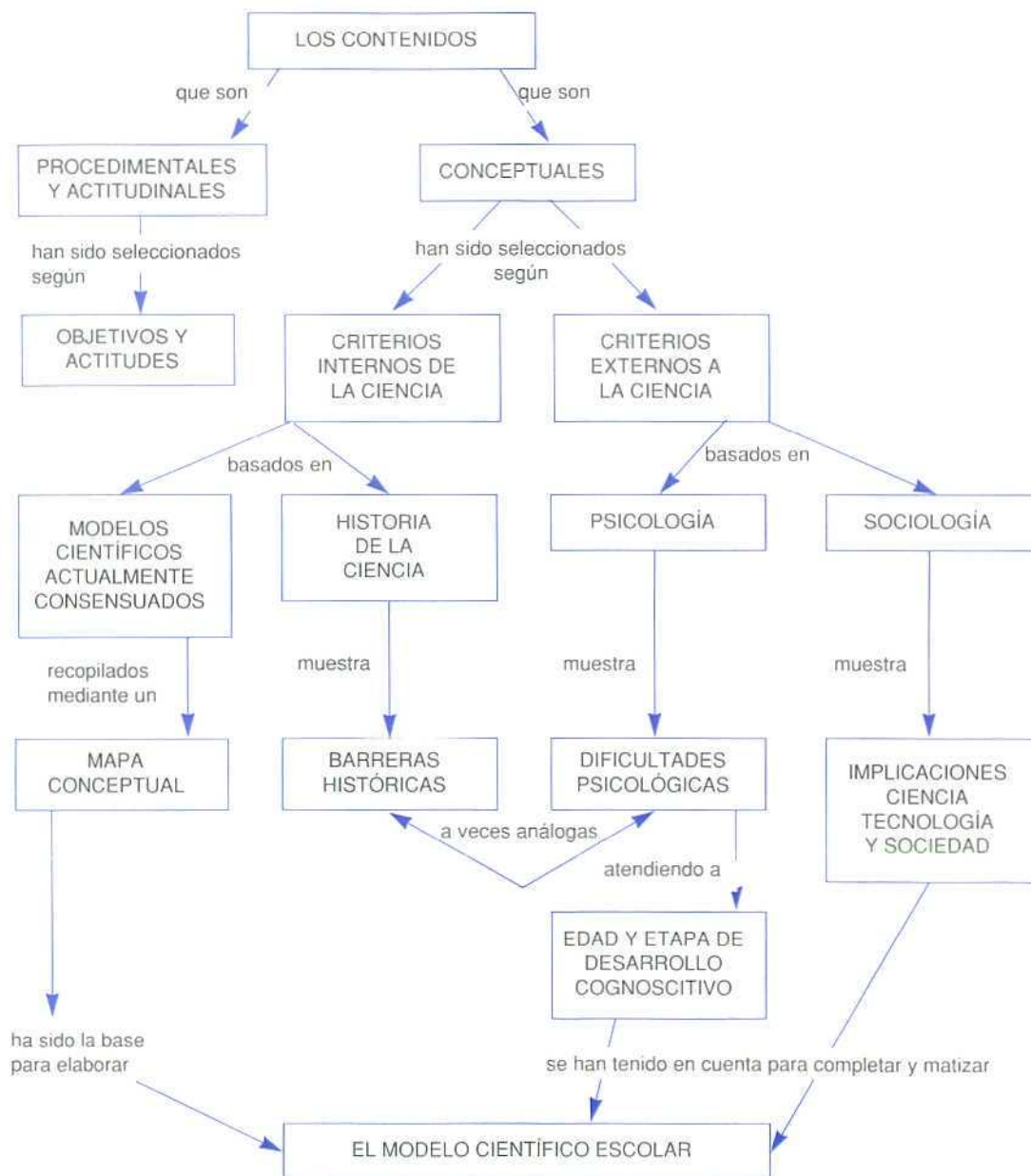
En la Unidad Didáctica se practican algunas habilidades de tipo manual: uso del microscopio óptico para observar estructuras vegetales, dibujo, etc.

Puesto que muchas de las actividades propuestas están pensadas para trabajar en grupo, se ejercitan también las habilidades relativas a sociabilidad de los alumnos, trabajo en equipo, capacidad de diálogo, etc.

3. Los contenidos relativos a actitudes, valores y normas se centran fundamentalmente en fomentar en los alumnos:

- Actitud de respeto hacia las plantas verdes.
- Sensibilidad ante los problemas de conservación del medio ambiente.
- Valoración del papel que desempeñan las Plantas Verdes Superiores en la biosfera.

Criterios de selección de contenidos (mapa conceptual)



3

Orientaciones didácticas. Metodología

Podemos señalar los siguientes aspectos metodológicos:

1. Esta Unidad Didáctica se ha diseñado buscando una integración de actividades teóricas y prácticas, tratando de superar la habitual disyuntiva entre laboratorio y aula. Idealmente debería desarrollarse en el laboratorio de Ciencias Naturales, para que las actividades prácticas, concebidas como pequeñas investigaciones, pudieran tener cierta continuidad temporal.

Sin embargo, conscientes de las dificultades que, debido a la organización de los horarios de los centros y al número de alumnos por grupo, pueden surgir para el uso continuado del laboratorio, la mayoría de las actividades prácticas pueden realizarse en el aula, con una pequeña preparación previa y con la ayuda de los propios alumnos para el transporte, distribución y recogida del materia que no es difícil de manejar, ya que se han evitado "prácticas sofisticadas" para facilitar su desarrollo en las condiciones reales de cualquier centro.

2. La Unidad Didáctica ha sido concebida desde un enfoque pedagógico basado en el modelo de psicología del aprendizaje conocido como Constructivismo. Básicamente, se propone que la acción docente sea un conjunto secuencial de actividades mediante las cuales los alumnos construyan sus nuevos conceptos y desarrollen habilidades y actitudes.

Teniendo en cuenta que la construcción del aprendizaje es un proceso secuencial y recurrente, las actividades se han ordenado temporalmente para explorar las ideas previas y motivar, promover un aprendizaje significativo

de los contenidos construido sobre las ideas previas y facilitando al alumno la realización de un cambio conceptual, consolidar los nuevos contenidos mediante la inmediata aplicación de los mismos y, finalmente, hacer que el alumno sea consciente de su cambio conceptual para que valore el proceso de aprendizaje.

La exploración de ideas previas permitirá detectar posibles concepciones erróneas, así como prever los conceptos de mayor dificultad, a los que se deberá dedicar un mayor esfuerzo. De este modo, la hipótesis de trabajo que constituye esta Unidad Didáctica deberá sufrir un "feed-back" durante su desarrollo que permita reestructurarla o modificarla en función del alumnado.

Se ha considerado de gran interés para la construcción del aprendizaje significativo, realizar puestas en común al final de cada actividad o al menos de cada sesión de clase. Con ello se pretende que el alumnado tenga presente en todo momento la finalidad de lo que hace, y que articule cada pequeño progreso conceptual dentro del contexto general e integrado que debe ser la Unidad Didáctica. A tal fin se propone la elaboración gradual de un mapa conceptual de la Unidad Didáctica en estas sesiones de puesta en común.

4

Estrategias de enseñanza y aprendizaje

El diseño de la Unidad Didáctica se plantea sobre varios conceptos clave, en torno a los cuales se articulan las actividades de clase.

Las actividades se han clasificado en cuatro grupos:

1. Actividades de Iniciación (AI). Para poner de manifiesto las concepciones previas de los alumnos, punto de partida del aprendizaje (exploración y explicitación de ideas). Sirven de motivación y de introducción al tema.
2. Actividades para producir Reestructuración de ideas (AR). Promueven el cambio conceptual y se adaptan a los aspectos personales del aprendizaje, por lo que deben ser variadas y abiertas: discusiones, debates y puestas en común, en grupo grande o pequeño (para crear conflicto y cuestionar las propias ideas), análisis de las ideas de los alumnos, búsqueda de explicaciones alternativas y de información adicional para *comprobar o rechazar las ideas expuestas, presentación de la visión científica escolar en el momento preciso en que los alumnos la "exijan"*.
3. Actividades de Aplicación de las nuevas ideas (AA). Se han diseñado buscando situaciones variadas y diversas al contexto típicamente académico, con el fin de consolidar los nuevos conceptos, relacionándolos con los esquemas de conocimiento-acción del sistema cognitivo del alumno y para que sean plenamente operativos.
4. Actividades de Revisión del Cambio de Ideas (de evaluación: AE). Se han elaborado como una reflexión del alumno sobre el proceso de aprendizaje y sobre el cambio conceptual en él operado.

En el diseño de esta unidad, cada actividad está incluida en la clasificación expuesta, señalada por las iniciales correspondientes.

Como ejemplos de AI se pueden señalar el pretest (cuestionario previo), la elaboración en grupo de un póster o de un mapa conceptual sobre el tema, las discusiones y puestas en común sobre dichas ideas previas; y como actividad motivadora, material audiovisual (algún documento vídeo sugerente para presentar el problema).

Como ejemplo de AR, consultas bibliográficas, estudio de documentos, esquemas, realización de experimentos (transformados si es preciso en pequeñas investigaciones documentales), etc.

Como AA, informes, cuaderno individual de trabajo del alumno, hojas de trabajo, cuestionarios, mapa conceptual final, etc.

Como AE, post-test, igual al pretest o algo modificado, comparación de las respuestas entre los dos, y entre el mapa conceptual inicial y el final, prueba escrita, encuesta final de autoevaluación y de evaluación del proceso.

Los Recursos para la Unidad Didáctica son:

1. *Guía del alumno*. Contiene diversos tipos de recursos gráficos y escritos, para las diversas actividades anteriormente citadas:
 - Cuestionarios. (CUEST). En algunos casos contienen algunas ilustraciones.
 - Documentos informativos (DOC): Históricos. Artículos de Prensa. Suministran información adicional sobre un aspecto muy concreto del tema, y deben ser estudiados, analizados y discutidos por los alumnos.
 - Dibujos esquemáticos (ESQ): Han de ser interpretados y completados, y suministran información observacional sistematizada que los alumnos deben relacionar y aplicar a sus propias observaciones directas.
 - Guías para realizar experimentos (EXP). Son guiones de prácticas: contienen las indicaciones para realizar una práctica o bien describen un experimento. Plantean la interpretación de los resultados a modo de una pequeña investigación. Algunas deben ser realizadas en el laboratorio y otras están diseñadas para ser realizadas por los alumnos en sus casas.
 - Hojas de trabajo (HT): para recopilar, ordenar y sistematizar datos, objetos o conceptos.
2. *Guía del profesor*, con comentarios sobre cada actividad.
3. *Referencias bibliográficas* para alumnos y/o profesor (textos de consulta). Los propios libros de texto de los alumnos pueden ser útiles para este fin.
4. *Ejemplares vegetales* traídos por los propios alumnos. Se pueden utilizar “malas hierbas” de las que crecen por los alrededores del centro, en los márgenes de los parterres, solares, etc., y también ejemplares de las verduras y hortalizas más comunes disponibles en el mercado.
6. *Documento vídeo*. Se ha empleado “La aventura de las plantas”, episodio núm.1, que ha sido emitido por TVE durante el curso 1990-91. Cualquier otro documento-vídeo sobre el mundo vegetal, de carácter general, puede ser usado, como recurso motivador y para “presentar el tema”.
7. *Transparencias*. Se pueden proyectar fotocopias en acetato de los esquemas contenidos en la guía del alumno. Se recomienda, para iniciar las actividades, proyectarlos sin rótulos, y añadir gradualmente infor-

mación mediante la técnica de superposición de transparencias. También son muy convenientes en las puestas en común, como elemento organizador del debate en gran grupo y para consolidar la síntesis final de contenidos.

Organización de la clase

La metodología de esta Unidad Didáctica aconseja el agrupamiento de los alumnos para el desarrollo de las actividades. Los criterios de formación de los grupos de trabajo quedan abiertos a las condiciones físicas del aula, número y características internas del grupo de alumnos.

Consideramos conveniente que los grupos de trabajo sean permanentes a lo largo del desarrollo de la Unidad Didáctica, y que estén integrados por alumnos heterogéneos en lo referente a nivel intelectual, capacidad de participación, espontaneidad, motivación, etc.

Las actividades están clasificadas para ser desarrolladas de varias formas:

- Ti. Trabajo individual. Resolución de cuestionarios, elaboración del cuaderno de clase, etc.
- Tpg. Trabajo en pequeño grupo. El realizado por los grupos de trabajo arriba mencionados: exploración bibliográfica, estudio de documentos y esquemas, hojas de trabajo, experimentos, etc.
- Tgg. Trabajo en gran grupo. Debates, puestas en común, preguntas socráticas, conclusiones, mapa conceptual final. Estas actividades son dirigidas por el profesor. Con ellas se pretende realizar síntesis "consensuadas" de las concepciones de los alumnos, útiles como actividades de recapitulación.

5

Guía del profesor

La vida de las plantas: órganos y funciones de nutrición de las Plantas Verdes Superiores

Secuenciación de actividades

Contenidos	Actividades	Recursos
<p><i>Conocimientos previos de los/as alumnos/as sobre la vida de las plantas.</i></p>	<p>1.ª sesión. Actividades de iniciación</p> <p>A1. <i>Exploración de ideas previas.</i> ¿Qué sabemos sobre la vida de las plantas verdes?</p> <p>A2. <i>Actividad motivadora.</i> Presentación del tema.</p>	<p>CUESTONARIO</p> <p>Doc. Vídeo.</p>
<p>Técnicas de trabajo en grupo y de elaboración de mapas conceptuales.</p>	<p>2.ª sesión. Actividades de iniciación</p> <p>A3. <i>Explicación de ideas previas.</i> Tpg. ¿Qué sabeis sobre la vida de las plantas?</p>	<p>Cuaderno del alumno/a.</p>

Continuación
↑

Contenidos	Actividades	Recursos
Búsqueda de información.	<p>A4. Puesta en común. Tgg. (mapa conceptual previo consensuado).</p> <p>A5. ¿Cómo podemos comprobar si nuestras ideas son ciertas? Ti, Tpg.</p>	Bibliografía.
Morfología de las plantas verdes: el cormo (raíz, tallo y hojas). Células, tejidos y órganos vegetales.	<p>3.ª sesión</p> <p>A6. (AI) Explicitación de ideas previas. ¿Cómo es el cuerpo de las plantas? Observación de ejemplares vegetales. Tpg.</p> <p>A7. (AR) ¿De qué están formados los órganos de las plantas? Ti, Tpg.</p>	Cuaderno. Ejemplares vegetales. DOC. y ESQ. Observación microscópica.
Diversidad y unidad del cormo.	<p>A8. (AR). ¿Cómo podemos clasificar los diferentes órganos de las plantas? Tpg.</p>	ESQ.-Raíz. ESQ.-Tallo. ESQ.-Hojas.
Adaptación al medio ambiente.	<p>4.ª sesión</p> <p>A9. (AA). Descripción y clasificación de los ejemplares traídos. Tpg.</p> <p>A10. (AA). ¿Qué relación hay entre la diversidad morfológica y el medio ambiente en que habitan? Ti, Tpg.</p>	H. de TRABAJO CUEST. 2
Nutrientes vegetales. Lectura y comentario de textos científicos históricos. Funciones de nutrición en las plantas verdes.	<p>5.ª sesión</p> <p>A11. (AI). Emisión de hipótesis acerca de: ¿De qué se nutren las plantas verdes? Tpg. Puesta en común. Tgg.</p> <p>A12. (AR). ¿Cuáles son los intercambios de materia entre las plantas y el ambiente? (visión científica escolar). Tpg.</p>	DOCUMENTOS de Historia de la Ciencia. ESQ. y CUEST.
Absorción radicular. Transporte. Transpiración.	<p>6.ª sesión</p> <p>A13. (AR). ¿Cómo podemos comprobar estas hipótesis? Tpg., Ti. Experimento 1.</p>	EXP I.

Contenidos	Actividades	Recursos
Ósmosis. Recapitulación. (de nutrición vegetal)	A14. (AR). ¿Cómo trabaja el tallo? ¿Cómo penetra el agua del exterior a las células de la planta? ¿Para qué pierde agua la planta evaporándola por sus hojas? Experimentos 2, 3 y 4. Ti, Tpg. (Opcionales o en casa). A15. (AA). Revisión de los conceptos aprendidos. Ti, Tgg. Revisar también el esquema y cuestionario de la actividad 12.	EXP. II. EXP. III. EXP. IV. ESQ. y CUEST.
Fotosíntesis.	7.ª sesión A16. (AI). ¿Cuál es el alimento de las plantas verdes y cómo lo obtienen? Ti, puesta en común, Tgg. A17. (AR). ¿Qué es la fotosíntesis? Lección magistral. Ti, Tgg.	CUESTIONARIO Texto. Material audiovisual.
Respiración celular.	8.ª sesión A18. (AR). ¿De dónde obtienen las células de las plantas la energía que continuamente necesitan para realizar sus funciones vitales? Ti, Tgg.	CUESTIONARIO
Vida autótrofa y heterótrofa.	A19. (AA). ¿Se nutren del mismo modo todas las células de las plantas? Comparación entre células verdes y no verdes, de la planta. Tpg, Tgg.	CUESTIONARIO
Función de los vegetales verdes en la biosfera.	A20. (AR). ¿Qué relaciones hay entre las funciones vitales de los vegetales y los animales? Semejanza y diferencias entre la vida animal y vegetal. Tpg., Tgg. A21. (AA). ¿Qué papel desempeñan las plantas verdes?: — En la alimentación de los demás seres vivos. — En la atmósfera.	ESQUEMA H. de TRABAJO y CUESTIONARIO

Continuación ↓

↑ Continuación

Contenidos	Actividades	Recursos
Importancia de la conservación de los vegetales para el medio ambiente.	A22. Actividad de reestructuración de ideas y de aplicación. ¿Qué efectos tiene la deforestación, la desertización y la lluvia ácida? Ti. (puede realizarse en casa).	DOCUMENTOS y CUESTIONARIO
Autoevaluación del aprendizaje.	9.ª sesión. Actividades de Evaluación ¿Qué hemos aprendido sobre la vida de las plantas verdes?	
Prueba de evaluación.	A23. Comparación del mapa conceptual inicial con el que se ha realizado a lo largo de toda la Unidad Didáctica. A24. Comparación de respuestas al test inicial y al test final. Se repite el cuestionario inicial.	CUESTIONARIO
Evaluación del proceso.	A25. ¿Qué contenidos han adquirido los/as alumnos/as? Prueba escrita. Actividades de evaluación por parte del profesor: Revisión del cuaderno del alumno y de sus producciones a lo largo de la Unidad Didáctica y corrección de las respuestas a los cuestionarios. A26. Encuestas finales a los alumnos. Recursos: Además de las respuestas a la encuesta, el diario de clase del profesor y la observación externa.	CUESTIONARIO CUESTIONARIO

Comentarios a las actividades

Actividad 1. El pretest es conveniente que tenga la identificación del alumno, para que pueda reconocerlo y compararlo con sus producciones posteriores y se dé cuenta de su propio aprendizaje.

Actividad 2. Considerando que la finalidad es motivar y presentar el tema de las Plantas Verdes al alumnado, se considera que cualquier película sugerente y atractiva sobre éstas, de las que se pueden encontrar en el mercado, incluso entre las programadas por TVE, es adecuada para esta actividad. Se indicará la conveniencia de tomar notas, que pueden ser útiles en la actividad 3.

Actividad 3. Se pretende que los alumnos expresen y anoten en el cuaderno sus ideas sobre las plantas verdes. Los alumnos pueden emplear libros de texto o, preferiblemente, recurrir a la biblioteca del centro para consultar bibliografía. Son útiles los libros citados para consulta, pero no es imprescindible contar con ellos, pudiendo

adaptarse a los recursos bibliográficos de que se disponga en biblioteca y seminario. Se recomienda una exploración y recopilación bibliográfica previa por parte del profesor.

Actividad 4. En la puesta en común se pretende una clarificación de ideas. El profesor coordina la actividad y va tomando notas en la pizarra para elaborar un mapa conceptual consensuado que se utilizará como instrumento de autoevaluación al final de la Unidad Didáctica.

Actividad 5. Se espera que los/as alumnos/as sugieran consultar libros, observar ejemplares y salidas al campo o parque para observar plantas y para recoger ejemplares. Se orientará al alumnado sobre el número y tipo de ejemplares que deben aportar para la siguiente sesión, adaptándose al entorno del centro, época del año, mercado de verduras y hortalizas, etc.

Actividad 6. Se espera que digan: "raíz, tallo y hojas". El profesor orientará las observaciones para que los alumnos consideren las variaciones morfológicas en relación con la adaptación al medio.

Actividad 7. Se ofrecerá ayuda a los alumnos cuando éstos la soliciten, procurando que sean ellos mismos los protagonistas de sus investigaciones. Se espera que respondan que "los órganos vegetales están constituidos por células y tejidos". En la puesta en común se insistirá en la composición celular de todos los órganos de las plantas, reforzando esta idea con la observación de la epidermis de la cebolla (u otra liliácea) al microscopio. Esta preparación microscópica es de gran sencillez y tiene la ventaja de mostrar claramente los límites entre las células y los estomas, que más adelante se podrán relacionar con los intercambios gaseosos y con la transpiración.

Actividad 8. Se espera que los alumnos, utilizando los esquemas 1, 2 y 3, sean capaces de expresar criterios utilizables para clasificar órganos vegetales (habilidades de clasificación y sistematización, propias del trabajo científico).

Actividades 9 y 10. Se trata de aplicar dichas habilidades sobre los ejemplares vegetales disponibles, describiéndolos y clasificándolos sistemáticamente y de reflexionar sobre la relación estructura-función con plantas adaptadas a diversos medios ambientes, frecuentes en nuestra región. Las hojas de trabajo de estas actividades pueden completarse individualmente en casa si fuera necesario.

Actividad 11. La puesta en común se orientará a explicitación de ideas y emisión de hipótesis, procurando generar conflicto conceptual, para lo que usaremos la información obtenida en las actividades de exploración inicial (A1 y A3).

Se espera que emitan hipótesis tales como: "las plantas se nutren de agua y sales", "la mayor parte de las sustancias de las que se nutren las plantas no son tierra", "las plantas también toman sustancias del aire".

Se recordará, para interpretar el documento 3, que la combustión de una vela consume oxígeno y produce dióxido de carbono.

Actividad 12. Con la hoja de trabajo 3 se pretende transmitir la visión científica escolar, criticar las hipótesis emitidas en la actividad anterior y que surjan nuevos conceptos tales como: ósmosis, absorción radicular, transporte, transpiración, fotosíntesis y respiración.

No se espera simplemente un cambio conceptual sobre la nutrición vegetal, ni un aprendizaje de la visión científica escolar, sino también un debate abierto a diversas interpretaciones, que motive al alumnado para ampliar y profundizar la información sobre el tema.

Actividades 13, 14 y 15. Se ayudará a los alumnos, tanto en el trabajo en pequeño grupo como en la puesta en común, a interpretar los resultados de los experimentos, relacionándolos con las ideas previas y con la visión científica escolar. De este modo se intenta construir un cuerpo teórico consensuado que explique un mayor número de fenómenos observados o estudiados.

Si faltara tiempo para algunos de los experimentos, o si alguno de ellos "saliera mal", el profesor intentará disponer de una opción alternativa: emulación teórica del experimento, discusión de "¿Por qué no sale?", etc.

Como recapitulación de las nuevas ideas se debe ir elaborando un mapa conceptual simultáneamente a la puesta en común al final de esta sesión.

Actividades 16 y 17. Inmediatamente después de que los alumnos terminen el cuestionario de la actividad 16, se presentará, por parte del profesor, la visión científica escolar acerca de la fotosíntesis, insistiendo en los puntos donde se espera mayor dificultad: en la diferenciación entre materia y energía, fabricación de alimentos (sustancias orgánicas, con un alto contenido energético en sus enlaces químicos) a partir de los nutrientes inorgánicos (pobres en energía); recalcando que la fotosíntesis se realiza sólo en las células verdes y sólo en presencia de luz, etc.

Se aconseja utilizar material audiovisual: diapositivas y/o transparencias, a discreción del profesor y según las disponibilidades de tiempo y equipos.

Actividad 18. Se espera que los alumnos deduzcan que las células de las plantas verdes obtienen energía necesaria para las funciones vitales de los alimentos anteriormente fabricados por la fotosíntesis, que son oxidados dentro de las células. El concepto de respiración, que se manejó en la A12 por su manifestación en el intercambio de gases, se enfoca aquí en su dimensión interna como fenómeno que libera energía química en todas las células animales y vegetales, verdes y no verdes; y en todo momento, día y noche. Se integra el concepto de respiración como una parte de la nutrición.

Actividades 19 y 20. Se pretende que los alumnos reflexionen que no todas las células de las plantas son autótrofas, sino que las células no verdes dependen para su alimentación de los alimentos que fabrican las células verdes, que deben ser transportados a la raíz, en sentido contrario al considerado anteriormente: concepto de savia elaborada o descendente. Y que esta dependencia es comparable con la de los animales, que podrían ser calificados, lo mismo que las células no verdes de las plantas, como heterótrofos.

La actividad 20 está diseñada como una emulación experimental para propiciar el ejercicio de algunos de los procedimientos intelectuales que caracterizan al trabajo del científico experimental: análisis e interpretación de observaciones, discusión de resultados y elaboración de conclusiones.

Actividades 21 y 22. Con ellas se intenta que los alumnos:

1. Sepan valorar a las plantas verdes en la biosfera.

2. Apliquen los conceptos recién adquiridos a una serie de fenómenos que están afectando a nuestro planeta: lluvia ácida, efecto invernadero, deforestación, erosión, desertización y salinización.
3. Refuercen sus actitudes de conservación de la Naturaleza (educación medioambiental).

Actividades de evaluación (revisión del cambio de ideas)

Evaluación del aprendizaje:

A) Autoevaluación

Actividad 23. Comparación de mapas conceptuales, inicial y final, que debe servir para que los alumnos contemplen el cambio conceptual que en ellos se ha operado y valoren su aprendizaje, y para que revisen los conceptos erróneos que han quedado superados, consolidando los nuevos.

Actividad 24. La comparación de respuestas al cuestionario inicial y al mismo cuestionario final (pretest y post-test), permite objetivar y cuantificar el cambio conceptual operado a lo largo de la Unidad Didáctica.

B) Prueba de evaluación

Actividad 25. Se ha diseñado para medir no solamente contenidos conceptuales, sino también procedimientos y habilidades.

Evaluación del proceso:

Actividad 26. Encuestas finales a los alumnos, que deben ser anónimas, para que manifiesten abiertamente su valoración general de las actividades realizadas, de los recursos, de la temporalización, del funcionamiento de su grupo de trabajo, etc.

Diario de clase del profesor. Permitirá recoger las observaciones sobre actitudes y sobre todos los aspectos cualitativos difíciles de medir mediante las pruebas finales. Servirá para detectar desajustes entre la programación de la Unidad Didáctica y la realidad de su desarrollo, así como para recoger ideas previas inesperadas que se detectan en los debates y en las puestas en común. Estos datos deben ser utilizados tanto para remodelar el desarrollo de la Unidad Didáctica como para modificar la programación de la misma.

Observación externa. La observación del proceso por parte de un profesor ajeno al grupo de alumnos, puede aportar valiosas observaciones de carácter general, tales como los elementos dinámicos del grupo: papel del profesor, interacciones alumnos-profesor y alumnos-alumnos, posibles problemas de tipo social o afectivo que afecten al rendimiento, etc.

Esta Unidad Didáctica ha sido experimentada en dos Institutos de Bachillerato de Zaragoza:

- En el Instituto de Bachillerato “El Portillo”, por la profesora M.^a Pilar Bellod, y
- en el Instituto de Bachillerato “María Moliner”, por el profesor Juan Melchor.

Como observadora externa del desarrollo del proceso actuó la profesora Julia Ara, del Instituto de Formación Profesional "Pablo Serrano".

Como ejemplo de Memoria de la experimentación de esta Unidad Didáctica, sólo se adjunta la realizada en el Instituto de Bachillerato "María Moliner", como representativa de las demás y para evitar la excesiva extensión que supondría la inclusión de las otras dos memorias.

Características de la evaluación:

En la elaboración de esta Unidad Didáctica se ha considerado que la evaluación debe tener las siguientes características:

1. Amplia. Es decir, no solamente deben evaluarse conceptos, sino también todos los demás tipos de contenidos procedimentales y actitudinales que se deducen de los objetivos y actividades.
2. Continua. Es decir, evaluar el proceso mediante las actividades ya comentadas (diario del profesor, producciones de los alumnos a lo largo de la unidad, etc.), intentando superar el examen como único medio de evaluación, puntual y extrapolable.
3. Compartida por los alumnos y el profesor. Se considera de gran importancia que los alumnos tomen conciencia de sus avances, de sus estancamientos y de sus retrocesos, relacionándolos con el esfuerzo realizado y haciéndose responsables de su propio aprendizaje.
4. Operativa sobre la hipótesis previa, que es esta Unidad Didáctica. Debe cumplir las condiciones de la metodología experimental que caracteriza al trabajo científico: servir para rechazar, remodelar o aceptar la hipótesis previa, es decir, la programación, siendo un mecanismo de retroalimentación del currículo.

6

Memoria de la experimentación de la Unidad Didáctica

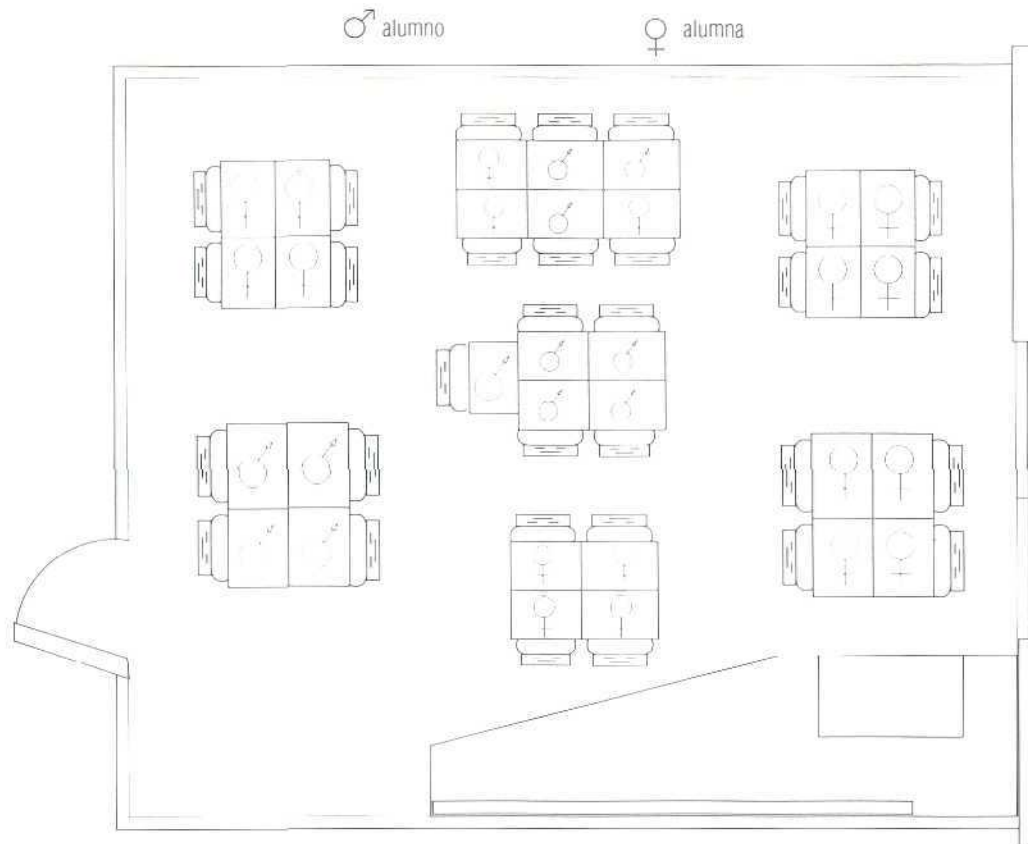
Desarrollo de la Unidad Didáctica

(Incidencias y modificaciones introducidas durante la puesta en práctica de la Unidad Didáctica en el aula).

La Unidad Didáctica se experimentó con un grupo de 1.º de B. U. P. del Instituto de Bachillerato "María Moliner" de Zaragoza, ubicado en el Barrio Oliver, barrio periférico con características especiales, ya que se trata de un barrio relativamente antiguo (años 40), formado por edificios de escasa altura, frecuentemente de una sola planta, con un cierto aire rural.

El grupo está formado por 31 alumnos/as, 20 chicas y 11 chicos. Solamente hay 3 repetidores.

Los grupos de trabajo son espontáneos y heterogéneos respecto al nivel intelectual, capacidad de participación, interés y laboriosidad de los miembros que los componen. Son relativamente permanentes y estaban acostumbrados al trabajo en grupo, y con bastante integración entre los miembros, pues han realizado numerosas actividades en grupo desde principio de curso.



Croquis de la distribución de los grupos en el aula

Primera sesión

Resultó bien desarrollada y temporalizada según lo previsto. Se realizó en la sala de audiovisuales. Después de contestar al cuestionario inicial (exploración de ideas previas, 10 minutos) se vió el primer capítulo de "La aventura de las plantas", serie de producción francesa emitida por TVE y que resulta adecuada como actividad motivadora y como introducción al tema.

Del estudio de las respuestas al cuestionario, salió la siguiente información sobre las ideas de los alumnos:

1. Los alumnos saben perfectamente que las plantas son seres vivos, pero un 13% cree que tienen menos vida que los animales.
2. Saben que, aunque no se desplazan, realizan movimientos lentos.

3. Saben que necesitan alimentarse, pero no tienen nada claro cómo, ni de qué se alimentan: un 23% cree que se alimentan de abonos orgánicos.
4. El 71% cree que las sustancias que toman las plantas para crecer proceden fundamentalmente de la tierra y del agua, por este orden de importancia. Este error resultará enormemente persistente como se verá en los datos de evaluación final. Sólo un alumno sabe que proceden del aire, del agua y, en tercer lugar, de la tierra.
5. El 93% sabe que las plantas necesitan luz para vivir. Un 7% cree que es conveniente, pero no necesaria.
6. Casi todos los alumnos (90%) saben que las plantas obtienen energía de la luz por las hojas. Algunos alumnos creen que también obtienen energía del aire y del agua, lo cual revela una deficiente comprensión del concepto de energía, imperfectamente delimitado del concepto de materia. Este problema va a interferir en el aprendizaje de los fenómenos fisiológicos de esta Unidad Didáctica, tales como fotosíntesis y respiración.
7. Gran disparidad de respuestas relativas a la respiración:
 - Un 20% cree que las plantas verdes respiran sólo de noche.
 - Un 35% cree que respiran solamente las hojas.
8. Un 50% sabe que las plantas transportan sustancias disueltas en un líquido, que circula por unos vasos, aunque solamente un 10% usa el término “savia”.
9. Un 81% cree que las plantas purifican el aire de impurezas contaminantes y humos, pero sólo el 73% sabe que desprenden oxígeno.
10. El 67% sabe que de las plantas verdes depende la vida de todos los animales, mientras que el 30% cree que sólo la vida de los herbívoros depende de ellas.

Segunda sesión

Los/as alumnos/as no tuvieron ninguna dificultad para elaborar un esquema o un *poster*, en pequeño grupo, sobre “La vida de las plantas”, pero los enfoques de los diversos grupos fueron tan dispares que fue imposible en la puesta en común, consensuar un mapa conceptual previo. Fué una sorpresa para el profesor, que esperaba que el vídeo de la sesión anterior (del que los/as alumnos/as habían tomado notas que emplearon en esta sesión), podría actuar como elemento organizador previo. En lugar del mapa conceptual previsto, los *posters* sirvieron para explicitar las ideas previas de los alumnos.

Finalizada la exploración de ideas previas se pueden hacer las siguientes observaciones:

- a) Hay preconceptos erróneos fuertemente arraigados, referentes a funciones, y que son un “hueso duro de roer” para las estrategias de enseñanza y aprendizaje que hemos elaborado. Estos errores son:
 - Respiración sólo de noche; contraria de noche que de día; contraria a la que realizan los animales; solamente en las hojas; respiración igual a intercambio de gases.
 - Los nutrientes de las plantas proceden del suelo (tierra y agua), pero no del aire.
 - El oxígeno del aire es energía, no materia.

-
- b) Los aspectos morfológicos son bastante conocidos y, conforme a lo esperado, no deben presentar dificultad; por ello se deben enfocar para el desarrollo de ciertas habilidades, tales como sistematización y clasificación.
 - c) Ausencia de un “marco natural de referencia”. Ello se debe a que los/as alumnos/as del Barrio Oliver son mayoritariamente hijos de la 1.^a y 2.^a generación de inmigrantes procedentes de pueblos de la región aragonesa, que sufren un efecto de desarraigo y lamentablemente han perdido la cultura rural de sus padres y abuelos. (Por citar un ejemplo, no se les ocurre que pueden utilizar “malas hierbas” que abundan en márgenes de los parques, en los solares, etc., pues “no saben que existen”. Al pedirles que traigan plantas creen que han de ser plantas de jardín o de una floristería.

En la actividad 5, ante la cuestión: ¿cómo podemos comprobar si nuestras ideas sobre las plantas son ciertas?, los/as alumnos/as propusieron consultar libros, observar ejemplares y realizar una salida al parque. Se les orientó sobre los ejemplares para el día siguiente (gramíneas, cinta, margarita, puerro, zanahoria, hiedra, jacinto, geranio, judía, una Vicia s.p., todo plantas enteras).

Tercera sesión

Los alumnos no respondieron bien a lo esperado, pues no aportaron todos los ejemplares que se habían comprometido a traer, con diversas excusas. Creemos que por las siguientes razones: coincidencia con fechas de exámenes de otras asignaturas, cansancio de fin de trimestre, alumnos acostumbrados a una enseñanza bastante pasiva y repetitiva que prefieren que “se lo den todo hecho”. Y también la ausencia de marco natural de referencia al que nos hemos referido anteriormente.

Esta sesión se alargó transformándose en dos. Se inició la elaboración de un mapa conceptual en la pizarra, sobre el cuerpo de las plantas verdes, que los/as alumnos/as iniciaron en su cuaderno, para ir completando a lo largo de toda la Unidad Didáctica.

Cuarta sesión

Se realizaron las actividades 8 y 9. Las únicas dificultades detectadas fueron el reconocimiento y diferenciación de tallos y raíces transformados, es decir, tubérculos y bulbos de raíces tuberosas y napiformes.

Quinta sesión

Se completó la morfología de las plantas verdes y se realizó la actividad 10, referente a las relaciones entre la morfología y el medio ambiente, terminando con una puesta en común e incorporando a su mapa conceptual la variabilidad morfológica de los órganos de las plantas verdes en relación con el medio ambiente.

Sexta sesión (5.^ª de la programación).

Se realizaron las actividades 11 y 12. En la lectura de Documentos de Historia de la Ciencia (de van Helmont y de Priestley), surgieron dificultades de comprensión del lenguaje. La actividad 12 resultó satisfactoria, con las difi-

cultades esperadas en lo referente a respiración. Se pidió a los/as alumnos/as, que investigaran y repasaran la respiración celular.

Séptima sesión (6.ª de la programación).

Con el concepto de ósmosis que se trabaja en la actividad 14, en el Experimento III, y en la actividad 15 de recapitulación, esquema y cuestionario, surgió una explicación errónea que sirve para mostrar la gran dificultad de la comprensión de la ósmosis: los alumnos creen que entre dos disoluciones acuosas de distinta concentración, separadas por una membrana semipermeable, "como la disolución concentrada pesa más que la diluida y es más densa, hace más fuerza y debe pasar el líquido del lado concentrado al lado diluido".

Ante tal dificultad, se puede suprimir de esta Unidad Didáctica el concepto de ósmosis sin pérdida notable, o mejor elaborar en colaboración con especialistas de física y química, una actividad sobre este concepto.

Octava sesión (no programada).

Se aprovechó el último día del 2.º trimestre (5 de abril), que en el centro se sustituyeron las clases por actividades variadas, para realizar dos actividades relacionadas con la Unidad Didáctica:

- Se plantaron algunos árboles y plantas herbáceas ornamentales en el recinto del Instituto.
- Se realizó una visita al Parque del Cabezo y al Jardín Botánico, en la que se observaron y describieron especies arbóreas y arbustivas, completando la hoja de trabajo de la actividad 9 e identificando por su nombre vulgar las más comunes: naranjo, vid, pino carrasco, pino silvestre, pino piñonero, sauce llorón, cedro, picea, abeto, ciprés, tuya, sabina, enebro, romero, chopo, álamo blanco, álamo temblón, encina, coscoja, fresno y boj.

Novena, décima y undécima sesiones (7.ª y 8.ª de la programación).

Se realizaron las actividades previstas, reforzando las que hacen referencia a fotosíntesis y respiración, tal como se había decidido tras la exploración de ideas previas. Las puestas en común resultaron más laboriosas de lo previsto. Completando el mapa conceptual, surgieron de los/as alumnos/as enlaces entre conceptos que no habían sido previstos por el equipo diseñador de esta Unidad Didáctica (formado por tres biólogos/as), para la selección de contenidos, lo cual me llenó de satisfacción.

Duodécima sesión (9.ª de la programación).

Los/as alumnos/as realizaron la comparación entre sus *posters* y esquemas iniciales (A4) y el mapa conceptual final. Respondieron al test final (5 minutos), prueba escrita (cuestionario 4) y encuesta.

Decimotercera sesión

Se realizó al cabo de una semana de la sesión anterior. Los alumnos pudieron comparar sus respuestas al pre-test y al postest, y de este modo cuantificar la autoevaluación de su cambio conceptual.

Valoración de la Unidad Didáctica

(Como hipótesis de trabajo)

Evaluación de contenidos conceptuales: ¿Ha habido cambio conceptual?

Comparación de porcentajes de alumnos que seleccionan como correctas estas frases en el test inicial y el test final

Frases	Test inicial	Test final
1. Las plantas son tan seres vivos como los animales	77%	100%
2. Las plantas, aunque no se desplazan, realizan movimientos lentos	84%	100%
3. Las plantas necesitan alimentarse	91%	100%
— No se alimentan de abonos orgánicos	47%	94%
— Fabrican su propio alimento	39%	91%
4. ¿De dónde proceden los nutrientes?		
— De la tierra y el agua	71%	39%
— Del aire, del agua y en tercer lugar de la tierra	3%	42%
5. Necesitan luz para vivir	93%	97%
6. Captan luz por las hojas	90%	100%
7. Respiran sólo de noche	20%	0%
— Respiran sólo las hojas	35%	10%
— Respiran como los animales	42%	94%
8. Transportan las sustancias disueltas en agua, por unos vasos conductores	50%	90%
9. Purifican el aire	81%	90%
— Absorben dióxido de carbono y liberan oxígeno	73%	87%
10. Toda la vida animal depende de las plantas	67%	97%
— Sólo la vida de los herbívoros depende de las plantas verdes	30%	0%

Estos datos nos permiten afirmar que sí ha habido un cambio conceptual significativo, pero también señalar la persistencia de ciertos errores sobre la respiración y sobre la procedencia de los nutrientes de las plantas.

Los/as alumnos/as pudieron también autoevaluar su cambio conceptual, comparando individualmente la puntuación de su test inicial con la de su test final, resultando que:

- El 60% de los/as alumnos/as han tenido un progreso de 5 o más puntos, considerado muy significativo.
- El 16% de los/as alumnos/as han tenido un progreso de 2 a 5 puntos, considerado significativo.
- Un 20% de los/as alumnos/as apenas ha avanzado (1 punto o menos de un punto de diferencia entre el test inicial y el final).
- Un 4% (un/una solo/a alumno/a) aparentemente ha retrocedido, perdiendo 2 puntos entre el pretest y el postest.

Hay que destacar que entre los/as alumnos/as que nada o apenas avanzaron o aparentemente retrocedieron se encuentran:

- Dos con posibles disfunciones intelectuales y/o afectivas, que fueron detectadas y analizadas por la junta de evaluación del grupo.
- Un/a alumno/a repetidor que ha faltado reiteradamente a las sesiones del desarrollo de la Unidad Didáctica.
- Un/a alumno/a que partió de un nivel muy alto y que tuvo dificultades para adaptarse al trabajo en grupo.

Prueba de evaluación

Basándonos en los resultados de esta prueba se puede señalar una notable mejoría en los resultados respecto a los que se obtienen habitualmente con este grupo de alumnos: El 76% superan la prueba satisfactoria o muy satisfactoriamente. Habitualmente este porcentaje se sitúa en torno al 55%.

Evaluación de contenidos procedimentales y actitudinales

Mediante la observación en el aula del trabajo individual y en equipo, se ha podido constatar una satisfactoria consecución de los objetivos. Podemos destacar la práctica de habilidades relativas a sociabilidad, participación, diálogo y discusión, que han sido valoradas muy positivamente por los/as alumnos/as en la encuesta.

En cuanto a las habilidades intelectuales propias del trabajo científico hipotético-deductivo, se han evaluado, con la observación en el aula, mediante la prueba de evaluación y mediante todas las producciones de los alumnos a lo largo del desarrollo de la Unidad Didáctica. Dicha evaluación plantea una clasificación de procedimientos científicos según su grado de dificultad:

- Procedimientos fáciles. Se pueden desarrollar perfectamente a la edad de catorce y quince años: observar, describir, clasificar, buscar información y seguir una guía de trabajo práctico.
- Procedimientos difíciles. Resultan poco asequibles para un buen número de los/as alumnos/as de estas edades: establecer criterios de clasificación, jerarquizar, emitir hipótesis, distinguir entre teorías y hechos, analizar resultados y sacar conclusiones.

Las actitudes, valores y normas se han evaluado cualitativamente mediante la observación en el aula y con el apoyo de una profesora observadora externa, ajena al centro. Es difícil dar una valoración (en términos de éxito o fracaso) sobre los contenidos actitudinales adquiridos por los/as alumnos/as. Podemos, sin embargo, señalar, que el método de trabajo que hemos seguido en esta Unidad Didáctica, es más propicio para la adquisición y desarrollo de este tipo de contenidos que el "método tradicional":

- Los alumnos, en general, se han responsabilizado del trabajo en grupo (aunque en los grupos suele haber alguien que "tira" y alguien que se deja llevar).
- Se han responsabilizado del trabajo individual, pero no de forma tan generalizada como del trabajo en grupo.
- La actitud de participación y colaboración en el aula ha sido elevada y espontánea.

Evaluación del proceso de aprendizaje

Mediante la observación en el aula, la encuesta final y con la ayuda de la evaluadora externa se ha realizado una evaluación y autoevaluación por parte de los alumnos, del proceso de aprendizaje.

Los resultados de la encuesta final, que adjuntamos a continuación, muestran una acogida muy favorable de la experiencia, por parte del alumnado.

La observación propia, recogida en el diario de clase, es bastante coincidente con la opinión de los/as alumnos/as.

Creo conveniente señalar, sobre la metodología seguida, varias reflexiones personales:

1. Esta metodología propicia la incorporación al proceso de aprendizaje de un tipo especial de alumno, no raro en nuestras aulas: muy movido, poco trabajador y poco brillante con el método tradicional; suele estar condenado al fracaso escolar si se evalúan solamente contenidos conceptuales mediante exámenes, pero tremendamente participativo, activo y colaborador ante cualquier tarea original y creativa. Lamentablemente, estos alumnos suelen encauzar su energía vital fuera del ámbito académico, porque se "ahogan" con la metodología pasiva y repetitiva, harto frecuente.
2. La gran heterogeneidad de desarrollo intelectual (etapa piagetiana) del alumnado, explica el que una misma actividad, como la observación y clasificación de ejemplares vegetales, sea valorada como muy interesante por determinados alumnos y calificada de aburrida por otros. ¿Cómo diseñar actividades para que los alumnos más retrasados progresen sin que los más aventajados se aburran? Creo que éste es un gran problema para la futura Educación Secundaria Obligatoria, aún sin resolver a nivel teórico.
3. El trabajo en pequeño grupo es fundamental para abordar el problema anterior y permite, si no resolverlo, sí, al menos, evitar que ciertos alumnos se desentiendan de las actividades del aula : los alumnos más brillantes pueden encauzar su iniciativa ayudando a los menos aventajados dentro de su pequeño grupo, y de este modo consolidar su propio aprendizaje (y hacer parte del trabajo del profesor).

Resultados de la encuesta final

(Alumnos encuestados: 26)
Actividad 26. Encuesta Final

Vamos a valorar el trabajo realizado en el tema de "La vida de las plantas verdes", y para ello debes contestar con sinceridad y opinar con respecto a las siguientes cuestiones:

1. Comparando el proceso que se ha seguido con este tema, con el resto del programa de CIENCIAS NATURALES es: (subraya la contestación con la que estés de acuerdo).

Más entretenido	26	Igual	0	Menos entretenido	0
Mayor trabajo	1	Igual	24	Menor trabajo	1
Mayor aplicación en la práctica	23	Igual	3	Menor aplicación	0
Más difícil de entender	2	Igual	3	Menos difícil	21
Para trabajar de forma individual	0	Igual	1	Para trabajar en grupo	25
Se presta más a la participación	25	Igual	1	Menos	0

2. Crees que esta forma de trabajar:

¿Es demasiado rápida?	Sí	2	Normal	22	No	2
¿Se asimilan mejor los conceptos?	Sí	22	Normal	3	No	1
¿Hay que estudiar mucho en casa?	Sí	0	Normal	21	No	5

El trabajo en grupo es:

Entretenido	21	Hace perder el tiempo	0	Facilita un mejor conocimiento del tema	23
-------------	----	-----------------------	---	---	----

3. Indica las tareas que has realizado mejor

Las respuestas muestran *gran dispersión*. Las más frecuentes son: observar y clasificar ejemplares, cuestionarios y trabajo en grupo.

4. Indica las tareas que no has realizado o no has trabajado correctamente.

Igualmente gran dispersión. Las más frecuentes: cuestionarios (contradictorio con la anterior) y experimentos.

5. Señala con una cruz el motivo o motivos por los que no las has hecho o las has realizado de forma incorrecta:

Las más señaladas, por orden de frecuencia (núm. ordinal situado a la derecha.)

- Falta de interés
- Falta de tiempo: 3.^a
- No sabía hacerlas: 1.^a
- No me apetecía.
- No estaban suficientemente claras: 2.^a
- Mi equipo de trabajo no funcionaba bien
- Otras (indicar cuáles)

6. Qué ideas o aspectos de esta unidad te han parecido:

(También aquí hay gran dispersión)

- **Más interesantes:** observación y clasificación de ejemplares y experimentos.
- **Más difíciles:** lecturas y hacer deberes y clasificación de ejemplares.
- **Peor trabajados:** experimentos y clasificación de ejemplares.
- **Insuficiente explicados:** efecto invernadero, deforestación y desertización.
- **Mejor aprendidos:** morfología y respiración.

7. Valora la labor realizada por el grupo de alumnos/as.

Bien 22 Normal 4 Poca

8. ¿Qué ideas tenías antes, sobre la morfología y nutrición de las plantas verdes, y qué cambiarías de ellas después de haber estudiado esta unidad?

Hay gran diversidad de respuestas formalmente muy distintas, pero al analizarlas se observa que casi todas hacen referencia a nuevos conceptos de las funciones de nutrición (respiración, fotosíntesis, transpiración). Hay que destacar que tres alumnos dicen expresamente que han aprendido que los nutrientes cuantitativamente fundamentales para las plantas verdes proceden del aire, el CO₂, y agua, y no "tierra" o sales minerales como creían anteriormente.

Posibles modificaciones a introducir

Numerosas modificaciones a realizar han sido ya sugeridas. Queremos concretar algunas de ellas:

- 1.º) La duración temporal de la Unidad Didáctica, que podría ser de cuatro sesiones más de las programadas.
- 2.º) A discreción del profesor y según las circunstancias del grupo, convendría adecuar algunos de los recursos para el aula:
 - El cuestionario inicial (pretest), que ha resultado difícil de valorar, y algunos de los *items* admiten dos interpretaciones.
 - El estudio de documentos, particularmente de Historia de la Ciencia, conviene que se acompañe de un pequeño glosario de términos, que el profesor puede ir señalando a lo largo de las sesiones y los alumnos deben recopilar en un apartado de su cuaderno.
 - Al entregar a los alumnos las guías para realizar experimentos, deben ser acompañadas con alguna orientación verbal sobre detalles de su desarrollo por parte del profesor. Ciertos detalles que son evidentes y triviales para un laborante experimentado, y que por ello nunca se escriben, son ignorados por la generalidad de los alumnos, y no hay nada tan desmotivador como el que una práctica "no salga".
- 3.º) Es posible omitir el concepto de ósmosis al explicar la absorción radicular y el transporte. Ese concepto es difícil e innecesario, pues los/as alumnos/as comprenden perfectamente esos procesos fisiológicos sin manejar aquel concepto físico.

1

Guía del alumno. Recursos para el aula

Actividades

ACTIVIDAD 1. ¿Qué sabemos sobre la vida de las plantas?

CUESTIONARIO

1. Las siguientes afirmaciones, según tu opinión, ¿son verdaderas, falsas o dudosas?

	V	F	D
— Las plantas no son seres vivos y los animales sí que lo son	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Las plantas tienen vida, pero menos que los animales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Las plantas son tan seres vivos como los animales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Las plantas no se mueven

— Las plantas no se desplazan, pero realizan movimientos lentos.....

V	F	D
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Las plantas no necesitan alimentarse

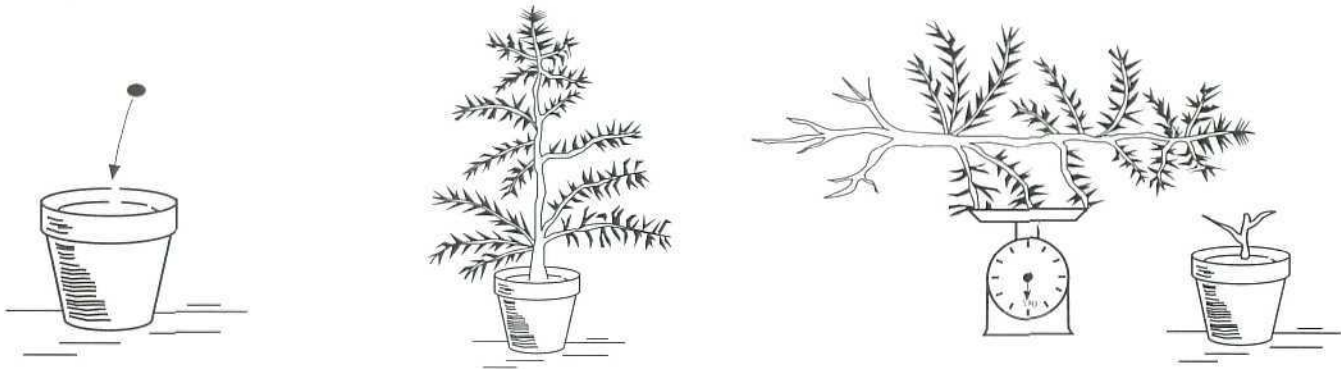
— Las plantas se alimentan de estiércol y otras sustancias en descomposición.....

V	F	D
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

— Las plantas fabrican ellas mismas su propio alimento.....

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

4. Fíjate en los dibujos



Semilla de pino
+
maceta y tierra

5 años
+
sol y lluvia

árbol de 5 kg
+
maceta y tierra

¿De dónde toma el pino las sustancias que necesita para crecer? Selecciona las respuestas por orden de importancia cuantitativa.

	1.º	2.º	3.º	4.º
a) De la tierra de la maceta.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Del agua de lluvia.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Del aire, de la atmósfera.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) De otras fuentes (señala cuáles).....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Las siguientes afirmaciones, según tu opinión, ¿son verdaderas, falsas o dudosas?

	V	F	D
— Las plantas necesitan de la luz para vivir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Podrían sobrevivir sin luz, pero con ella están más bonitas y verdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Contesta brevemente a las siguientes preguntas:

6.1. ¿Qué tipo de energía utilizan las plantas verdes para realizar sus funciones vitales?

6.2. ¿Cómo captan esa energía para utilizarla después?

7. Las siguientes afirmaciones, según tu opinión, ¿son verdaderas, falsas o dudosas?

	V	F	D
— Las plantas respiran sólo de noche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Del las partes del “cuerpo” de las plantas, solamente respiran las hojas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Las plantas, para respirar, toman oxígeno y desprenden dióxido de carbono, igual que los animales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. ¿Cómo se transportan por la planta las sustancias que utiliza para su alimentación?

9. Las siguientes afirmaciones, según tu opinión, ¿son verdaderas, falsas o dudosas?

	V	F	D
— Las plantas purifican el aire, limpiándolo de humos e impurezas de todo tipo.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Las plantas renuevan el aire, ya que absorben dióxido de carbono y desprenden oxígeno pero no pueden eliminar otros contaminantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Si desaparecieran las plantas verdes de la faz de la Tierra, todos los animales morirían al cabo de cierto tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— En el caso anterior, sólo morirían los herbívoros, por falta de alimento.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Dibuja una planta verde que conozcas.

Estructura interna de la hoja

DOCUMENTO

En un corte (muy fino) de hoja, se puede observar las siguientes partes, desde el haz al envés:

- a) La epidermis, que es una capa de células sin clorofila, recubierta por la cutícula, que la impermeabiliza. La epidermis es transparente por lo que deja pasar la luz.
- b) Parénquima clorofílico empalizada, formado por células alargadas con abundantes granos de clorofila, sin espacios libres entre las células (por eso se llama empalizada).
- c) Parénquima clorofílico lagunar, formado por células clorofílicas con grandes huecos entre ellas, por los que pueden circular libremente los gases. Entre este tejido se encuentran los vasos conductores de los nervios.
- d) La epidermis del envés, con abundantes estomas. Cada estoma está formado por dos células en forma de riñón y con cloroplastos, dejando un hueco entre ellas llamado ostiolo, que se abre y cierra según las necesidades de la planta, regulando los intercambios de gases y eliminación de vapor de agua.

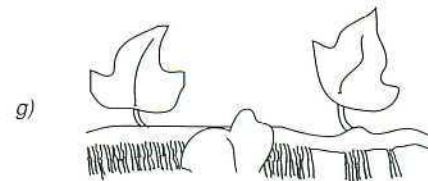
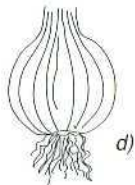
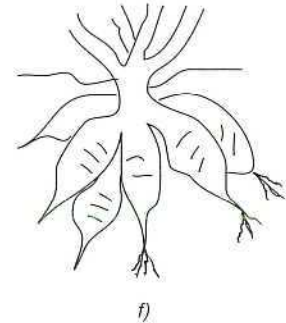
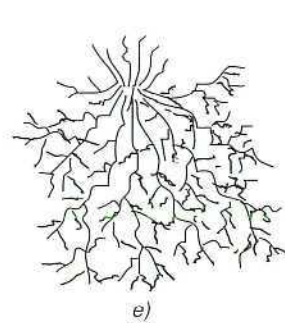
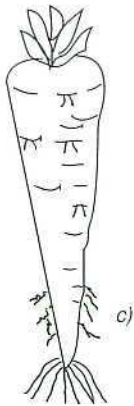
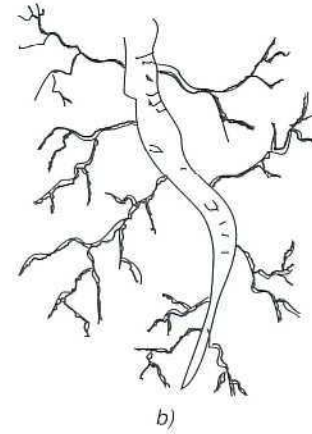
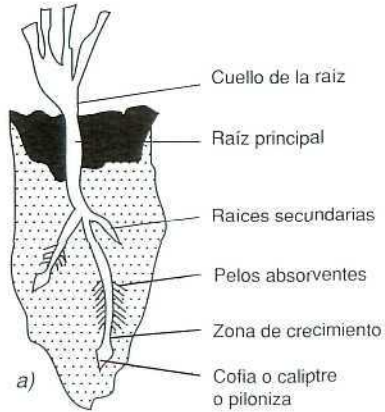
Para observar los estomas puedes realizar la siguiente experiencia:

Coge una hoja de lirio, puerro o similar (paralelinervia). Rasga mediante una cuchilla un poco de la película transparente que la recubre (cutícula). Colócala sobre un portaobjetos con una gota de agua. Pon encima el cubreobjetos y obsérvala al microscopio. Dibuja las imágenes en tu cuaderno.

ACTIVIDAD 8. ¿Cómo podemos clasificar los diferentes órganos de las plantas?

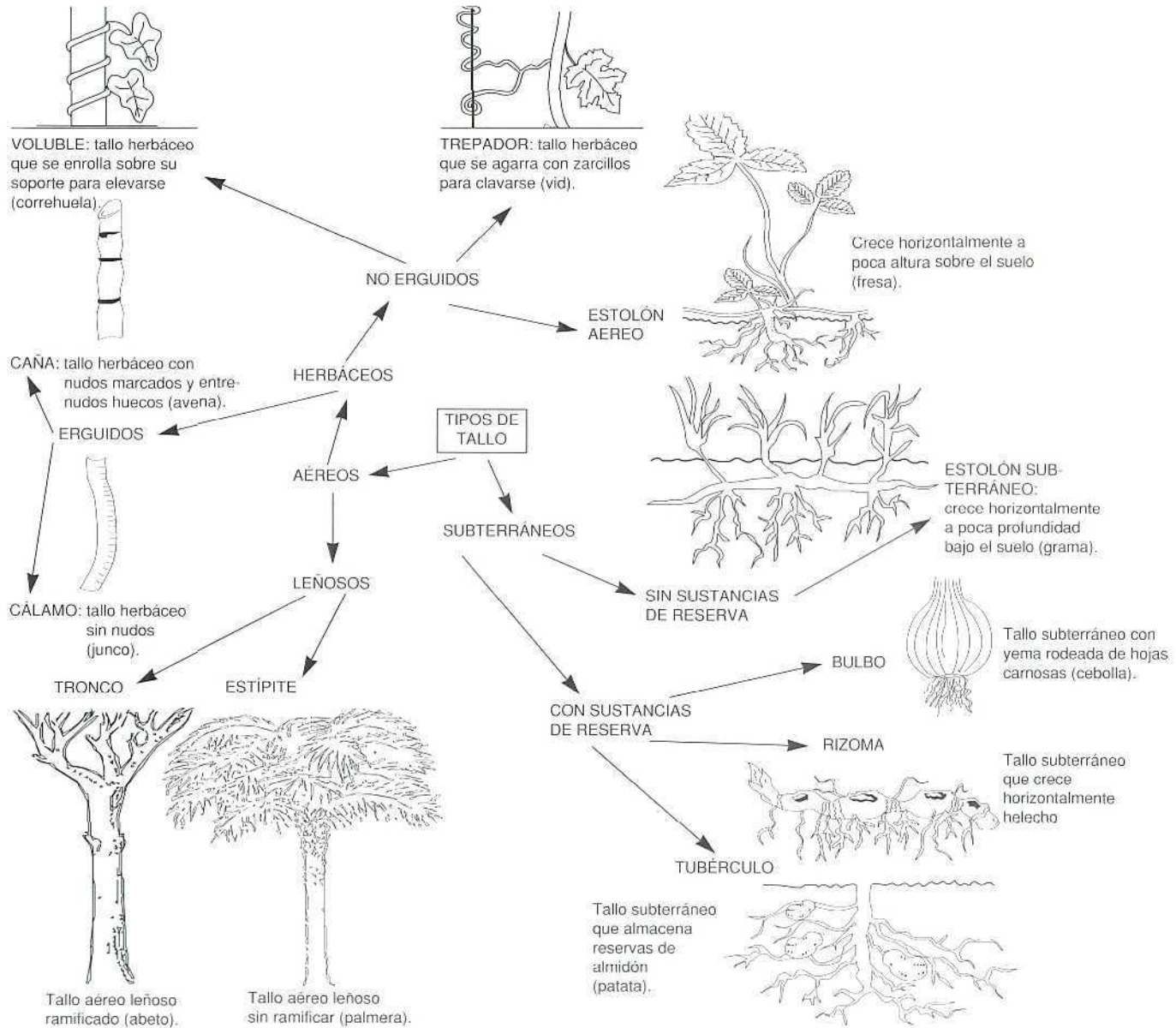
La raíz

ESQUEMA



El tallo

ESQUEMA



Las hojas

ESQUEMA

Disposición en el tallo



esparcidas



alternas



basales



opuestas



deciusadas



verticiladas

Tipos de hojas

Tipos de hoja según las partes de que consta y su disposición



simple



pinnalícompuesta



palmalícompuesta



sesil



peliada

Forma de limbo



ovada



oval



cordiforme



lanceolada



acicular



espatulada



linnar

Tipos de hoja según el borde del limbo



entera



serrada



dentada



hendida



partida



socia

Tipos de hojas según la nerviación



pinnalínervia



palmalínervia



paralelínervia



uninervias

HOJAS MODIFICADAS

escama



espina

zarcillos

ACTIVIDAD 9. Descripción morfológica de las plantas.

Estudio y clasificación de ejemplares

HOJA DE TRABAJO

Alumno/a:

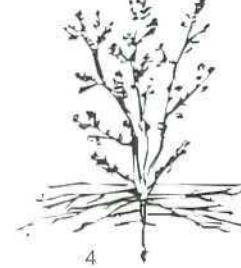
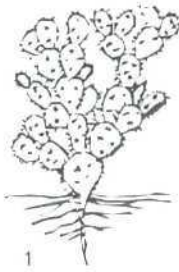
Descripción morfológica de las plantas									
Planta NOMBRE	Tipo de RAÍZ		Tipo de TALLO		HOJAS				
					Descripción en el tallo	Inserción en el tallo	Simples/ compuestas	Forma del limbo	Borde

ACTIVIDAD 10. ¿Qué relación hay entre la diversidad morfológica y el medio ambiente?

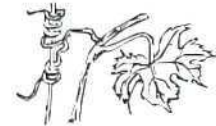
Adaptación al medio ambiente

CUESTIONARIO

El cormo presenta las siguientes partes: raíz, tallo y hojas. Cada una de estas partes tiene una gran variedad de formas y tamaños, de acuerdo con los modos de vida de la planta; estas formas son respuestas a las necesidades de subsistencia en los diferentes medios o hábitats en que pueden encontrarse.

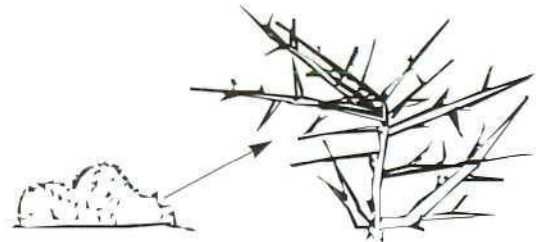


1. ¿Por qué la raíz de la figura 3 presenta este grosor?
2. La planta de la figura 1 es un cactus:
 - ¿Qué condiciones climáticas crees que serán la causa de la forma del tallo de este cactus? ¿Qué almacena el cactus en su tallo?



3. ¿Para qué crees que le sirve el tallo modificado en zarcillo a esta planta?
4. La planta de la figura 2:
 - ¿Por qué crees que presenta grandes hojas?
 - ¿A qué tipo de medio estará adaptada?

5. Si comparas la planta de la figura 4 con la planta 2:
 - ¿Por qué sus hojas son más pequeñas?
 - ¿A qué se debe que la raíz esté totalmente extendida?



6. El erizón es un matorral frecuente en el prepirineo y pirineo aragonés. Su forma es la de un matorral "almohadado" y muy espinoso. ¿A qué diferentes condiciones crees que ha debido adaptarse el erizón?
7. El acebo es un matorral cuyas hojas inferiores son muy espinosas, pero no lo son las de la parte más alta del matorral. ¿Cómo podrías explicar esta adaptación?

ACTIVIDAD 11. ¿De qué se nutren las plantas verdes?

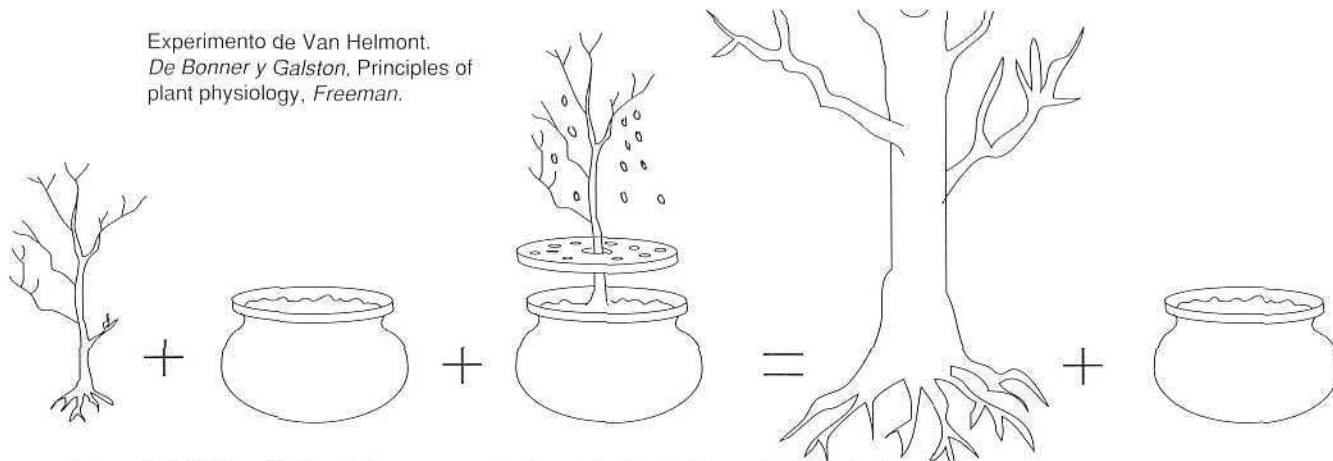
Experimento de van Helmont

DOCUMENTO

En el siglo diecisiete un químico flamenco, Van Helmont, realizó un famoso experimento, cuyo esquema puede verse en la figura 81. Y escribió:

“Tomé una maceta, puse en su interior 90 kg de tierra que había secado en un horno, la empapé en agua y planté en ella un vástago de sauce que pesaba 2'26 kg. Una vez transcurridos cinco años, el árbol había aumentado unos 77 kg. Pero la maceta únicamente fué regada con agua de lluvia o (cuando fue necesario) con agua destilada; y era grande (en tamaño) y estaba hundido en la tierra; y para evitar que el polvo del aire de su alrededor se mezclara con la tierra, el borde de la maceta se resguardó, cubriéndolo con una lámina de hierro recubierta de estaño y horadada por muchos agujeros. No calculé el peso de las hojas que cayeron en los cuatro otoños. Por último, sequé de nuevo la tierra de la maceta y se encontraron los mismos 90 kg menos unos 56 g; por lo tanto unos 74 kg de madera, corteza y raíz habían crecido sólo del agua.”

Experimento de Van Helmont.
De Bonner y Galston, Principles of
plant physiology, Freeman.



vástago de 2,26 Kg. + 90 Kg. de tierra seca + 5 años = árbol de 77 Kg. + 89,99 Kg. de tierra seca
con sólo el agua de lluvia

- ¿Por qué crees que van Helmont secaba la tierra cada vez antes de pesarla?
- ¿Qué puedes deducir de las dos pesadas de la tierra?
- No hay duda de que el sauce incrementó su peso de modo considerable; van Helmont dedujo que este incremento procedía del agua. ¿Estás de acuerdo con él o tienes algunas otras explicaciones?

Experimento de Priestley

DOCUMENTO

Joseph PRIESTLEY, científico británico del siglo XVIII, realizó un famoso experimento que quizá nos sirva para extraer alguna conclusión sobre la nutrición de las plantas verdes. Veamos cómo nos lo cuenta el mismo Priestley:

"Me es grato decir que yo he averiguado, accidentalmente, un método para renovar el aire que se ha viciado al arder una vela, y que he descubierto, por lo menos, uno de los métodos de renovación que la naturaleza emplea para este fin. Este es la vegetación.

El día 17 de agosto de 1771, coloqué un brote de menta en cierta cantidad de aire en el que había quemado una vela de cera, y encontré que el día 27 del mismo mes otra vela quema en él perfectamente. He repetido este experimento sin la menor variación no menos de ocho a diez veces en el resto del verano.

Dividí varias veces la cantidad de aire en el que había quemado la vela en dos partes y colocando la planta en una de ellas, y dejando la otra tal como estaba, pero sin planta; y nunca dejé de encontrar que una vela podía quemar en el primero, pero no en el último."

"...Con esta ramita de menta, cuando llevaba algunos meses creciendo en el recipiente cerrado, el aire no apagaba la vela ni producía daño alguno a un ratón que puse dentro."

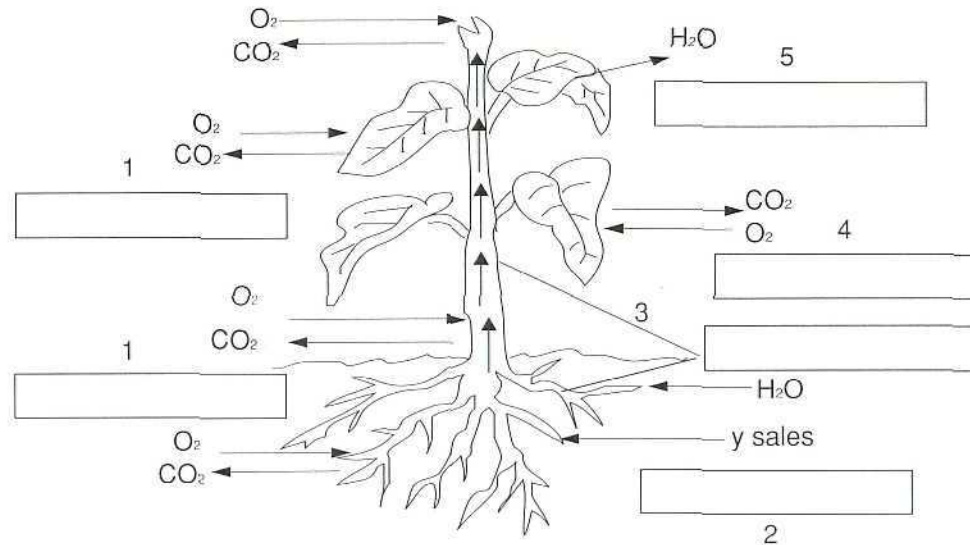
- a) ¿Qué material sería necesario para repetir este experimento?
- b) Señala los pasos que hay en el desarrollo del experimento.
- c) ¿Cuál es la conclusión que saca Priestley?
- d) ¿Se puede deducir alguna otra conclusión que nos informe sobre la nutrición de las plantas verdes?
- e) ¿Influiría en el resultado del experimento el que se realizara en la oscuridad?

Recuerda que al arder una vela se produce una reacción de combustión entre la cera, que se va consumiendo, y el oxígeno del aire, que también se consume en la reacción.

ACTIVIDAD 12. ¿Cuáles son los intercambios de materia entre las plantas y el ambiente?

ESQUEMA Y CUESTIONARIO

(se volverá a utilizar en las actividades 15 y 19)



PREGUNTAS:

1. ¿Qué proceso ocurre en todas las células de la planta, que requiere tomar O₂ del aire y desprender CO₂?
2. ¿Qué proceso ocurre en las células de las partes verdes de la planta, que requiere tomar CO₂ del aire y desprender O₂?
3. Los recuadros vacíos del dibujo se corresponden con los procesos fisiológicos que realizan las plantas. Observando con atención la figura, rotula cada recuadro con el nombre que corresponde, y escribe aquí dichos nombres:

- | | |
|----|----|
| 1. | 2. |
| 3. | 4. |
| 5. | |

4. ¿Cuáles son los alimentos de la planta, que se producen en la hoja como resultado del proceso número 4?
5. ¿Cuáles son las sustancias que toma la planta del medio para formar su alimento?

ACTIVIDAD 13. ¿Cómo podemos comprobar nuestras hipótesis sobre los intercambios entre las plantas y el ambiente?

EXPERIMENTO I

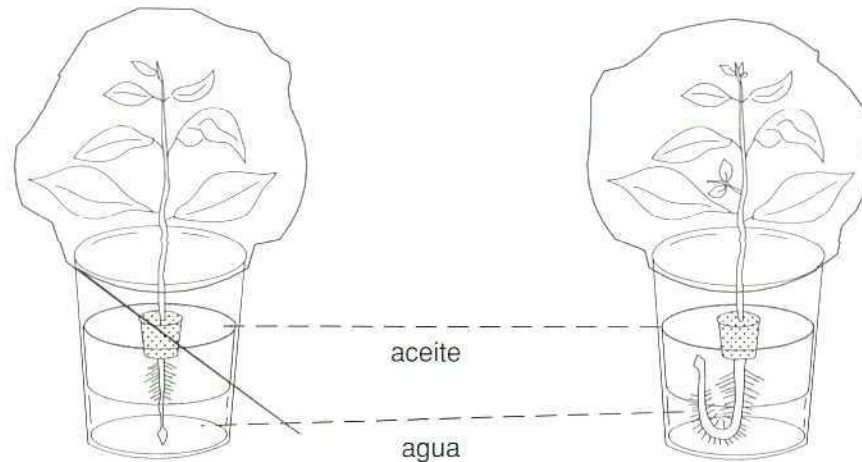
En la actividad anterior hemos expuesto lo que pensamos sobre los procesos vitales que realiza la planta. Para comprobar si estamos en lo cierto podemos realizar una pequeña investigación con múltiples experiencias posibles, como por ejemplo la que aquí se explica. Pero a vosotros se os pueden ocurrir muchas otras.

Preparad dos vasos corrientes, llenando de agua sus dos terceras partes y completando su contenido con aceite común. En el primer vaso se coloca una de las plantitas, curvando su raíz de manera que sólo quede sumergida en el agua la región de los pelos absorbentes. Tanto la cofia como la región lisa quedan sumergidas en el aceite sobrenadante. La plantita puede sujetarse por medio de un corcho perforado, por el cual se hace pasar la raíz.

En el segundo vaso se introduce la plantita correspondiente de manera que sólo la cofia se introduzca en el agua, mientras que la zona absorbente queda embebida en el aceite. Sujetar la planta del mismo modo que la anterior y dejar así los vasos, observando lo que ocurre al cabo de unas horas.

Cada una de las dos plantas se recubre con una bolsa de plástico transparente, cuya boca se ajusta al vaso mediante una goma elástica. Se dejan a la luz durante veinticuatro horas.

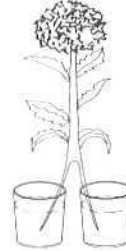
1. Observa lo que ocurre en cada una de las dos plantas.
2. ¿Cómo se pueden explicar los resultados? ¿Concuerdan con nuestras ideas sobre los procesos vitales de la planta? ¿Nos dan alguna información nueva?



ACTIVIDAD 14. ¿Cómo trabaja el tallo?

EXPERIMENTO II

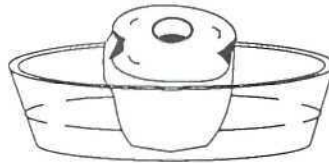
El experimento lo puedes realizar con un clavel blanco. Corta a lo largo el rabo del clavel de forma que quede partido en dos por la parte inferior. Mete cada mitad en un vaso con agua teñida de rojo y azul respectivamente. Al cabo de unas horas el agua habrá alcanzado la parte superior del tallo, y la flor quedará coloreada mitad de rojo y mitad de azul. ¿Que te demuestra esto?



¿Cómo penetra el agua del exterior a las células de la planta

Observación de la ósmosis.

EXPERIMENTO III



Pela la mitad de una patata grande y corta el fondo de la patata pelada para que quede plano. Haz un agujero en el centro de la patata por el otro lado. A continuación mete la parte pelada en un plato con agua (como indica el dibujo). ¿Qué observas al cabo de poco tiempo? ¿Se pueden aplicar los resultados de este experimento a alguna de las funciones de nutrición que realiza el cormo?

¿Para qué pierde agua la planta evaporándola por sus hojas?

Observación de la transpiración

EXPERIMENTO IV

Toma una maceta con su planta (utiliza una maceta que tenga necesidad de mucho riego) y envuelve esta con una bolsa de plástico, cerrándola en torno al tallo con una goma elástica (anudándola no demasiado fuerte). Riega a continuación y pon la maceta en un lugar soleado.

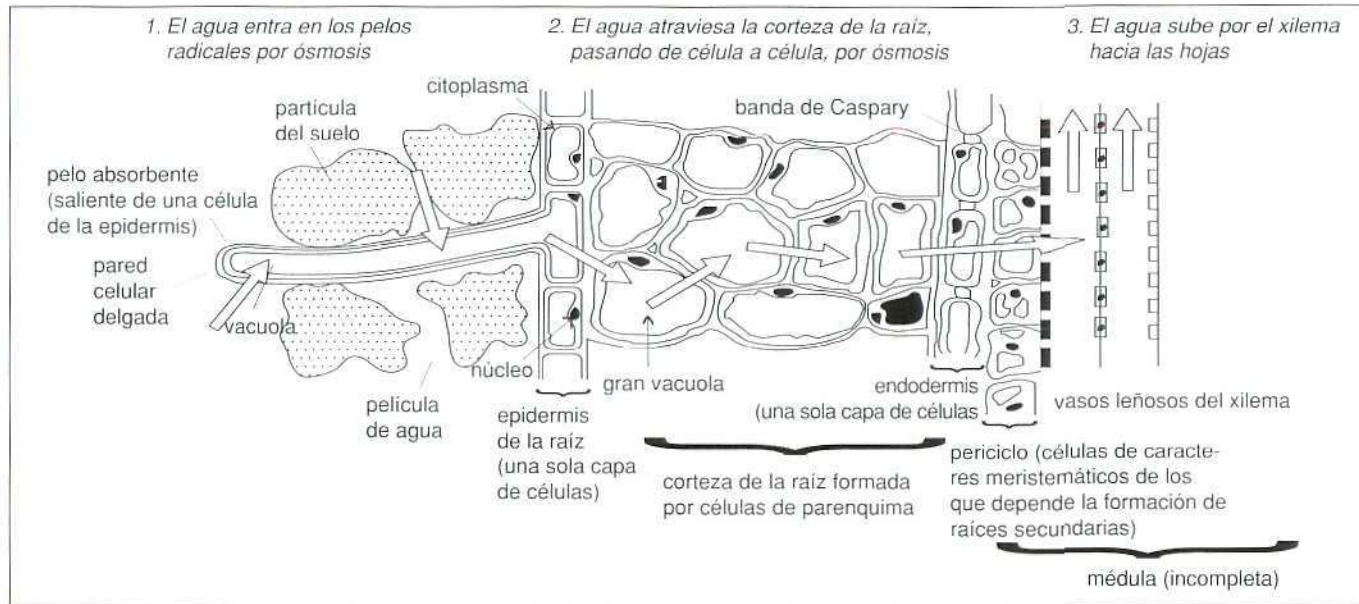


Al cabo de unas horas: ¿Qué observas en el interior de la bolsa? ¿De dónde procede eso que observas? ¿Crees que la transpiración ayuda a que la savia bruta ascienda desde la raíz hasta las hojas? Razona la respuesta.

ACTIVIDAD 15. ¿De qué modo las raíces absorben el agua del suelo?

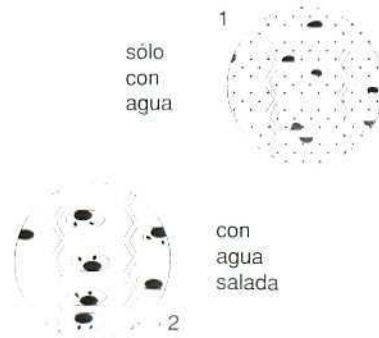
Incorporación del agua por las raíces

ESQUEMA



La entrada y salida del agua en las células, por ósmosis, se puede observar con este experimento:

Con la punta de la lanceta se hace una incisión no profunda en la cara interior de un pétalo de clavel rojo (se utiliza un clavel rojo o pétalos de flores que tengan colores intensos, porque las vacuolas de sus células están coloreadas). Con la punta de las pinzas se rasga y se consigue un pequeño fragmento de la epidermis.



El material obtenido se lleva directamente sobre el porta-objetos con una gota de agua, se coloca el cubreobjetos y se observa con el microscopio la figura 1.

Se prepara un segundo fragmento de epidermis de un pétalo y llevándolo sobre un porta-objetos, en el que previamente se han colocado unas gotas de disolución concentrada de sal común. Se pone un cubreobjetos y se observa al microscopio la figura 2.

CUESTIONARIO

- a) Fijándote en las figuras 1 y 2 ¿Cómo explicarías la dirección que lleva el agua? Señálalo con unas flechas sobre la figura correspondiente.
- b) Fijándote en el esquema de la incorporación del agua por las raíces: ¿Por qué crees que el agua va pasando de célula a célula por ósmosis?
- c) ¿Qué puede ocurrir si riegas una planta con agua salada o le añades una elevada concentración de abonos químicos?
- d) Para que el agua pueda penetrar a través de la epidermis de los pelos absorbentes: ¿Crees que la disolución del suelo contendrá sales en mayor concentración que en el interior de las vacuolas de las células?

ACTIVIDAD 16. ¿Cuál es el alimento de las plantas verdes y cómo lo obtienen?

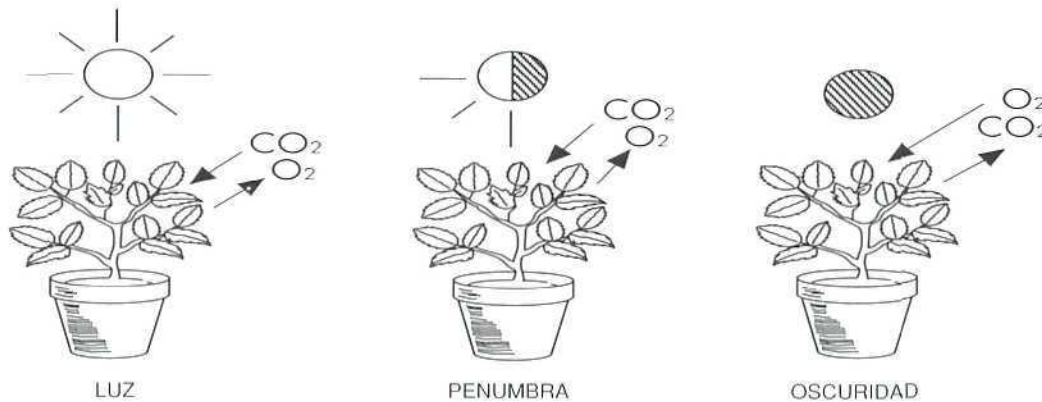
CUESTIONARIO

1. ¿Para qué usan los seres vivos los alimentos?
2. ¿Cómo obtienen las plantas verdes su alimento?
3. ¿En qué partes de la planta se fabrica el alimento?
4. ¿Qué sustancias utilizan las plantas para fabricar el alimento?
5. ¿Qué papel desempeña la clorofila en la fabricación de alimentos?
6. ¿Por qué las plantas verdes necesitan de la luz para vivir?
7. Si la energía ni se crea ni se destruye: ¿En qué se transforma la energía luminosa captada por la clorofila?
8. ¿Cómo definirías la fotosíntesis?

ACTIVIDAD 18. ¿De dónde obtienen las células de las plantas la energía que necesitan para sus funciones vitales?

CUESTIONARIO

- ¿Cómo obtienen la energía que necesitan continuamente todas las células de la planta para vivir?
- ¿De dónde obtienen esa energía?
- Observa el siguiente esquema y contesta las preguntas:



- ¿Qué procesos ocurren?
 - ¿En qué partes de la planta ocurre cada uno de los procesos?
 - ¿Qué proceso predomina en cada caso?
- Es frecuente sacar fuera de los dormitorios las plantas durante la noche.
 - ¿En qué se fundamenta esta costumbre?
 - ¿Está justificado hacer esto con las plantas y no obstante permitir la estancia de animales domésticos de regular tamaño (como perros y gatos) en los dormitorios durante la noche?
 - Responde a las siguientes preguntas referentes a la respiración:
 - ¿Respiran todas las células de la planta?
 - ¿Respiran siempre?
 - ¿Respiran de la misma manera de día que de noche?
 - El intercambio de gases que realiza la planta, toma de oxígeno y desprendimiento de dióxido de carbono: ¿Es realmente el proceso de respiración de las células o es solamente una consecuencia de este proceso?

ACTIVIDAD 19. ¿Se nutren de la misma manera todas las células de las plantas?

Semejanzas y diferencias entre las células verdes y no verdes de la planta

CUESTIONARIO

Utiliza como apoyo, el esquema y cuestionario de la actividad 12.

1. Haz una relación de todas las funciones que realizan las células vegetales.
2. ¿Qué funciones son comunes a todas las células?
3. ¿Qué funciones son exclusivas de las células verdes, o de las hojas y por qué?
4. ¿Cómo obtienen el alimento las células de las hojas?
5. ¿Cómo obtienen el alimento las células de la raíz, del interior del tallo y, en general, de los órganos no verdes?

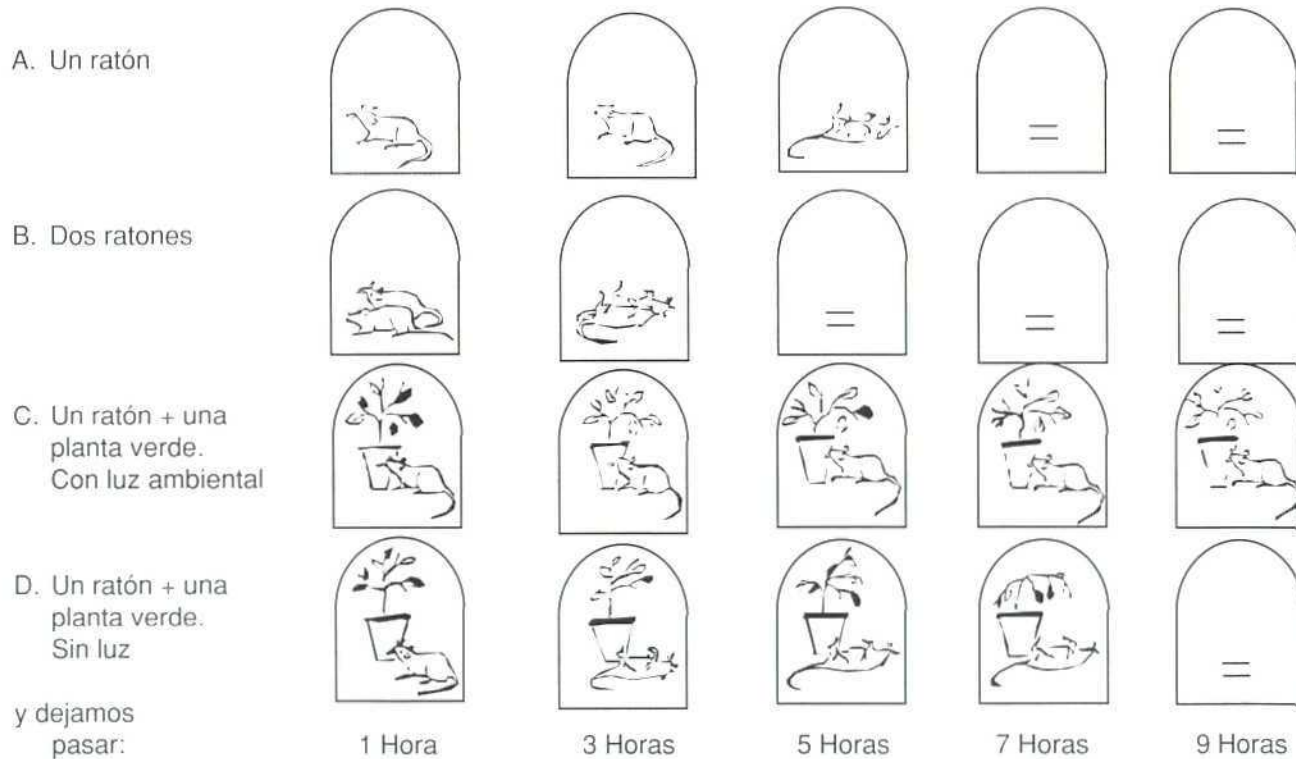
ACTIVIDAD 20. ¿Qué relaciones hay entre las funciones de nutrición de los animales y vegetales?

Semejanzas y diferencias entre la vida animal y vegetal

ESQUEMA

Observa cuidadosamente el esquema de los ratones, que representa un posible experimento en cuatro fases en las que se van modificando parámetros y obteniendo diversos resultados. Interpreta, analiza y discute los resultados, e intenta redactar unas conclusiones.

Introducimos en una campana hermética de vidrio:



y observamos lo que ocurre... ¿Cómo se pueden interpretar estos resultados?

ACTIVIDAD 21. ¿Qué papel desempeñan las plantas verdes en la alimentación de los demás seres vivos y en la atmósfera?

HOJA DE TRABAJO con CUESTIONARIO

Fijate en el siguiente ejemplo:

árbol (manzano) —→ Manzana —→ Hombre

Ordena, de la misma manera, las siguientes series de palabras:

águila	Oveja	Cerdo	Trigo
Hombre	Gallina	Hierba	Encina
Bellota	Leche	Jamón	Grano
Huevo	Ciervo	Perdiz	Lobo

Cuestiones:

1. ¿Qué criterio has utilizado?
2. ¿De dónde procederían en primer término todos los alimentos de los seres vivos?
3. Observando de nuevo el esquema de la actividad 20 ¿qué efectos crees que produce la fotosíntesis sobre la atmósfera?
4. ¿Qué ocurriría en el mundo si se nublara el Sol durante largo tiempo? Razona la respuesta.

El efecto invernadero

La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha pasado de 280 partes por millón (ppm), hace un siglo, a 340 ppm en la actualidad. El hombre puede cambiarla y elevarla sustancialmente. El dióxido de carbono se produce siempre que se quema carbón, gas o petróleo, operaciones que desde la revolución industrial se han ido produciendo a gran escala.

El dióxido de carbono altera el balance de calor de la Tierra al actuar como pantalla en un solo sentido.

- Es transparente para la luz visible, que es la mayor parte de la energía solar que llega al planeta, y por ello permite que el Sol caliente los océanos y los continentes.
- Absorbe la radiación infrarroja. Los océanos y continentes calentados por el sol disipan su exceso de calor emitiendo infrarrojo, restaurando el equilibrio térmico del planeta. El dióxido de carbono de la atmósfera absorbe parte de esta radiación infrarroja, que de otra manera se perdería en el espacio, y transfiere esa energía a la atmósfera, provocando su calentamiento.

Esto es el llamado efecto invernadero, porque actúa como una pantalla que impide que el calor se escape. La deforestación y la baja capacidad de los árboles enfermos por contaminación para realizar fotosíntesis, pueden estar distorsionando los mecanismos naturales que controlan la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera y, por tanto, el efecto invernadero.

La desertización

Una gran parte del suelo de la Península Ibérica sufre un proceso de progresiva desertización: va perdiendo su capacidad de retener humedad, se erosiona su capa superficial (donde reside la fertilidad) y pierde su variada cubierta vegetal y vida animal, así como su potencialidad de cultivo.

¿Qué factores influyen en la existencia de tan alto grado de erosión en nuestro suelo?:

- a) Orografía montañosa, con marcadas pendientes.
- b) Clima mediterráneo, con influencia del anticiclón de las Azores, provocando fuertes sequías en verano y riesgo de inundaciones.
- c) Pérdida continua de cubierta forestal por talas indiscriminadas e incendios.
- d) Repoblaciones realizando aterrazamientos inadecuados, que rompen la estructura del suelo provocando su degradación; y con especies forestales no autóctonas, que no favorecen la formación de mantillo y son fuertemente inflamables (coníferas de repoblación).
- e) Abandono de la ganadería extensiva, particularmente la trashumancia del ganado ovino en la meseta, que con su pisoteo y abonado natural favorecían la conservación de los pastos y el equilibrio de las laderas.

Según estimaciones recientes, un 25 % de nuestro suelo sufre este fenómeno, y quizá no sea demasiado alarmista suponer que, en breve, el vecino desierto del Sáhara se acercará a visitarnos.

La lluvia ácida

La lluvia ácida se origina cuando en la atmósfera se transforman químicamente ciertos contaminantes procedentes de la combustión de carbón y petróleo o sus derivados, en centrales térmicas, calderas industriales, hornos, motores de combustión interna y calderas calefactoras domésticas.

Estos contaminantes son el dióxido de azufre SO_2 , dióxido de nitrógeno NO_2 , y monóxido de nitrógeno NO . Se transforman, mediante oxidación e hidratación, en ácido sulfúrico H_2SO_4 y ácido nítrico HNO_3 . Estos ácidos, fuertemente corrosivos, son recogidos por el vapor de agua y por las nubes, e impregnan las precipitaciones (lluvia, nieve o granizo), que adquieren así un alto grado de acidez.

Las precipitaciones ácidas, debido a los vientos, pueden caer a cientos o miles de kilómetros de los emisores de la contaminación.

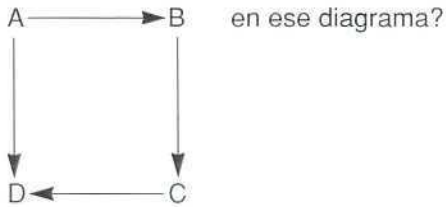
Las lluvias ácidas tienen consecuencias desastrosas en Europa. Sobre las zonas forestales de Centroeuropa está provocando la acidificación de suelos y la defoliación, haciendo enfermar a los bosques. En Escandinavia han provocado la acidificación de muchos lagos, cuyas aguas disuelven el ión aluminio de los minerales, volviéndose tóxicas para los seres vivos. En España se han observado daños en los bosques del Maestrazgo (Teruel, Tarragona y Castellón), en relación con la emisión de óxidos de azufre por la central térmica de Andorra de Teruel, cuyo combustible (los lignitos de la cuenca de Utrillas, Teruel), tiene un alto contenido en este contaminante.

CUESTIONARIO

Después de leer estos textos, intenta responder a las siguientes preguntas:

1. Trata de recordar, o averigua: ¿Cuándo nevó por última vez en tu ciudad?
2. Durante los últimos diez años: ¿Han sido un problema las sequías, o bien han sido años húmedos con abundantes lluvias?
3. ¿Recuerdas si hubo en tu ciudad temperaturas superiores a $40.^\circ$ los últimos veranos?
4. ¿Qué comentarios acerca de la situación de la nieve en las pistas de esquí del Pirineo has oído o leído en la prensa, en los últimos inviernos?
5. A la vista de tus respuestas: ¿qué alteraciones climáticas se han sucedido los últimos años?

-
6. Según el artículo que has leído: ¿cuál podría ser la causa?
7. Si se elevara la temperatura media del clima del planeta: ¿qué consecuencias supones que podría haber? Clasifícalas en beneficiosas y perjudiciales.
8. Atendiendo a lo que has leído en el artículo, y a lo que tú sepas del asunto: ¿qué consecuencias tiene la deforestación (pérdida de la cubierta vegetal de la superficie de la Tierra)?
9. Intenta hacer una lista lo más completa posible de las causas y consecuencias del efecto invernadero, de la desertización y de la lluvia ácida, e intenta relacionarlos construyendo un diagrama en el que la relación causa-efecto se simbolice con flechas. ¿Serías capaz de obtener algún "círculo vicioso" del tipo



ACTIVIDAD 25. ¿Qué contenidos han adquirido los/as alumnos/as?

Prueba de evaluación

CUESTIONARIO

Alumno/a:

Curso:

-
1. Funciones de la raíz, tallo y hojas.
 2. ¿Por qué crees que la raíz, tallo y hojas tienen diferentes formas en distintas plantas? Pon un ejemplo.
 3. Si realizas el experimento descrito a continuación, ¿qué deduces de él?:

Experimento: Tomé una maceta, puse en su interior 90 kg de tierra que había secado en un horno, la empapé en agua y planté en ella un vástago de sauce que pesaba 2'26 kg. Una vez transcurridos 5 años, el árbol había aumentado unos 77 kg. Pero la maceta únicamente fué regada con agua de lluvia o (cuando fue necesario) con agua destilada; y era grande (en tamaño) y estaba hundido en la tierra; y para evitar que el polvo del aire de su alrededor se mezclara con la tierra, el borde de la maceta se resguardó, cubriéndolo con una lámina de hierro recubierta de estaño y horadada por muchos agujeros. No calculé el peso de las hojas que cayeron en los cuatro otoños.

Por último, sequé de nuevo la tierra de la maceta y se encontraron los mismos 90 kg, menos unos 56 g; por lo tanto unos 74 kg de madera, corteza y raíz habían crecido.

4. ¿Qué materia inorgánica necesita la planta para fabricar su alimento?

5. Si coges una maceta, donde hay plantada una planta verde, y le echas en la tierra de la maceta alimento, tales como azúcares, proteínas, etc. y pones la maceta en una habitación oscura, ¿qué le ocurrirá a la planta? Razona la respuesta.

6. Si plantas una planta verde en un suelo que tiene una elevada concentración (cantidad) de sales disueltas en agua ¿qué ocurrirá? ¿por qué?

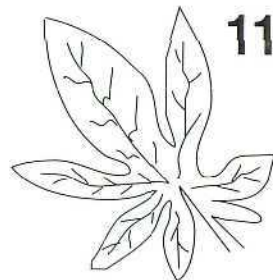
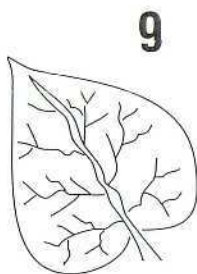
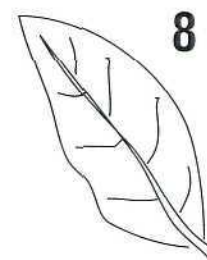
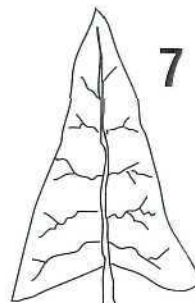
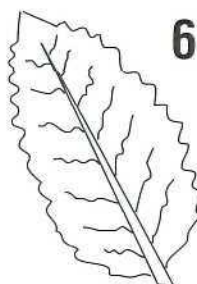
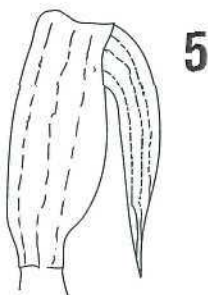
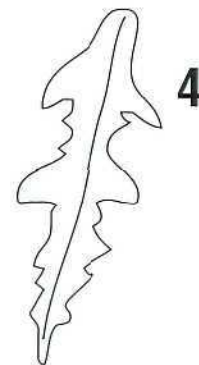
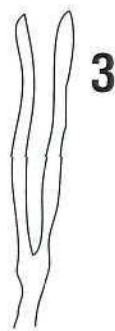
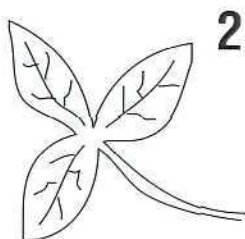
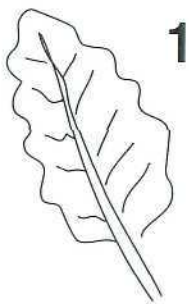
7. María es una chica muy hacendosa y le gusta tener bonita su habitación, por lo que la decora con plantas.
A María, le regalaron un perrito de pequeña y le tiene tanto cariño que le ha preparado una especie de cama en su habitación para que duerma. Cuando llega la noche, su madre la deja dormir con el perro, pero la obliga a sacar las plantas.
¿Qué piensas sobre esta actuación? ¿Qué harías tú?

8. Explica brevemente la fotosíntesis.

9. ¿Por dónde y cuándo respira una planta? ¿Para qué respira?

10. ¿Qué consecuencias crees que puede tener para la Tierra el aumento en la atmósfera del dióxido de carbono y demás gases industriales?

11. Con estas hojas haz una clave de clasificación indicando los criterios que utilizas. Aplica esos criterios clasificando y describiendo las hojas.



ACTIVIDAD 26. ¿Cómo valoras el trabajo realizado durante el desarrollo del tema “La vida de las plantas”?

Encuesta final

Vamos a valorar el trabajo realizado en el tema de “**La vida de las plantas verdes**”, y para ello debes contestar con sinceridad y opinar con respecto a las siguientes cuestiones:

1. *Comparando el proceso que se ha seguido con este tema, con el resto del programa de Ciencias Naturales: (Subraya la contestación con la que estés de acuerdo).*

Más entretenido	Igual	Menos entretenido
Mayor trabajo	Igual	Menor trabajo
Mayor aplicación en la práctica	Igual	Menor aplicación
Más difícil de entender	Igual	Menos difícil
Para trabajar de forma individual	Igual	Para trabajar en grupo
Se presta más a la participación	Igual	Menos

2. Crees que esta forma de trabajar:

¿Es demasiado rápida?	Sí	Normal	No
¿Se asimilan mejor los conceptos?	Sí	Normal	No
¿Hay que estudiar mucho en casa?	Sí	Normal	No

El trabajo en grupo es:

Entretenido	Hace perder el tiempo	Facilita un mejor conocimiento del tema.
-------------	-----------------------	--

3. Indica las tareas que has realizado mejor.
4. Indica las tareas que no has realizado o no has trabajado correctamente.

5. Señala con una cruz, el motivo o motivos por los que no las has hecho o las has realizado de forma incorrecta:

- Falta de interés.
- Falta de tiempo.
- No sabías hacerlas.
- No me apetecía.
- No estaban suficientemente claras.
- Mi equipo de trabajo no funcionaba bien.
- Otras (indicar cuáles).

6. Qué ideas o aspectos de esta unidad te han parecido:

- más interesantes.
- más difíciles.
- más aburridos.
- peor trabajados.
- insuficientemente explicados.
- mejor aprendidos.

7. Valora la labor realizada por el grupo de alumnos/as.

Bien

Normal

Poca

8. ¿Qué ideas tenías antes, sobre la morfología y nutrición de las plantas verdes, y qué cambiarías de ellas después de haber estudiado esta unidad?

Bibliografía

*Bibliografía empleada para el diseño de las actividades y recursos
(esquemas, dibujos y gráficos)*

- ARROYO, J. A. (1965): *La botánica en experimentos*. Madrid: Santillana.
- CHINERY, M. (1979): *Guía práctica ilustrada para los amantes de la Naturaleza*. Barcelona: Blume.
- GOLA, G., et al. (1965): *Tratado de Botánica*. Barcelona: Labor.
- MARTÍNEZ, F., y MIR. (1968): *Ciencias Naturales 1.º de B. U. P.* Barcelona: Teide.
- NIEDA, J., y PUENTE, J. (1989): *Hacia la Reforma. La evaluación. Ciencias experimentales*. Subdirección General de Formación del Profesorado. Madrid: M. E. C.
- NUFFIELD, et al. (1990): *Biología*. Barcelona: Omega.
- RODRÍGUEZ, M., et al. (1986): *Ciencias Naturales de B. U. P. 1.º y 3.º*. Madrid: S. M.
- SIMMONS, John (1984): *La vida de las plantas*. Madrid: Espasa-Calpe, S. A.

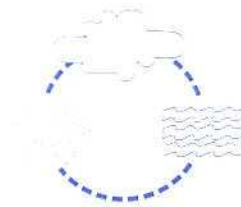
Bibliografía recomendada para consulta

- BELL, B. (1981): *What is a plant? Some children ideas*. N. Z. Sci Teacher, 31, 10-14.
- BISHOP, Owen (1986): *Aventuras con plantas pequeñas*. Barcelona: Labor.
- GUADILLA, D., y GONZÁLEZ (1973): *Botánica de campo y laboratorio*. Barcelona: Vicens-Vives.
- GENE I DUCH, A. (1987): *Estudio de la fotosíntesis de las plantas verdes. Propuesta didáctica*. Lleida: Escola de Magisteri.
- NOVAK, J. D., y GOWIN, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- PUJOL, J. (1983): *Las plantas y el medio*. Barcelona: Blume.
- SHAYER, M., y ADEY, Ph. (1984): *La ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid: Narcea.
- STRASBURGER, E., et al. (1974): *Tratado de Botánica*. Barcelona: Marín.
- THERON, A. (1977): *Botánica*. Barcelona: Montaner y Simón.
- THOMAS-DOMÉNECH, J. M. (1971): *Atlas de Botánica*. Barcelona: Jover.
- VARIOS AUTORES. (1972): *Enciclopedia Salvat de las Ciencias*. Pamplona.,

Abreviaturas empleadas

Abreviaturas empleadas:

AI:	Actividad de iniciación.
AR:	Actividad de Reestructuración de ideas o de cambio conceptual.
AA:	Actividad de Aplicación.
AE:	Actividad de revisión o de evaluación.
Ti:	Trabajo individual.
Tpg:	Trabajo en pequeño grupo.
Tgg:	Trabajo en gran grupo.
CUEST.:	Cuestionario.
DOC.:	Documento.
ESQ.:	Esquema.
EXP.:	Guía para realizar un experimento.
H.T.:	Hoja de trabajo.



Diseño y desarrollo de la Unidad Didáctica: humedad y nubes

Ana María Cañas Cortázar
M.º Sagrario Gutiérrez Julián
Ana Llavona Álvarez
Jacinto Soriano Minnocci
Juan Tomé Escribano
M.º Luisa de Torres Latorre

Queremos agradecer a Mercedes Gómez Pajuelo el asesoramiento y apoyo que continuamente nos ha prestado para realizar e interpretar las observaciones fenológicas.

Damos las gracias también a Mercedes Serrano Rozas por sus valiosas sugerencias para realizar el trabajo "Nubes en el Museo del Prado".

Sin la ayuda de ambas la unidad didáctica perdería parte de su originalidad.

Índice

Introducción	149
1. Justificación	151
Metodología y objetivos	152
Características de la unidad	154
2. Programa-guía del alumno	157
3. Guía del profesor	173
Objetivos de la unidad	173
Contenidos de la unidad	174
Secuenciación de las actividades	175
Momento de aplicación en el aula	176
Temporalización	176
Ideas previas de los alumnos	177
Descripción de la metodología	178
Comentarios metodológicos particulares	180
Actividades que requieren especial atención	181
Evaluación	185
Anexos	189
I. Test sobre ideas previas de los alumnos	189
II. Hojas de registros de datos meteorológicos cuantitativos	191
III. Hoja de registro de datos meteorológicos cualitativos	194
IV. Hoja de registro de observaciones fenológicas	196
V. Tabla de especies elegidas para la observación fenológica	197

VI. Guías para la construcción de aparatos	198
VII. Descripción de trabajos prácticos	202
VIII. Nubes en los cuadros del Museo del Prado	204
IX. Cuestiones, ejercicios y problemas de evaluación	205
X. Encuesta para evaluar la meteorología	211
Bibliografía	217

Introducción

La unidad "Humedad y nubes", ha sido diseñada por el grupo "Zéfiros", que trabaja en Didáctica de la Meteorología para 2.º de B. U. P. desde noviembre de 1987.

Su origen fue el intento de elaboración de una Unidad Didáctica, como parte práctica del Curso de Actualización Científica y Didáctica en Ciencias Experimentales, convocado por la Subdirección General de Formación del Profesorado durante el curso 87/88.

Como el campo de los fenómenos meteorológicos se ha mostrado más fecundo de lo esperado a la hora de suscitar actividades interesantes para el estudio de la Física, el resultado del trabajo no ha sido una, sino las cuatro unidades siguientes:

- 1) "Presión atmosférica y mapas del tiempo", que incluye contenidos relacionados con estática de fluidos, estructura de la atmósfera, observaciones meteorológicas y mapas de isobaras.
- 2) "Energía en la atmósfera", que incluye contenidos relacionados con energía, climatología y observaciones meteorológicas.
- 3) "Humedad y nubes", que incluye contenidos relacionados con cambios de estado, nubes, precipitaciones y observaciones meteorológicas.
- 4) "Movimientos en la atmósfera" incluye contenidos relacionados con cinemática, vientos, frentes, observaciones meteorológicas y predicción local.

El grupo está formado por seis profesores que hemos puesto en práctica las unidades en los institutos Iturralde, Eijo y Garay, Tirso de Molina, Las Rozas, Colmenar Viejo y Orcasitas, todos ellos de la Comunidad de Madrid.

Dada la diferente localización de los centros, se puede considerar que la experiencia se ha desarrollado con una muestra de alumnos representativa de los distintos niveles socioculturales de Madrid.

Los institutos Iturralde, Eijo y Garay y Tirso de Molina, reciben alumnos, en su mayor parte, hijos de obreros cualificados. El de Las Rozas acoge a hijos de profesionales liberales que residiendo allí desarrollan en Madrid su trabajo. Con el de Colmenar Viejo, queda representado el medio rural, ya que a este instituto acuden mediante transporte escolar hijos de agricultores y ganaderos de la sierra madrileña. Los alumnos del I. B. Orcasitas suelen ser hijos de emigrantes procedentes de Castilla la Mancha.



Justificación

Entre las razones que nos llevaron en su día a elegir la Meteorología como campo de estudio para realizar la fase práctica del curso ACD hay que distinguir, por una parte, las del grupo de profesores pensando en su propio perfeccionamiento y por otra, el interés y lo apropiado del tema para incluirlo en los programas de Física y Química de 2.º de B. U. P.

Dado que los componentes del grupo éramos profesores con experiencia docente, para librarnos en la medida de lo posible de prejuicios y rutinas, nos pareció conveniente abordar un tema que no hubiéramos tratado nunca en el aula y en el que la necesidad de tomar decisiones nos obligara a una reflexión en profundidad sobre la forma de entender la práctica.

Los componentes del grupo estábamos y estamos interesados en:

- Elaborar materiales didácticos que propicien una enseñanza activa y que, por su variedad, resulten atractivos para alumnos con diferentes intereses.
- Preparar programas-guía para el estudio de la Meteorología a nivel de B. U. P.
- Crear un banco de recursos, originales o no, con guías de observación de campo, diapositivas, transparencias, textos para leer o comentar, etc.

-
- Enriquecernos en Didáctica de Física y Química por medio del trabajo en equipo.
 - Encontrar vías para una presentación integral de la Meteorología, trasladables a otras partes de la Física y Química.

Por otra parte, la frecuencia de artículos sobre Meteorología en revistas de divulgación de distinto tipo (*Mundo Científico e Investigación y Ciencia*, junto a *Muy Interesante*, *Conocer*, etc.), así como la frecuente aparición de noticias sobre temas relacionadas con ella en la prensa diaria, nos hacía pensar que sería un tema atractivo para los alumnos.

La Meteorología no es, salvo excepciones, objeto de estudio en E. G. B. ni en B. U. P. Sólo desde el punto de vista climático se abordan cuestiones relacionadas con ella en Ciencias Naturales o Geografía. Sin embargo, gran parte de los fenómenos naturales que afectan a la vida del hombre se producen en la atmósfera y sus consecuencias son inmediatas e importantes para nosotros, tanto desde el punto de vista individual como social.

Teniendo en cuenta todo esto, decidimos trabajar para introducir el estudio de fenómenos meteorológicos en la Física de 2.º de B. U. P., porque los consideramos interesantes en sí mismos y porque, además, proporcionan un contexto apropiado para el desarrollo de contenidos deseables en un curso de Física y Química, ya que:

- Los fenómenos meteorológicos forman parte del entorno natural inmediato del alumno. Aparte de vivir sumergidos en la atmósfera, los fenómenos atmosféricos condicionan el comportamiento del hombre, sus costumbres, su economía y, en casos extremos, determinan vida o muerte. El carácter de ciencia de lo próximo, de ciencia para no especialistas que debe tener la Física y Química en este nivel queda garantizado estudiando esos fenómenos.
- Al estudiar los fenómenos meteorológicos, surge la necesidad de abordar aspectos básicos de la Física. Este planteamiento permite dar respuesta a la necesidad de ampliar el foco de atención con el objeto de hacer los contenidos más relevantes para los intereses del individuo y la sociedad moderna (Driver, 1988). A la vez, el rigor científico y la presencia de los métodos de la ciencia experimental quedan garantizados.
- Ligadas a los fenómenos meteorológicos, se pueden presentar cuestiones de saber popular, históricas, tecnológicas, económicas y sociales relacionadas con ellos, de forma que la visión ofrecida al estudiarlos vaya más allá del cuerpo de conocimientos que los explican.
- El acercamiento de los alumnos a los fenómenos meteorológicos, mediante su observación sistemática y continuada, implica su familiarización con la Naturaleza, lo que, probablemente, genera actitudes de respeto y cuidado hacia el entorno natural, respondiendo de forma positiva al desafío que el ciudadano actual tiene planteado en la labor de protección del medio ambiente.

Metodología y objetivos

Si se concibe el aprendizaje como organización y reestructuración imaginativa de experiencias e informaciones anteriores, y se es consciente de que la transmisión de conocimientos implica su reconstrucción por el que los recibe, el objetivo de la enseñanza de las ciencias sería que el alumno reorganice la información de que disponga

y desarrolle capacidades y actitudes, de forma que pueda dar explicaciones científicas acordes con las teorías actuales y las relacione con el entorno social y cultural en el que vive.

De acuerdo con lo anterior y apoyándose en los resultados actuales de la investigación didáctica, la enseñanza de las ciencias debería, en nuestra opinión, utilizar estrategias que:

- 1) Favorezcan el cambio conceptual (Posner y otros, 1982), con actividades que:
 - a) Pongan de manifiesto las ideas previas de los alumnos.
 - b) Cuestionen esas ideas, para cambiarlas o completarlas.
 - c) Muestren la fecundidad de las ideas nuevas o corregidas.
- 2) Persigan el cambio metodológico (Gil y Carrascosa, 1985), con actividades que pongan al alumno en situación de:
 - a) Plantear problemas.
 - b) Emitir hipótesis.
 - c) Controlar e identificar variables.
 - d) Diseñar y realizar experiencias y aparatos.
 - e) Analizar e interpretar resultados.
- 3) Ofrezcan posibilidades de investigación del alumno (Cañal y Porlán, 1986), incorporando actividades complementarias a las que definen el hilo conductor básico (bibliográficas, optativas, voluntarias, de larga duración, de distintos niveles, etc.) y que pueden realizarse en paralelo con aquéllas.
- 4) Muestren la coherencia de las unidades didácticas (Ausubel, 1978) por sí solas y entre sí, de forma que la ciencia aparezca como cuerpo organizado de conocimientos (Hodson, 1985). Para ello se puede:
 - a) Explicitar organizadores previos.
 - b) Construir mapas conceptuales como herramientas de presentación, estudio o evaluación.
 - c) Incluir tareas de resumen, síntesis, presentación de informes, etc.
- 5) Presenten la disciplina de manera no dogmática sino como algo vivo (Furió y Gil, 1978), susceptible de ser discutido, buscando el cambio de imagen de la ciencia ante el alumno y el ejercicio de la crítica.
- 6) Tengan en cuenta los aspectos individuales y sociales de la construcción del conocimiento (Solomon, 1987), proponiendo a los alumnos trabajos personales y en grupo.
- 7) Contemplan el contexto de producción de conocimiento científico:
 - a) Introduciendo nociones sobre historia, filosofía y sociología de la ciencia.
 - b) Mostrando sus relaciones con otros campos del saber.
 - c) Analizando las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.

-
- 8) Complementen el núcleo académico con aspectos divulgativos, de ciencia aplicada, tecnológicos y extra-científicos, ofreciendo un paisaje fértil para el desarrollo del conocimiento.
 - 9) Ofrezcan resultados útiles, de los que el alumno se sienta autor y propongan tareas de intercambio, difusión y archivo de trabajos realizados, mostrando mecanismos de intercambio y acumulación del trabajo científico.

La propuesta didáctica así formulada tiene la ventaja de poner en relación directa los objetivos con las herramientas necesarias para alcanzarlos. Establece, por tanto, los criterios que debe satisfacer el conjunto de actividades que realizan los alumnos y el profesor para estudiar un tema. Asimismo, orienta el trabajo de los profesores en la preparación de materiales y en la planificación de su uso.

Asumimos los siguientes objetivos como válidos para cualquier unidad de Física y Química. En la *Guía del profesor* señalamos su concreción para la unidad didáctica que nos ocupa:

- 1) Proporcionar al alumno elementos necesarios para una comprensión más profunda del entorno.
- 2) Fomentar la búsqueda de interrogantes.
- 3) Facilitar la conexión con otras disciplinas.
- 4) Estimular el trabajo en grupo y la cooperación entre los alumnos.
- 5) Generar actitudes flexibles respecto al propio pensamiento y el de los demás.
- 6) Estimular la continuidad en el trabajo diario.
- 7) Adquirir herramientas propias del trabajo científico.
- 8) Intercambiar y aplicar ideas generadas por los alumnos.

Características de la unidad

La unidad que presentamos es un capítulo de un programa-guía más amplio, que cubre otros aspectos de Meteorología, concebido para alumnos de 2.º de B. U. P. y que hemos elaborado de acuerdo con los requisitos metodológicos y objetivos expuestos.

Está dirigida a alumnos de quince y dieciséis años, si se tiene en cuenta:

- El nivel formal de algunas actividades (emisión de hipótesis, separación de variables, etc.).
- La dificultad de algunos conceptos concretos (humedad relativa por ejemplo, que requiere la integración de la proporcionalidad).
- La exigencia de rigor en los trabajos planteados (análisis gráficos, toma de datos cuantitativos, posible calibrado de aparatos, etc.).
- El tipo de lenguaje utilizado. Característica sutil que, tal vez, sólo la experiencia en el nivel de enseñanza correspondiente permite adaptar al tipo de alumno al que se dirige.

Recoge actividades sobre fenómenos cotidianos, próximos al alumno y realizables con los medios disponibles en su entorno.

Además reúne actividades muy variadas, propias de la metodología científica, como la investigación de problemas, la observación y clasificación de nubes, la toma de datos de humedad y temperatura, etc., o los trabajos bibliográficos, el análisis y síntesis de textos, la construcción de aparatos, las observaciones fenológicas, etc.

Es importante señalar que toca aspectos de Física y Química (cambios de estado), conceptos unificadores (saturación), y campos del saber relacionados con Ciencias Naturales (ciclo del agua), Tecnología (lluvia artificial), Medio Ambiente (lluvia ácida) y Arte (nubes en la pintura).

Para su desarrollo en el aula, consideramos necesarias 9 o 10 sesiones de clase distribuidas tal como aparece en la *Guía del profesor*.

Existe conexión entre nuestra unidad y el D. C. B., pero dicha conexión no fue una exigencia que nos planteáramos al elaborarla, ya que la primera versión la diseñamos a finales del año 87 y el D. C. B. se publicó en 1989.

En la *Guía del profesor* se incluye un capítulo titulado "Contenidos de la unidad", donde se especifican qué aspectos se trabajan agrupados según la terminología propuesta en el D. C. B.

Los grandes bloques de contenidos que se tratan son el n.º 5 y, sobre todo, el n.º 6 del D. C. B. Tangencialmente, se tocan algunos contenidos del bloque 10 al proponer actividades de observación de árboles como indicadores meteorológicos, y del 11 al tratar los fenómenos de lluvia ácida o siembra de nubes.

El desarrollo de la unidad no exige recursos materiales y organizativos especiales. Sólo un psicrómetro y un termómetro de máxima y mínima son necesarios para realizar las observaciones meteorológicas cuantitativas propuestas. Hay otro tipo de observaciones posibles, de tipo cualitativo (que se explican en la *Guía del profesor*), que no necesitan aparato alguno, sólo requieren un espacio abierto para poder mirar al cielo y sentir la temperatura o dirección del viento, y en el que haya árboles que posibiliten la observación fenológica.

Finalmente es claro que el programa-guía que se ofrece para estudiar la humedad y las nubes no es el único posible, cabe también:

- 1) Seleccionar de él actividades sueltas o grupos de actividades que tienen coherencia propia. Piénsese en la construcción de aparatos o en las actividades de observación meteorológica descritas o en la clasificación de nubes. Todas éstas, además, tienen la virtud de ser apropiadas para un amplio rango de edades de los alumnos.
- 2) Seleccionar actividades para incorporar a estudios aparentemente alejados. Por ejemplo, el ciclo del agua o por poner otro más extremo: saturación, trasladables ambos al estudio de saturación de disoluciones.
- 3) Transformar actividades para adecuarlas a la edad o la preparación de los alumnos con los que se trabaje. Así, los trabajos prácticos aparecen sólo enunciados y cada profesor puede elegir el modo de presentarlos a sus alumnos, el nivel de profundidad en la investigación que supongan, el grado de autonomía que les otorga, el rigor que pretende para las conclusiones posibles, etc.

En definitiva, creemos que el material que presentamos no tiene por qué ser trasladado automáticamente al aula. Por el contrario, debe considerarse como una hipótesis de trabajo y, como tal, puede ser fragmentado, transformado, reelaborado, recolocado con el fin de adecuarlo a las necesidades y estilos de cada uno durante y después de la puesta en práctica. Si eso es cierto, ése será su principal valor. La *Guía del profesor*, además de mostrar la coherencia global de la unidad y la del programa-guía en que se materializa, puede ser útil en ese sentido.

Por último, nos parece valioso resaltar la importancia que para nuestro grupo ha tenido y tiene el trabajo conjunto y autónomo, porque nos parece una de las condiciones más importantes para avanzar correctamente en Didáctica de las Ciencias.

2

Programa-guía del alumno

Esquema de la unidad

La unidad está dividida en dos bloques de actividades:

- Las propias del programa-guía.
- Actividades a realizar en paralelo al programa-guía

Las actividades propias del programa-guía te servirán para conocer y comprender:

- qué se entiende por humedad y los aparatos que se usan para medirla;
- formación y clasificación de nubes y otros fenómenos meteorológicos como la escarcha y el rocío;

Las actividades a realizar en paralelo al programa-guía son las siguientes:

- construcción de un higrómetro, un pluviómetro o un nefoscopio;
- trabajos bibliográficos, “lluvia ácida” y “nubes en el Museo del Prado”;
- observaciones meteorológicas;
- seguimiento y archivo de datos y noticias meteorológicas.

En el programa-guía se hace referencia a las distintas actividades con la abreviatura A., seguida del número correspondiente.

El agua en la atmósfera

La existencia de agua en la atmósfera es incuestionable: la lluvia, la escarcha o el rocío, el secado de ropa o la evaporación en general son evidencias de ello. El papel del agua en la atmósfera es muy importante no sólo en lo relativo a nubes y precipitaciones, sino también en cuanto a intercambios energéticos y regulación de temperatura.

- A.1. Trata de explicar mediante un esquema o un dibujo el ciclo hidrológico (ciclo del agua en la atmósfera). Indica en el esquema los cambios de estado que tienen lugar en cada fase del ciclo.
- A.2. Enumera razonadamente factores que afectan a la evaporación del agua en la atmósfera.
- A.3. Un investigador quiere estudiar los factores que influyen en la cantidad de agua que se va a evaporar, en un determinado tiempo, en un recipiente expuesto al aire. Las hipótesis iniciales son que la evaporación depende de:
- La temperatura ambiente.
 - La superficie expuesta al aire.
 - El volumen del agua.

Para contrastarlas realiza un grupo de experiencias. Los resultados están expresados en la siguiente tabla:

Experiencia	Temperatura ambiente (°C)	Superficie expuesta (dm ²)	Volumen de agua (dm ³)	Masa de agua evaporada (g)
1	60	1	1	40
2	70	1	1	50
3	60	0,5	1	20
4	60	1	2	40
5	70	1	3	50

- a) Indicar qué experiencias debe comparar para contrastar:
- Si la masa de agua evaporada depende de la superficie expuesta al aire.
 - Si la masa de agua evaporada depende o no del volumen de agua.
 - Si la temperatura ambiente influye o no en la masa de agua evaporada.

b) A la vista de las conclusiones del apartado anterior revisar, si es preciso, el ejercicio A.2.

Llamamos humedad al contenido de vapor de agua en la atmósfera. Puede medirse en gramos por unidad de volumen o en % en peso. La humedad oscila desde prácticamente 0% hasta el 4% con variaciones grandes, tanto en el espacio como en el tiempo. La causa de estas variaciones es la insólita facultad del agua de poder existir como sólido, líquido o gas en el intervalo de temperaturas que son habituales en la atmósfera. Sin embargo, y a pesar de todos los cambios que se producen en la atmósfera (evaporaciones, condensaciones, precipitaciones, etc.) el contenido de vapor, en promedio, permanece constante. (Miller, 1977 a).

A.4. Con la información recibida hasta aquí, justifica las siguientes afirmaciones:

- a) El contenido de vapor de agua en la atmósfera va disminuyendo, aunque de modo no uniforme, desde el ecuador a los polos.
- b) La humedad del aire marino es, en término medio, cinco veces superior a la del aire de los desiertos.
- c) La variación de temperatura en ambientes húmedos (selvas, costas, etc.) es menor que en ambientes secos (por ejemplo en los desiertos).
- d) Aunque el vapor de agua es más ligero que el aire, la humedad en la atmósfera disminuye con la altura.

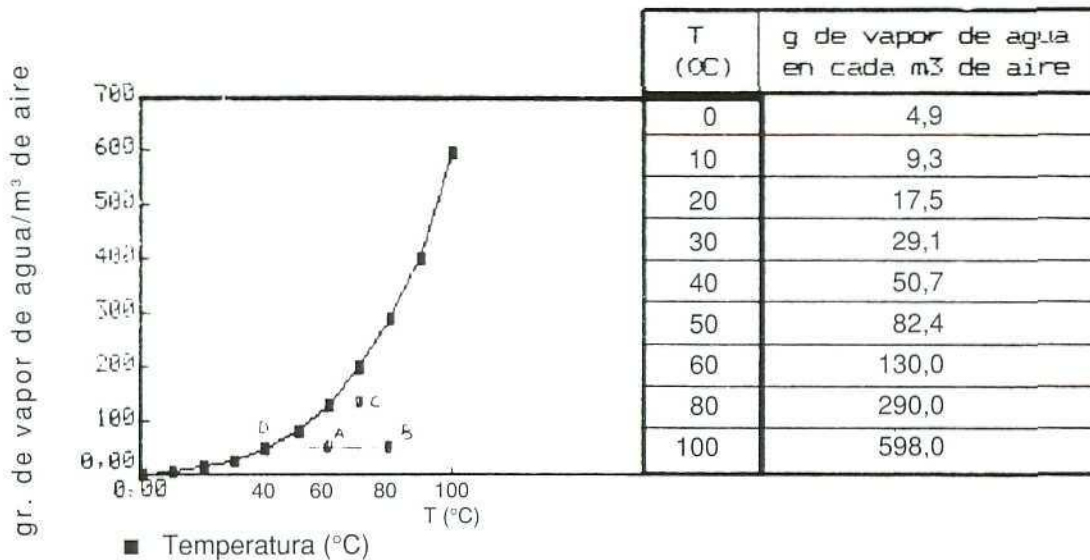
Saturación. Humedad absoluta. Humedad relativa

A.5. La capacidad del aire para admitir vapor de agua es limitada. Cuando el aire no es capaz de admitir más cantidad de vapor de agua se dice que está saturado. Esa cantidad varía mucho con la temperatura, de forma tal que al aumentarla el aire es capaz de admitir cada vez más vapor de agua. En la siguiente gráfica se representa esta variación.

Una magnitud de interés para medir la humedad es la llamada **humedad absoluta**. Se define como la masa de vapor de agua que hay en una unidad de volumen de aire. Se expresa en g/m³.

a) Da el valor de la humedad absoluta de las masas de aire representadas en la figura con las letras A, B, C y D.

Observa que la masa de aire D está sobre la curva de aire saturado, es decir, la masa D no admite más vapor de agua mientras que la A y la B sí que lo admiten.



- b) ¿Cuánto vapor de agua pueden admitir las masas de aire A y B antes de alcanzar la saturación?

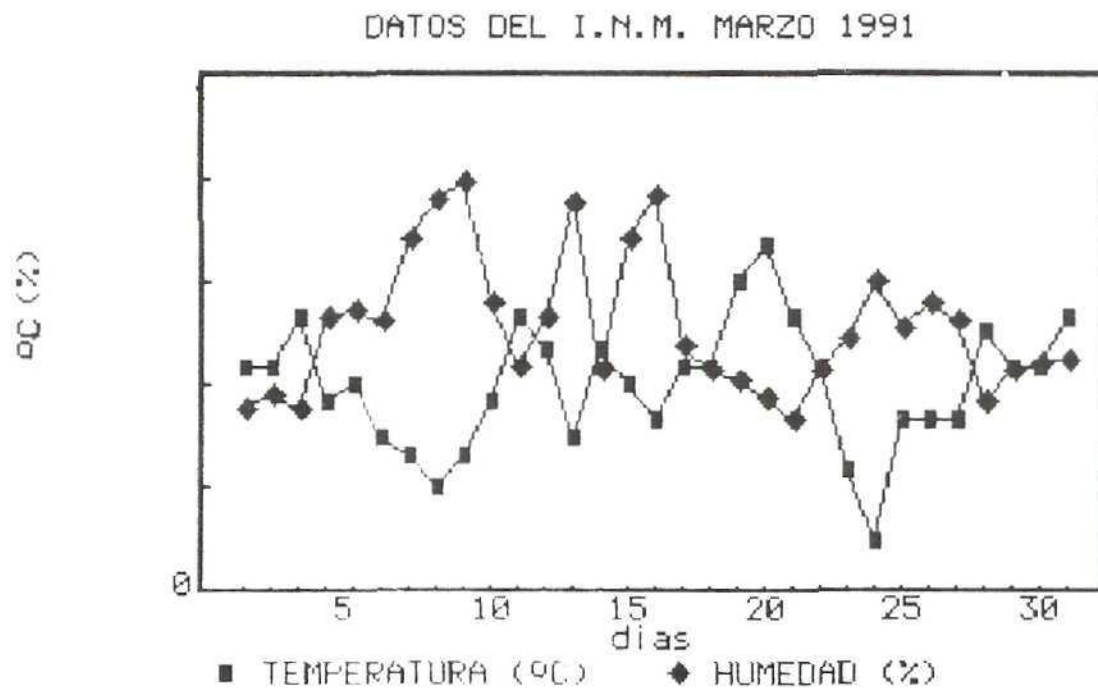
Una magnitud más representativa de la humedad es la llamada **humedad relativa** que se define así:

$$\frac{\text{contenido de vapor}}{\text{contenido de vapor de saturación}} \times 100$$

Esta magnitud da cuenta de la humedad que sentimos y viene expresada en %.

- c) Da el valor de la humedad relativa de las masas A, B y D.
- d) ¿En cuál de las situaciones A, B o D sentiríamos más humedad? ¿En cuál de ellas podríamos encontrarnos cuando está lloviendo? Razona tus respuestas.
- e) Reúne los resultados de los apartados a) y c) en un cuadro que dé las humedades absolutas y relativas de las masas A, B, C y D. Interpretalo.

- A.6. La gráfica que se te da a continuación corresponde a la temperatura y humedad medidas en Madrid a las 11 horas durante el mes de marzo de 1991. Estos datos han sido suministrados por el teléfono de información de Instituto Nacional de Meteorología.



- Justifica la coincidencia entre máximos y mínimos.
- Utilizando la tabla siguiente, calcula la humedad absoluta en Madrid a las 11 horas del día 27 de marzo.

Información meteorológica, Madrid, marzo de 1991, 11 h.

Día	Temperatura ° C	Presión (mb)	Humedad (%)
1	13	1021	42
2	13	1022	46
3	16	1022	42
4	11	1022	64
5	12	1022	65
6	9	1020	63
7	8	1020	82
8	6	1021	91
9	8	1021	95
10	11	1022	65
11	16	1022	52
12	14	1021	64
13	9	1021	90
14	14	1022	51
15	12	1022	82
16	10	1021	92
17	13	1022	57
18	15	1021	51
19	18	1022	49
20	20	1022	45
21	16	1022	40
22	13	1021	51
23	7	1021	59
24	3	1021	72
25	10	1020	61
26	10	1021	67
27	10	1021	63
28	15	1021	44
29	13	1022	51
30	13	1021	53
31	16	1022	54

- A.7. La **temperatura de rocío** es un concepto importante a la hora de estudiar la condensación del vapor de agua contenido en la atmósfera.
- a) Intenta definir la temperatura de rocío observando la gráfica de la actividad A.5. y teniendo en cuenta que:
- La temperatura de rocío de la masa de aire A es 40 °C.
 - La temperatura de rocío de la masa de aire B es 40 °C.
 - La temperatura de rocío de la masa de aire C es 64 °C.
 - La temperatura de rocío de la masa de aire D es 40 °C.
- A.8. Da alguna explicación para el hecho siguiente:
En invierno se produce vaho cuando respiramos y en verano no.

Fenómenos de condensación y formación de nubes

Para que el vapor existente en una masa de aire condense en forma de gotitas al alcanzar la saturación, es preciso que se cumplan dos condiciones:

- 1.º Que la masa de aire se haya enfriado por debajo del punto de rocío.
- 2.º Que exista una superficie sobre la que pueda condensarse el vapor.

Las siguientes actividades te pueden ayudar a comprender distintos procesos que llevan a la saturación y a la condensación.

- A.9. Haz la siguiente experiencia: Coge un bote de cristal y ciérralo. Mira la temperatura del ambiente, que será también la temperatura del aire encerrado en el bote. Mételo en la nevera y déjalo un rato. Observa lo que ocurre y sugiere alguna explicación.
- A.10. Cuando echas aire sobre la mano con la boca abierta te llega caliente. En cambio, si lo haces con la boca cerrada lo sientes frío. La causa es que, en este caso, al salir el aire sufre una expansión y se enfría. Del mismo modo, cuando el aire asciende en la atmósfera se expande y, por tanto, se enfría. De acuerdo con esto, cuando una masa de aire asciende en la atmósfera debe moverse hacia la izquierda en la gráfica de la actividad A.5.
- a) Dibuja el camino que sigue en la gráfica la masa de aire C mientras asciende en la atmósfera y dí a qué temperatura se saturará.
- b) Explica, desde este punto de vista, lo sucedido a las masas de aire (bocanada y aire dentro del bote) a las que se refieren esta actividad y la anterior.
- c) Haz una lista de todos los procesos que se te ocurran, citados o no citados hasta aquí, mediante los cuáles una masa de aire pueda alcanzar su estado de saturación.

Quando la superficie de condensación es el suelo, las hojas, etc., las gotas de agua o cristalitas de hielo que se forman, se llaman rocío y escarcha respectivamente. Las nubes, que son conjuntos de gotitas de agua o cristalitas de hielo, se forman cuando la superficie de condensación es la de partículas sólidas existentes en el aire, a las que se llama núcleos de condensación. Pueden ser sales procedentes de la espuma del mar, partículas orgánicas, polvo, partículas contaminantes, etc.

- A.11. Justifica por qué el rocío se forma durante la noche y no durante el día.
- A.12. Justifica por qué las nieblas se forman más fácilmente:
- a) en ciudades con alta contaminación.
 - b) en las zonas costeras.
- A.13. Realizar el trabajo práctico: "Condensación y lluvia en el laboratorio".
- A.14. Realizar el trabajo práctico: "Formación de niebla en el laboratorio".
- A.15. Muchas de las tormentas de verano manchan los coches, la ropa, etc. mostrando de forma clara que no es agua pura lo que cae. En la televisión nos dicen que es porque hay vientos procedentes del Sáhara. ¿Qué tiene que ver esto con la lluvia?
- A.16. La lluvia ácida es un gran problema de nuestro tiempo. Pero si el agua al evaporarse es agua pura, ¿cómo es que cae lluvia ácida?
- A.17. Si te interesa el tema "La lluvia ácida" puedes hacer un trabajo sobre él con materiales de que dispongas o que pueda proporcionarte el profesor.
- A.18. Lee el texto "Siembra de nubes" y coméntalo. Posteriormente, y a la vista de todo lo estudiado en este párrafo, haz una lista de núcleos de condensación, tanto naturales como artificiales.

Siembra de nubes

De forma natural la lluvia puede originarse cuando hay cristales de hielo en las nubes, pero el hombre ha encontrado un mecanismo desencadenante para producirla artificialmente, ofreciendo una auténtica esperanza a quienes viven en las áreas afectadas por la sequía.

En la producción de lluvia se simulan los procesos naturales introduciendo hielo seco (dióxido de carbono congelado) en las nubes o cristales de yoduro de plata. Los cristales inician una reacción en cadena que transforma rápidamente la nube completa en nieve y finalmente en lluvia. Aunque el hombre ha soñado siempre con controlar el tiempo, la siembra de nubes a gran escala es un problema que aún queda por resolver ya que es difícil controlar la cantidad de lluvia producida y delimitar el área de precipitaciones. (Ralph Hardy, 1983 a).

Medidas de la humedad

Ninguna técnica sencilla es completamente satisfactoria para medir la humedad atmosférica, pero las que estudiamos a continuación son, a pesar de ello, muy usadas.

- A.19. *El higrómetro de cabello es probablemente el más antiguo y más usado de los instrumentos para medir la humedad. Muchos materiales orgánicos como la madera, la piel y el cabello absorben humedad cuando ésta es elevada, y se dilatan. El higrómetro de cabello consiste sencillamente en uno o más cabellos cuyos cambios de longitud mueven un índice o, en el caso del higrógrafo, una pluma.*

El psicrómetro consiste en un par de termómetros corrientes, uno de los cuales tiene el depósito recubierto por una muselina mojada. El depósito así envuelto, llamado depósito húmedo, se moja con agua destilada y luego se ventilan ambos termómetros. El termómetro seco indicará la temperatura del aire, y el húmedo, al enfriarse su depósito por la evaporación del agua que empapa la muselina, indicará una temperatura inferior a la del seco. La intensidad de la evaporación, y por tanto del enfriamiento, dependerá de la proximidad del aire a su punto de saturación. Si el medio ambiente está saturado no habrá evaporación y ambos termómetros darán la misma lectura. La diferencia entre los dos termómetros, denominada "depresión del termómetro húmedo", da la medida del grado de saturación del aire. (Miller, 1977 b).

- a) Resume brevemente el fundamento del higrómetro y del psicrómetro, descritos arriba.
- b) Dibújalo.

Síntesis

- A.20. Lee el texto "El ciclo del agua" y, si es preciso, completa el esquema realizado en la actividad A.1., teniendo en cuenta, además, todo lo aprendido en la unidad.

El ciclo del agua

El ciclo del agua asegura el reciclaje de ésta sobre la superficie terrestre. El agua se evapora del suelo, las plantas, los lagos y los mares hacia la atmósfera y vuelve finalmente en forma de precipitaciones.

De la humedad atmosférica total, alrededor del 84% proviene de la evaporación oceánica; el resto deriva de las superficies de la tierra mojada y de la transpiración de la vegetación. Sin embargo, sólo cae de nuevo a los océanos un 75% del total (mucho menos del agua evaporada), manteniéndose el balance gracias a los vertidos fluviales en el mar.

Todos los océanos juntos contienen aproximadamente el 97% del agua existente sobre el globo; unas tres cuartas partes del resto están retenidas en las tierras heladas y en los glaciares, y lo que se queda se almacena principalmente en el suelo y en los depósitos subterráneos. La atmósfera contiene sólo alrededor de una parte por 10.000 del agua total de la Tierra. Esta proporción tan pequeña se explica porque la humedad atmosférica es reciclada, es decir, eliminada mediante la lluvia y reemplazada cada diez días más o menos; a esta velocidad, toda el agua contenida en los océanos tardaría un millón de

años para pasar a la atmósfera. La acumulación de hielo cerca de los polos por exceso de precipitación respecto a la evaporación en las latitudes altas se ve contrarrestada por la expansión de las capas de hielo, la formación de los glaciares, el desprendimiento y la fusión de los icebergs. En las áreas costeras templadas o tropicales el ciclo hidrológico puede completarse en una hora y durar milenios en los desiertos árticos. (Ralf Hardy, 1983 b).

Bloque de actividades que se realizan en paralelo

1. Observaciones meteorológicas

La observación meteorológica es la base de la predicción del tiempo. En la actualidad, esta predicción tiene extensas repercusiones económicas y sociales: en actividades productivas agrícolas, industriales o pesqueras, en el sector del transporte terrestre, marítimo o aéreo, en espectáculos deportivos o de otro tipo, en decisiones de ubicación de instalaciones, en medicina, etc.

Las observaciones meteorológicas pueden ser de varios tipos:

- a) **Cualitativas.** Se realizan estimando directamente, mediante nuestros sentidos, las variables meteorológicas siguientes: temperatura, viento, dirección de éste, cantidad de cielo cubierto, tipo y altura de nubes, tipo de precipitaciones habidas, fenómenos singulares, etc.
- b) **Cuantitativas.** Se realizan midiendo, mediante aparatos, las variables meteorológicas significativas. Pueden utilizarse para ello, desde una simple caseta meteorológica hasta satélites artificiales. Nuestra caseta meteorológica tiene un termómetro de máxima y mínima, un higrómetro (para medir la humedad), un pluviómetro (para medir la cantidad de precipitación), un barómetro (para medir presiones) y un anemómetro (que mide la velocidad del viento).
- c) **Fenológicos.** Consisten en la observación de indicadores naturales del tiempo atmosférico: animales o vegetales. Estos seres vivos manifiestan comportamientos distintos según sean las variables meteorológicas y, todavía más, según sea su evolución. Por ello, son indicadores meteorológicos globales muy sensibles y muy valiosos.

Pues bien, a lo largo de varios meses, grupos constituidos voluntariamente, se encargarán de llevar a cabo observaciones de los tres tipos mencionados, de forma que al llegar a la unidad "Humedad y nubes" dispongamos de un archivo de datos meteorológicos útil para ilustrar algunos aspectos del estudio.

En concreto, estos grupos deberán realizar las actividades siguientes:

A.1.1. Para las observaciones cuantitativas:

- a) Rellena diariamente la hoja de registro de temperatura máxima y mínima, humedad, velocidad y dirección del viento, presión y precipitaciones.
- b) Construye una gráfica que resuma los datos de temperatura máxima y mínima, humedad y presión.

- c) Interpreta los puntos más singulares de las gráficas, ayudándote de mapas sinópticos del Boletín Meteorológico Diario o de algún periódico.
- d) Compara tus datos con las observaciones realizadas en A.1.2. y A.1.3.
- e) **(opcional)** Informatiza los resultados de las observaciones realizadas con ayuda de una base de datos.

A.1.2. Para las observaciones cualitativas.

- a) Rellena diariamente la hoja de observaciones.
- b) Compara tus observaciones con las medidas tomadas en A.1.1. y A.1.3.

A.1.3. Para las observaciones fenológicas.

- a) Rellena semanalmente la hoja de observaciones.
- b) Apunta alguna relación con los datos obtenidos en A.1.1. y A.1.2.

2. Información meteorológica

Otros grupos de alumnos se encargarán del seguimiento, intercambio y publicación de noticias o datos meteorológicos que aparezcan en distintas publicaciones. Así, podremos contrastar nuestras observaciones, intentando obtener alguna conclusión de interés.

En concreto, estos grupos realizarán las actividades siguientes:

- A.2.1. Hacer un seguimiento de la prensa diaria, de revistas, de la radio y la televisión, creando un archivo de información escrita y audiovisual con las noticias de especial interés sobre el tiempo atmosférico.
- A.2.2.
 - a) Archivar ordenadamente el Boletín Meteorológico Diario del Instituto Nacional de Meteorología.
 - b) Leer el mapa de superficie de cada día y relacionar los datos de presión y viento con el tiempo observado por los grupos de observaciones cualitativas y cuantitativas.
 - c) Hacer un seguimiento de las predicciones meteorológicas del Boletín para establecer su grado de fiabilidad.
 - d) Llamar al teléfono de información del Instituto Nacional de Meteorología diariamente, a la misma hora, para tomar los datos de la temperatura y la humedad relativa. Hacer con ellos una tabla y su gráfica e interpretarlas.
 - e) **(opcional)** Informatizar los datos del I. N. M. con la ayuda de una base de datos.

Tanto los grupos de observaciones como los de seguimiento de publicaciones, deberán realizar las actividades siguientes:

- A.2.3. Poner en común, mensualmente, el material recogido.
- A.2.4. Mantener información meteorológica en el tablón del instituto.

3. Clasificación de nubes

Las nubes pueden clasificarse (véase la página siguiente) según las alturas de sus bases con respecto al suelo en bajas, medias y altas:

- bajas: desde el suelo hasta 2 km aproximadamente. Están formadas, íntegramente, por gotitas de agua.
- medias: desde 2 a 7 km aproximadamente. Formadas por mezcla de gotitas de agua y cristales de hielo.
- altas: desde 5 a 13 km aproximadamente. Siempre están formadas por cristales de hielo.

También pueden clasificarse, según su forma, en cirros, cúmulos y estratos:

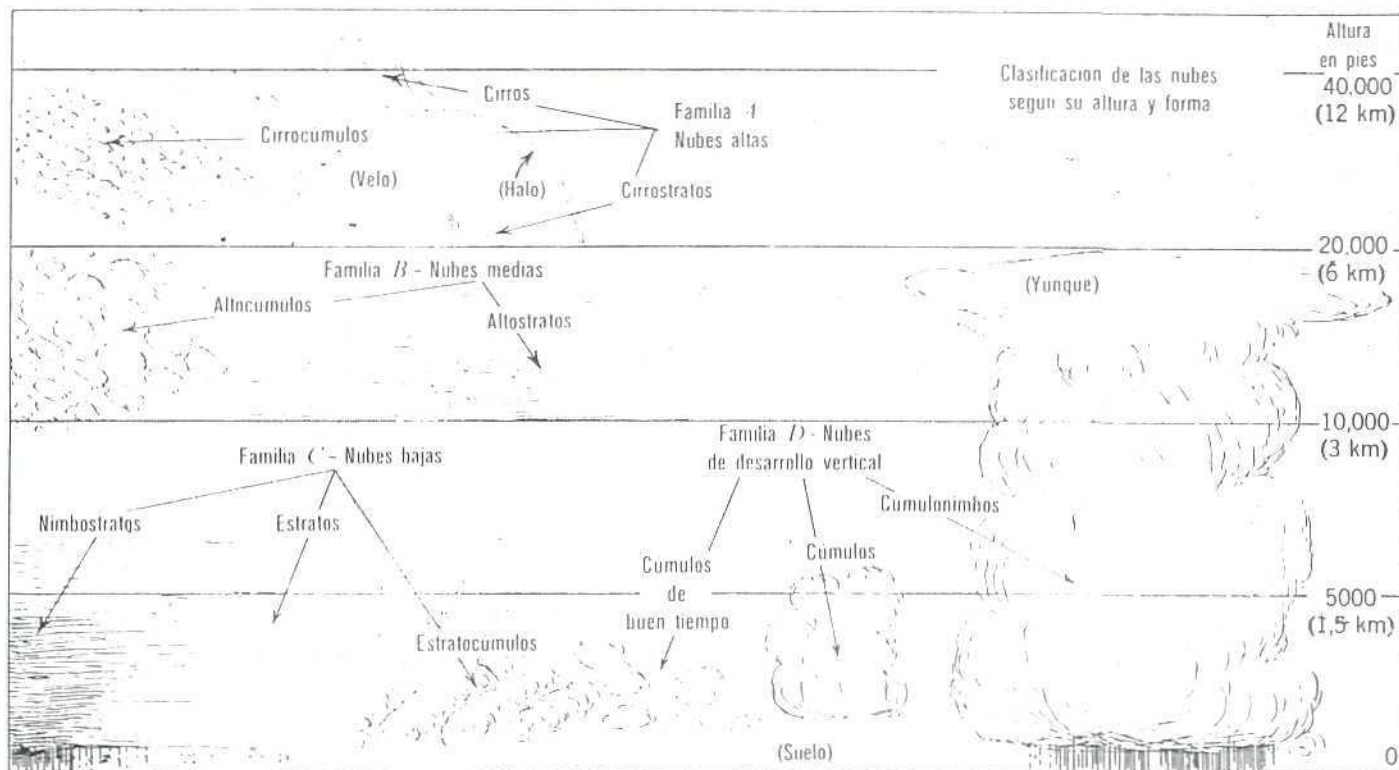
- cirros: nubes tenues, semejantes a plumas, penachos o bandas estrechas.
- cúmulos: nubes con aspecto de coliflor, de bordes bien definidos y muy densas.
- estratos: nubes que se disponen en capas paralelas al suelo.

De la combinación de los dos criterios anteriores se obtienen las diez especies nubosas que aparecen en la figura adjunta. Por otra parte, si una nube lleva asociada precipitación, se agrega al nombre de su especie la palabra *nimbo* (del latín, lluvia).

Es conveniente y bonito acostumbrarse a mirar al cielo, las nubes proporcionan información útil para hacer predicciones locales, y frecuentemente el cielo ofrece un espectáculo de gran belleza. Por ello, todos aprenderemos a identificar nubes.

- A.3.1. El profesor te mostrará algunas diapositivas de nubes. Primero para enseñarte a identificarlas y, después, para constatar que las conoces. Luego, todos los días tienes que fijarte en el tipo de nubes que hay y clasificarlas.

Si a alguno de vosotros le apetece relacionar la belleza de las nubes reales con alguna de sus representaciones pictóricas, puede abordar la actividad A.3.2.



A.3.2. Visita el Museo del Prado contemplando los siguientes cuadros.

Primitivos flamencos (siglos xv-xvi)

Roger Van der Weyden

— La piedad.

Memling

— Adoración de los Reyes Magos.

El Bosco

— El Jardín de las Delicias.

— El carro del heno.

— Las tentaciones de San Antonio.

Patinir

— La barca de Caronte.

— El paso de la laguna Estigia.

— Descando en la huida a Egipto.

Escuela flamenca (siglos xvii)

Teniers

— Fiesta campestre.

J. Brueghel de Velours

— Paisaje.

Pablo de Vos

— Ciervo acosado por la jauría.

— Cacería de corzos.

Escuela italiana (siglo xvi)

Tintoretto

— El lavatorio.

Veronés

— Moisés salvado de las aguas del Nilo.

Tiziano

— Dánae recibiendo la lluvia de oro.

— Carlos V en Mühlberg.

— Venus y Adonis.

— Venus recreándose con el Amor y la Música.

— La bacanal.

— El santo entierro.

— Ofrenda a la diosa de los amores.

Escuela española (siglo xvii)

Velázquez

— Las lanzas.

— El príncipe Baltasar Carlos a caballo.

— El Conde Duque de Olivares.

— El príncipe Baltasar Carlos de caza.

— Isabel de Borbón a caballo.

— El Cardenal Infante de caza.

— San Antonio Abad y San Pablo.

— Doña Margarita de Austria a caballo.

— Vista de Zaragoza.

Ribera

— Martirio de San Bartolomé.

Goya (siglos xviii-xix)

— Las floreras.

— La gallina ciega.

— El coloso.

— La lucha a garrotazos

— Partida de caza

— Merienda a orillas del Manzanares.

— Las lavanderas.

Debes fijarte en cada cuadro para poder contestar a las siguientes cuestiones:

- a) Realidad o irrealidad de las nubes seleccionadas por cada pintor.
- b) Relación entre el tipo de nubes y el tema del cuadro.
- c) Las nubes según la escuela pictórica: preferencias.
- d) Fíjate en la tonalidad dominante y en su luminosidad. ¿Responden a fenómenos atmosféricos que se producen en la realidad?

4. Construcción de aparatos

Es sencillo construir aparatos que te permitan realizar algunas observaciones. Si te interesa alguna de las actividades siguientes, el profesor te proporcionará materiales y ayuda para realizarlas.

- A.4.1. *Construir un higrómetro de cabello.*
- A.4.2. *Construir un pluviómetro.*
- A.4.3. *Construir un nefoscopio.*

Bibliografía

MILLER, A.. (1977a): *Meteorología*. Barcelona: Labor, p. 27.

MILLER, A.. (1977b): *Meteorología*. Barcelona: Labor, p. 31.

RALPH HARDY, y otros (1983a): *El libro del clima*. Madrid: Ed. Blume, p. 57.

RALPH HARDY, y otros (1983b): *El libro del clima*. Madrid: Ed. Blume, p. 30.



Guía del profesor

Con esta guía pretendemos dar cuenta del conjunto de decisiones tomadas al planificar y diseñar las actividades.

Objetivos de la unidad

Estos objetivos indican las capacidades que deseáramos desarrollar con la unidad. Son coherentes con los generales ya descritos y se concretan en los siguientes:

- 1) Conocer y manejar conceptos científicos.
- 2) Desarrollar el pensamiento hipotético deductivo.
- 3) Fomentar la capacidad de observación y clasificación.
- 4) Favorecer la creatividad diseñando experiencias y aparatos.
- 5) Potenciar las destrezas manuales mediante la construcción y manipulación de aparatos.
- 6) Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis.
- 7) Participar en tareas de intercambio y difusión de datos, conocimientos o resultados obtenidos.
- 8) Comprender e interpretar procesos de la Naturaleza.

Contenidos de la unidad

Aunque esta Unidad Didáctica fue elaborada en un marco curricular distinto al elegido para elaborar el D. C. B., nos ceñimos a él para presentar sus contenidos, clasificándolos de acuerdo con él.

Hechos, conceptos y principios

Estudio de algunas características del tiempo atmosférico:

- Concepto de humedad. Ciclo del agua.
- Concepto de saturación. Humedad absoluta, humedad relativa, temperatura de rocío.
- Fundamento de los aparatos de medida de la humedad (higrómetro, psicrómetro).
- Fenómenos de condensación. Formación de nubes.

Procedimientos

- Interpretación de los procesos del ciclo del agua y de la formación de nubes.
- Construcción de aparatos de medida sencillos como el higrómetro.
- Utilización de aparatos de medida de variables meteorológicas.
- Registro de las variables atmosféricas. Tratamiento de datos:
 - Cuantitativos.
 - Cualitativos.
 - Fenológicos.
- Recopilación y archivo de material audiovisual, así como de artículos de prensa y revistas de divulgación científica.
- Construcción e interpretación de tablas y gráficos de datos meteorológicos.
- Observación del cielo y familiarización con las técnicas de clasificación de nubes.
- Realización de trabajos prácticos con material casero o con material sencillo del laboratorio.
- Utilización y manejo de artículos de revistas, periódicos, etc., donde se fomenta la lectura comprensiva mediante ejercicios de análisis y síntesis.
- Resolución de pequeños problemas donde se emiten hipótesis, se contrastan y se sacan conclusiones.
- Realización de ejercicios de afianzamiento que permiten determinar la asimilación adecuada de conocimientos, la adquisición de destrezas básicas y la modificación de esquemas alternativos.
- Archivo, intercambio y difusión de datos meteorológicos.
- Relaciones entre fenómenos meteorológicos y tecnología (lluvia artificial), medio ambiente (lluvia ácida) y arte (nubes y pintura).

Actitudes y valores

- Cuidado del material de trabajo y respeto de las normas de uso de los aparatos de medida que, en algún caso, deberán estar al aire libre.
- Valoración de la constancia en el trabajo de toma de datos meteorológicos.
- Gusto por el rigor y precisión en la recogida, tratamiento y presentación de datos meteorológicos.
- Reconocimiento y valoración del trabajo en equipo.
- Interés por informarse sobre las condiciones meteorológicas de la zona y aportar datos sobre la misma.
- Valoración crítica del efecto de la lluvia ácida y rechazo ante las actividades humanas contaminantes.

Secuenciación de las actividades

Aun en el caso de considerar interesantes todas las actividades propuestas, existen varias secuenciaciones posibles. De hecho, no todos los miembros del grupo hemos seguido el mismo orden.

Para darse cuenta por uno mismo de que es posible ordenar las actividades de otra manera, en distintas ocasiones las hemos presentado a grupos de profesores recortadas, quitándoles la numeración y cualquier frase que pudiera dar alguna pista y les hemos pedido que compongan el "rompecabezas" justificando su ordenación. Este ejercicio resulta esclarecedor porque refleja las concepciones personales sobre lo que es enseñar y aprender y pone de manifiesto las posibilidades reales del material.

Algo que se observa en casi todas las ordenaciones propuestas es la distinción entre actividades de iniciación, desarrollo y recapitulación. Entendemos por actividades de iniciación, las relacionadas con la motivación y sensibilización hacia el tema, así como el conocimiento de las ideas previas de los alumnos. Consideramos actividades de desarrollo las diseñadas para la introducción de conceptos y su aplicación en distintos contextos (resolución de situaciones problemáticas teóricas y prácticas). Por último, tomamos como actividades de recapitulación a las que muestran la capacidad explicativa de los conceptos, así como la generalidad y utilidad de los procedimientos.

A lo largo de la unidad, suele repetirse la secuencia (iniciación, desarrollo y recapitulación) para los distintos conceptos o grupos de conceptos, pero el esquema es útil sobre todo para la unidad en su conjunto.

Es frecuente que actividades consideradas por unos de iniciación se utilicen como de recapitulación por otros, esto sucede sobre todo con materiales audiovisuales o noticias aparecidas en la prensa o revistas de divulgación que pueden servir para motivar o para integrar los conocimientos. Otro tanto sucede con los trabajos prácticos según se propongan para aprender a manipular aparatos y comprobar leyes o como pequeñas investigaciones.

Sería conveniente, sin embargo, proponer varias secuenciaciones, ya que unas se adaptarán mejor que otras a las distintas características individuales de los alumnos. Los diferentes estilos cognitivos, las preferencias personales, la variedad en el nivel de desarrollo, etc., hacen que no exista una secuenciación idónea común. Aunque a nadie se le escapa que tener en una misma clase grupos de alumnos trabajando simultáneamente en cosas diferentes requiere por parte del profesor un gran esfuerzo y dominio del aula.

Momento de aplicación en el aula

Es conveniente desarrollar la unidad después del estudio de la teoría cinética de la materia, para que los alumnos manejen ya los conceptos de temperatura y calor y conozcan los cambios de estado desde el punto de vista energético, así como las variables que influyen en ellos.

Temporalización

Previsiones:

Habíamos previsto un tiempo de 9 o 10 horas lectivas para el desarrollo de la unidad, distribuidas de la siguiente manera:

1.^a sesión (1 hora). Clasificación de nubes.

Exposición por parte del profesor, con ayuda de diapositivas. Del bloque de actividades que se realizarán en paralelo, hacer la A.9.

2.^a y 3.^a sesiones (2 horas). El agua en la atmósfera.

Desarrollo de las actividades A.1, A.2, A.3, A.4.

4.^a y 5.^a sesiones (2 horas). Saturación. Humedad absoluta. Humedad relativa.

Desarrollo de las actividades A.5, A.6, A.7, A.8.

6.^a sesión. Fenómenos de condensación y formación de nubes.

Desarrollo de las actividades A.9, A.10, A.11, A.12, A.13, A.14, A.15, A.16, A.18.

7.^a y 8.^a sesiones. Medida de la humedad.

Desarrollo de la actividad A.19.

9.^a sesión. Síntesis.

Desarrollo de la actividad A.20.

Aquellos alumnos que hayan elegido la construcción de un aparato realizarán la actividad A.4.1 o la A.4.2 o la A.4.3.

Puestas en común del tratamiento de datos meteorológicos.

10.^a sesión. Evaluación

Realización de actividades de evaluación.

Comentarios y sugerencias:

1.ª sesión.

La hora de clase parece suficiente para que los alumnos adquieran una noción general sobre los distintos tipos de nubes. Sin embargo, no es suficiente para que los alumnos aprendan a identificar la mayor parte de las nubes que observan en el cielo.

Conviene que observen el cielo antes de entrar en clase durante varios días, y dejar, los días que haya nubes, los cinco primeros minutos de clase para que consulten notas y fotografías (por ejemplo, las del *poster* del I. N. M.) a fin de identificar las nubes observadas.

2.ª y 3.ª sesiones.

El tiempo es lo suficientemente amplio como para detenerse un poco en la puesta en común de los apartados de la actividad A.4, que puede resultar bastante rica. Puede insistirse en el papel del agua en la atmósfera como regulador térmico (A.4.c).

4.ª y 5.ª sesiones.

Se había pensado que los apartados de la actividad A.5 eran de especial dificultad. En la práctica hemos encontrado que los alumnos los realizan con facilidad por lo que las dos horas pueden reducirse prácticamente a una. No obstante pueden mantenerse las dos horas, si no se anda escaso de tiempo.

6.ª sesión.

El tiempo de una hora dedicado a fenómenos de condensación y formación de nubes ha resultado ser algo escaso por lo que podría pasarse parte a la sesión 7.ª.

7.ª y 8.ª sesiones.

El pasar parte del trabajo de la sesión 6.ª a la 7.ª obliga a recortar el tiempo dedicado en clase a la construcción del higrómetro lo que implica que los alumnos vengan a la sesión con el material ya preparado para montar.

9.ª sesión.

Por otra parte, algunos miembros del grupo optan por suprimir esta sesión y que el higrómetro se construya totalmente fuera del horario lectivo.

Ideas previas de los alumnos

Nuestra propuesta es averiguar algunas ideas previas de los alumnos antes de presentar la unidad.

Para aquellas partes que aparecen en los programas oficiales no es difícil encontrar bibliografía sobre esquemas conceptuales alternativos y, simplemente, se trata de aprovechar los datos, las herramientas y las sugerencias didácticas.

Como la unidad didáctica que proponemos no aparece dentro de los temarios vigentes, no encontramos materiales publicados, por lo que elaboramos un test compuesto por siete cuestiones de opción múltiple con cuatro alternativas y respuesta única con el fin de detectar algunas ideas previas. Estas cuestiones aparecen en el Anexo I. Con ese fin también es útil realizar las actividades A.1 y la A.9 antes de proporcionar información sobre el tema.

El análisis de las respuestas dadas por los alumnos antes de comenzar el estudio de la unidad, nos llevaron a las siguientes conclusiones sobre las ideas previas de un alto porcentaje de ellos:

- 1.º El estado gaseoso del vapor de agua no lo tienen integrado y, en consecuencia, creen que la densidad del aire húmedo es mayor que la del seco y no identifican el vapor de agua como un componente de la atmósfera.
- 2.º La condensación la interpretan como un fenómeno de transpiración.
- 3.º Piensan que las nubes se forman siempre sobre el mar y que se mueven del mar a la tierra.
- 4.º No creen que las nubes puedan estar formadas por hielo.

Pensamos que la tercera puede deberse a la frecuencia con que, en los dibujos del ciclo del agua, aparece evaporación procedente de los mares.

Entre las actividades propuestas en la unidad indicamos aquellas que podrían ser útiles para el seguimiento y, en su caso, la modificación de estas ideas:

- Para el 1.º: Las introducciones a los apartados "El agua en la atmósfera" y "Fenómenos de condensación y formación de nubes" y a la actividad A.5. También, las actividades A.4 a), b) y c) y A.19 a)
- Para el 2.º: Las actividades A.7, A.9 y A.10 b)
- Para el 3.º: Las actividades A.1 y A.20
- Para el 4.º: El texto "Siembra de nubes" de la actividad A.18 y la introducción a criterios para identificar las nubes.

Quizás sería útil aclarar la diferencia entre vapor de agua (gas) y agua (líquido), insistiendo en que sólo es vapor de agua cuando no lo vemos y haciendo hincapié también en el rigor de la definición de humedad: contenido de vapor de agua, no de agua líquida, en la atmósfera.

Descripción de la metodología

Proponemos como método de trabajo la utilización de un programa-guía complementado con un bloque de actividades opcionales que se realizan en paralelo al desarrollo de aquél.

Furió y Gil (1978), definen el programa-guía como un conjunto de actividades debidamente engarzadas y jerarquizadas, que poseen una lógica interna que evita el aprendizaje desconexo, que cubren los contenidos programados para el tema. A través de esas actividades, los alumnos pueden elaborar y afianzar conocimientos en tanto

practican los procedimientos de las ciencias experimentales mientras; en cierto modo, se ponen en situaciones similares a las de formación de un científico que se incorpora a un grupo de investigación (Gil, 1987).

El programa-guía abarca toda la unidad. Se entrega multicopiado a los alumnos, agrupando las actividades de acuerdo con un guión que conocen previamente. Las actividades iniciales de cada capítulo se dedican a explicitar los conocimientos previos del alumno sobre el tema, recordar cosas sabidas o establecer definiciones esenciales o el marco general del estudio. Las actividades finales son ejercicios de aplicación, afianzamiento, globalización o síntesis de los conocimientos adquiridos.

El núcleo del programa-guía lo constituyen actividades que pretenden poner a los alumnos, en la medida de lo posible, en situaciones que les muestren la necesidad de reestructurar sus conocimientos previos para incluir otros surgidos de la aplicación de la metodología científica.

Los alumnos abordan las actividades ordenadamente, trabajando en pequeños grupos y una por una, para evitar diferencias de ritmo excesivas entre los grupos o desorientaciones basadas en errores no corregidos de actividades precedentes.

El profesor presenta la actividad y, luego, anima y orienta las discusiones de los grupos. Cada alumno trabaja en un cuaderno de hojas intercambiables en el que titula la actividad y escribe las conclusiones del grupo, al margen de que sean correctas o incorrectas. Cuando el profesor juzga oportuno, suspende la discusión y comienza una puesta en común.

Los alumnos deben anotar ahora las conclusiones del conjunto (que pueden o no coincidir con las de su grupo) y los argumentos que se hayan manejado a favor o en contra. En ese momento el papel del profesor es de moderador-reformulador (introdutor del lenguaje científico) de las conclusiones de la clase. Subraya éstas y a continuación presenta la actividad siguiente ligándola con la anterior para que en el cuaderno de clase de los alumnos vaya tomando unidad el desarrollo del tema.

Tal como indica Gil (1987), si el trabajo de los alumnos hubiera sido infructuoso o incompleto, el profesor deberá actuar transmitiendo información. Aun en este caso, la discusión en grupo es útil porque prepara a los alumnos para recibirla.

El uso del programa-guía no debe ser tan esquemático ni tan rígido, además de las actividades grupales incluye también actividades personales. A veces, puede prescindirse de la discusión en grupos o de la puesta en común. Si se trata de ejercicios de aplicación pueden hacerse dos o tres seguidos analizándolos después. Otra actividad posible es una exposición del profesor para centrar una clase y una síntesis posterior de los alumnos. También puede intercalarse en el desarrollo del programa-guía, como recapitulación, un pequeño ejercicio de evaluación (de diez o quince minutos de duración), para conocer el estado actual de los alumnos y la eficacia global de las actividades realizadas.

En todo caso, convendrá personalizar el programa-guía que se propone hasta dejarlo a la medida y el gusto de quien lo vaya a poner en práctica.

Por otra parte, los alumnos siempre plantean cuestiones sorprendentes, argumentos que exigen discusiones colaterales, dificultades inesperadas, soluciones correctas que el profesor no entiende o soluciones incorrectas de

las que es difícil descubrir por qué lo son, explicaciones que muestran raíces conceptualmente erróneas y que hay que remover, etc. Por eso, a menudo, hay que corregir el programa-guía sobre la marcha o para el curso siguiente reordenando, añadiendo, suprimiendo, reformulando algunas actividades o preparando actividades especiales para una parte de los alumnos.

Las razones anteriores deben dejar claro que un programa-guía siempre está inacabado y convierte la clase en una situación de aprendizaje-investigación también para el profesor (Gil, 1985).

El programa-guía para el estudio de “Humedad y nubes” que presentamos, es fruto del trabajo del grupo durante cuatro años y ha sufrido ya un largo proceso de pulido y puesta a punto.

El bloque de actividades en paralelo no es un programa-guía, porque sus actividades no deben ser recorridas por los alumnos para alcanzar un conocimiento coherente. Se refieren a contenidos que pueden trabajarse por partes sin merma de su significado. Por tanto, no son abordadas sucesivamente por toda la clase, sino que distintos grupos de alumnos eligen algunas de ellas para ir realizándolas a lo largo de la unidad y, en gran parte, fuera de clase. En esta misma guía se dan algunas orientaciones sobre ellas.

El papel que asignamos al bloque de actividades en paralelo es el de proporcionar contexto de justificación, aplicación e investigación (Cañal, 1986); también pretendemos ampliar el foco de interés (Driver, 1988) de los estudios realizados mediante el programa-guía. Si el programa-guía asegura la coherencia del objeto de estudio y proporciona el marco conceptual necesario para la adquisición significativa de conocimientos científicos, el bloque de actividades en paralelo suaviza algunos inconvenientes de la metodología del programa-guía como: la rigidez del proceso (imaginado previamente por el profesor) que debe seguir todo alumno para construir su conocimiento (Cañal, 1987), la aridez derivada del predominio de actividades de lápiz y papel, la imposibilidad de acomodarse a las características particulares de los alumnos.

En resumen, la metodología que proponemos intenta simular en el aula algunos aspectos del proceso de producción de conocimientos científicos, compaginando la disciplina del trabajo dirigido en el seno de los grupos de investigación con otros quehaceres que proporcionan elementos de creatividad, motivación o satisfacción ajenas al grupo o, incluso, a la ciencia.

Comentarios metodológicos particulares

Sugerimos que el profesor presente la unidad dentro del marco más amplio de la Meteorología, poniendo de manifiesto la importancia del tiempo atmosférico en todas las actividades humanas (agricultura, pesca, situaciones atmosféricas de riesgo, rasgos culturales, ocio, etc.) y haciendo referencia a todas las variables atmosféricas que se registran en una estación meteorológica. Puede pedirse a los alumnos la elaboración de una lista con dichas variables que, si es preciso, completará el profesor, indicándoles que, en esta unidad, se va a abordar el estudio de dos de ellas: la humedad y las nubes.

Conviene hacer hincapié en que el cuaderno debe estar al día ya que es el principal instrumento de que dispone el alumno para su trabajo individual pues al construirlo elabora su propio texto. Es importante completar el cuaderno con un pequeño diccionario confeccionado con las palabras desconocidas y sus significados.

Si se dispone de una biblioteca de aula, se indicará cómo está organizada y se explicará qué uso se va a hacer de ella.

Actividades que requieren especial atención

• Observación y clasificación de nubes

Es una actividad individual. Aunque la belleza de las nubes justificaría por sí sola su inclusión, pretendemos desarrollar el hábito de mirar al cielo como elemento del paisaje. No es fácil y no se suele mirar al cielo en las grandes ciudades. A largo plazo, la observación de las nubes prepara el camino para la predicción local.

Con el fin de conseguir que los alumnos dominen los criterios para la clasificación de nubes se pueden comenzar todas las clases comentando el tipo de nubes que haya, sin hacer alusión a cómo se forman. Así, se acostumbra a observar el entorno y en pocos días son capaces de identificar las nubes más frecuentes.

Esta actividad puede completarse con la observación del Cartel de Nubes editado por el Instituto Nacional de Meteorología, fotografías de alguna guía sencilla y, si es posible, con una colección de diapositivas.

Conviene que el profesor aclare que las nubes altas pueden dar precipitación, pero que ésta no llega al suelo y por eso no aparecen como nubes de lluvias en el material que se les ha entregado.

En la bibliografía se dedica un apartado a este tema.

• El ciclo del agua

La lectura del texto “El ciclo del agua”, por su dificultad requiere un riguroso análisis, dirigido por el profesor, y una breve síntesis. Merece la pena detenerse en este tipo de actividades, porque textos parecidos aparecen con frecuencia en los periódicos diarios destinados a lectores no especializados. En la bibliografía se dedica un apartado a este tema.

• Separación de variables

El estudio de la dependencia de una magnitud con otras, a partir de experiencias diseñadas y realizadas por otros, merece especial atención por ser una excelente ocasión para separar y controlar variables, contrastar hipótesis y sacar conclusiones. De estas características es la actividad A.3.

Hay que recalcar mucho que al estudiar las variaciones de una magnitud con otras, para saber si una variable influye o no, deben realizarse o compararse experiencias en las que todas las magnitudes permanezcan constantes excepto la que en ese momento es objeto de estudio.

Conviene realizar este tipo de actividades con problemas de la vida cotidiana antes de hacerlo con problemas más académicos.

- **Trabajos prácticos**

En el Anexo VII se da una orientación al profesor para la realización de las actividades A.13 y A.14.

El profesor puede elegir el carácter de estas actividades: desde experiencias de cátedra hasta investigaciones libres del alumno, pasando por prácticas con receta.

En nuestra opinión y para el nivel medio de nuestros alumnos, son apropiadas para plantearlas como fenómenos problemáticos a los que se intente dar explicaciones basadas en lo estudiado previamente. Formular tales explicaciones, si lo son del conjunto de fenómenos que concurren en las experiencias propuestas, será un ejercicio muy enriquecedor. Por otra parte, dichas explicaciones tendrán carácter de hipótesis para las que se les puede pedir diseños experimentales que las contrasten.

- **Actividades opcionales.**

Las actividades anteriores las realizan todos los alumnos, pero las siguientes son opcionales. Su función didáctica es referir el estudio de la unidad al marco más amplio de la Meteorología, donde adquieren pleno sentido.

Proponemos dos bloques de trabajos opcionales a lo largo de la unidad:

- Primer bloque: Trabajo bibliográfico sobre “La lluvia ácida” o sobre “Nubes en el Museo del Prado”.
- Segundo bloque: “Observaciones meteorológicas” o “Diseño y construcción de un aparato” o “Seguimiento y archivo de noticias meteorológicas”.

Todos los grupos de alumnos deberán realizar una actividad de cada uno de los bloques.

1) Trabajo sobre “Nubes en el Museo del Prado”

Aunque este trabajo es voluntario, puede completarse con una proyección de diapositivas de los cuadros que se proponen en el programa-guía ya que tiene interés porque conecta la Meteorología con una disciplina que, en principio, parece muy alejada.

En el caso de centros que no sean de Madrid, sugerimos la compra de postales o diapositivas. Con el fin de facilitar las cosas, en el Anexo VIII aparece un número al lado de algunos títulos de cuadros; pidiendo esos números de la colección de diapositivas editadas por el Museo del Prado se pueden adquirir.

Un trabajo semejante es posible realizarlo utilizando cuadros de un museo local.

Para abordar esta actividad nos parece indispensable,—para nosotros lo fue—, la ayuda de algún compañero especialista en Arte.

2) Trabajo sobre “La lluvia ácida”

En la bibliografía se dedica un apartado a este tema. El profesor puede seleccionar alguno o parte de esos textos para entregarlos a los alumnos que deseen realizar el trabajo propuesto.

3) Diseño y construcción de aparatos

A los grupos de voluntarios se les proporcionan guías (véase Anexo VI) y se les da un plazo de varios días durante los cuales el profesor tratará de resolver las dudas en el proceso de montaje.

El día señalado para su recogida, sin previo aviso, sería conveniente pedir a los alumnos una pequeña memoria, por escrito, sobre su construcción, incluyendo: fundamento teórico del aparato, modo de instalación y utilización, dificultades encontradas y mejoras que cabría introducir.

Una de las tareas más ricas en este tipo de actividades es el calibrado de los aparatos. El profesor decidirá, en función de como se haya desarrollado la unidad, si la propone o no.

En la bibliografía se incluyen títulos útiles para construir aparatos meteorológicos distintos de los propuestos en esta unidad.

4) Observaciones meteorológicas

Estas actividades tienen valores formativos intrínsecos importantes: perseverancia en trabajos a largo plazo, participación en la elaboración de archivos para el centro, autonomía y autorresponsabilidad en la organización y realización del trabajo, etc.

Requieren por parte del alumno un cuarto de hora diario, al menos durante un trimestre, aunque lo aconsejable sería un curso completo, por lo que creemos debe plantearse con carácter voluntario, en grupos de cuatro o cinco.

La toma de datos no se ciñe a las variables propias del título de la unidad pero lo planteamos así porque, para nosotros, el estudio de Humedad y Nubes adquiere pleno sentido en el marco global de la Meteorología.

Entre los grupos que hayan elegido realizar esta actividad, aunque todos dispondrán de la guía con las indicaciones necesarias para todas ellas, cada grupo se dedicará sólo a una de entre las siguientes:

a) Observaciones con aparatos (con o sin caseta meteorológica).

Se trata de medir, diariamente y a la misma hora las temperaturas máxima y mínima, humedad relativa, presión y precipitación. Pueden añadirse además velocidad del viento, horas de insolación, etc. Los datos serán anotados en la hoja de registro (Anexo II) y cada mes se confeccionarán las gráficas correspondientes, por ejemplo: *temperatura máxima, mínima y humedad frente a días*. Las zonas más singulares de las mismas se pueden estudiar junto con los mapas sinópticos del Boletín Meteorológico del Instituto Nacional de Meteorología, viendo las influencias de anticiclones, borrascas, aire polar, etc.

b) Observaciones sin aparatos.

El grupo que haga estas observaciones rellenará diariamente los datos correspondientes a la sensación de temperatura, estado del cielo, intensidad del viento, tipos de nubes, etc., según el modelo y procedimiento que se explican en el Anexo III.

c) Observaciones fenológicas.

La Fenología introduce las plantas como delicados instrumentos, que registran los elementos meteorológicos en su globalidad y permiten hallar las diferencias climáticas totales (Merino, y otros, 1987). En este tipo de observaciones está hoy interesado el Servicio Meteorológico.

El grupo encargado de estas observaciones hará un seguimiento de los cambios más notables de algunos árboles del entorno: floración, foliación, cambio de color de las hojas, deshoje, maduración de frutos, etc. Para registrar los datos manejan tablas de doble entrada, con las especies de árboles por un lado y los cambios indicados por otro (véase Anexo IV).

En el Anexo V se da la lista de plantas, aves e insectos que han sido adoptados por el Instituto Nacional de Meteorología para la observación fenológica en España. Nosotros hemos seleccionado algunas especies vegetales (encina, almendro, olmo, arce y castaño de indias) por ser abundantes en nuestra zona y de más fácil observación que las especies animales.

Durante el curso (90-91), los alumnos del I. B. Iturralde, empezaron a hacer observaciones sobre pájaros con el asesoramiento de una profesora de Ciencias Naturales. Aprovechando esa experiencia esperamos poder hacer el seguimiento de aves en los otros centros el curso próximo. No incluimos material sobre este tema porque todavía tenemos muchas cosas por resolver.

En cualquier caso, para esta actividad a nosotros, profesores de Física y Química, nos resulta imprescindible la ayuda de algún compañero de Ciencias Naturales.

5) Seguimiento y archivo de datos y noticias meteorológicas

Pueden formarse tres grupos de alumnos voluntarios, como los anteriores, cada grupo se dedicará sólo a una de entre las actividades siguientes:

a) Seguimiento del Boletín Meteorológico Diario del Instituto Nacional de Meteorología.

Con este fin, nos suscribimos al Boletín Meteorológico.

El grupo deberá leer el mapa de superficie de cada día para poderlo relacionar con los datos aportados por los grupos que hacen observaciones cuantitativas, cualitativas y fenológicas. Si se dispone de medios informáticos, el grupo encargado de este trabajo deberá adquirir los conocimientos necesarios para acumular ordenadamente, en una base de datos, todos los registros cuantitativos y cualitativos que se recogen. También deberá aprender este grupo a tratar los datos, de esa manera cada mes se confeccionarán las gráficas correspondientes, datos estadísticos, etc.

b) Seguimiento de noticias meteorológicas en prensa y revistas de divulgación científica.

c) Seguimiento de noticias meteorológicas en radio y televisión.

Los grupos b) y c) que hacen seguimiento de noticias, deberán crear un archivo con la noticia completa y hacer una breve reseña que permita la consulta rápida. Si se dispone de medios este archivo estará informatizado.

En nuestros centros, para las noticias de prensa y revistas se utilizan las que se reciben en la biblioteca del

centro o en el Seminario según los casos. Por último, la radio o televisión se siguen para construir un archivo de documentos grabados en casete o vídeo.

Aunque los responsables de este trabajo son los que tienen que estar pendientes de las noticias, todos aportamos los documentos que, sobre este tema, caen en nuestras manos y ellos los archivan.

Cada mes los grupos ponen en común sus datos, se contrastan y se comentan los más relevantes: temperaturas y sus variaciones, humedad en días de lluvia y extremadamente secos, heladas, aire más frío, sucesos fenológicos relacionados, etc.

Con todo el material se va creando en los centros un archivo que puede ser de gran utilidad para cursos posteriores si se hace con rigor. Aparte de hacer al alumno partícipe del acopio de datos se le puede ofrecer la posibilidad del intercambio con otros centros o la colaboración con el Servicio Meteorológico Nacional.

Conviene aclarar que el trabajo informático no se realiza en las horas asignadas a la asignatura de Física y Química, sino en las de Informática ya que en los grupos de clase siempre hay alumnos que tienen esa asignatura como E. A. T. P. Además algunos de nosotros somos también profesores de Informática y eso facilita las cosas, pero cuando no es así siempre es posible encontrar la colaboración del profesor correspondiente.

En la bibliografía se dedica un apartado a este tema.

Evaluación

Concebimos la evaluación integrada en el proceso de diseño y desarrollo de la unidad didáctica, y entendemos por evaluar: la valoración de los datos recogidos, previamente sistematizados.

La metodología y los contenidos elegidos conllevan entre otras consecuencias la realización de actividades muy variadas. Por eso, desde hace tiempo nos propusimos investigar mecanismos de evaluación que respondieran a la variedad de actividades posibles (Cañas, y otros, 1991).

En todo momento, deseamos tener información que nos permita modificar o mantener la forma de trabajo del equipo y de los alumnos. Por eso, durante el transcurso de la experiencia hemos realizado reuniones periódicas de los componentes del Grupo, en las que se ha diseñado, revisado y corregido la unidad.

A continuación, detallamos qué consideramos objeto de evaluación y cómo y en qué momentos efectuarla:

Qué evaluar

- Los recursos materiales: transparencias, diapositivas, guías de campo y observación, etc.
- La eficacia de los métodos de instrucción respecto a la metodología propuesta. El trabajo de los alumnos.
- La unidad en su conjunto.

Cómo evaluar

- Los recursos materiales.

Se pueden valorar utilizando registros anecdóticos y escalas de graduación predefinida, fijándose sobre todo en cómo, cuándo y cuántas veces son utilizados por los alumnos.

- La eficacia de los métodos. El trabajo de los alumnos.

Para conocer la eficacia de los métodos de instrucción se propone utilizar, como vía indirecta, el trabajo realizado por los alumnos, valorando:

- 1) El cuaderno de clase.

Como el cuaderno de clase constituye el texto, su seguimiento es fundamental. El profesor solicita su presentación en el momento que considere más adecuado, no sólo para calificarlo, sino para corregir los errores que se hayan podido introducir.

En la calificación del cuaderno de clase se tiene en cuenta:

- a) Si está al día y completo.
- b) Su ordenación, redacción y expresión.
- c) La coherencia de las actividades descritas.
- d) Presencia o ausencia de errores y la naturaleza y grado de los mismos.

- 2) La investigación de situaciones problemáticas.

De este tipo de tareas interesa fijarse en la capacidad de:

- a) Reconocer un problema.
- b) Emitir hipótesis.
- c) Diseñar experiencias que contrasten dichas hipótesis.
- d) Analizar los resultados y sacar conclusiones.

- 3) La actitud en clase.

Para ello se observa:

- a) La participación con preguntas y opiniones.
- b) El cuidado del material.
- c) La atención a las intervenciones del profesor y de los compañeros y respeto a las distintas opiniones.
- d) La constancia en el trabajo.
- e) El ritmo de trabajo.
- f) El gusto por el rigor.

- 4) Los trabajos y bibliográficos.

Son trabajos personales. Se pretende con ellos incluir en la evaluación las capacidades de lectura, revisión, selección, reestructuración y síntesis de textos. Por ello, de los informes presentados se tiene en cuenta para la calificación:

- a) La puntualidad en la entrega.
 - b) La calidad, profundidad y rigor del contenido.
 - c) El orden en la exposición, redacción y expresión.
 - d) El material bibliográfico utilizado.
 - e) La originalidad.
- 5) Las observaciones meteorológicas.
- Es un trabajo de equipo, que requiere constancia, de carácter periódico y que debe servir para proporcionar información al resto de los grupos, por eso tiene en cuenta:
- a) La continuidad en el trabajo diario.
 - b) La habilidad adquirida en las técnicas de medición, observación, archivo y análisis de datos, etc.
- 6) Los aparatos contruidos y trabajos prácticos autónomos.
- Son trabajos de equipo. Se pretende con ellos tener en cuenta las capacidades manuales, de trabajo autónomo y la de redacción y presentación de informes, por ello se atiende a los siguientes criterios:
- a) El grado de realización del trabajo.
 - b) Su fundamentación teórica.
 - c) La simplicidad del material utilizado.
 - d) El calibrado y funcionamiento.
 - e) La originalidad.
 - f) La calidad del informe final.
 - g) La dedicación al trabajo.
- 7) Con objeto de completar la información sobre el proceso de aprendizaje, se realizan pruebas escritas que, en nuestro caso, tratamos de que sean comunes para todos los alumnos que trabajan en Meteorología en los distintos centros. Las pruebas se construyen eligiendo cuestiones, ejercicios y problemas de un banco de preguntas que se va creando con ese fin. Para la corrección de las pruebas elaboramos un protocolo, discutido y aceptado por el grupo de profesores, en el que se especifican los criterios de corrección y evaluación.
- En el Anexo IX se recogen las cuestiones, ejercicios y problemas que se refieren a “Humedad y nubes” para que cada profesor pueda elegir entre ellas y utilizar los que considere más adecuados.

Consideramos que los trabajos en grupo deben incorporar algún mecanismo de autoevaluación, pero hasta ahora no hemos puesto en práctica ninguno totalmente satisfactorio.

Como además de evaluar todos los aspectos anteriores, tenemos que calificar (emitir un juicio sobre cada alumno) para la calificación tenemos en cuenta: la información recogida sobre cada alumno a lo largo de todo el proceso y la nota obtenida en la prueba de lápiz y papel.

— La unidad en su conjunto. El rendimiento global del proceso vendrá determinado por:

1) Encuesta de aceptación por parte de los alumnos.

Es interesante contar con la opinión de los alumnos. Con este fin se ha pasado una encuesta encaminada a obtener datos para evaluar aspectos tales como:

- a) El interés de los contenidos.
- b) La relación entre esfuerzo y resultados.
- c) Las dificultades que encuentran.
- d) La actuación del profesor.
- e) La comparación del modo de trabajo en clase en esta unidad con otras.

La encuesta de aceptación (Anexo X) la utilizamos para valorar las cuatro unidades que los miembros del Grupo impartimos sobre Meteorología y no sólo para “Humedad y nubes”; no obstante, la incluimos porque adaptada puede servir para evaluar cualquier unidad o por lo menos para dar ideas sobre cómo hacerlo.

2) La cantidad y calidad de los productos obtenidos.

Trabajos bibliográficos, aparatos, materiales audiovisuales, archivos, etc. y utilidad de los mismos para enseñanzas posteriores.

Cuándo evaluar

— Antes de comenzar la unidad.

Los alumnos responden a siete cuestiones de opción múltiple y realizan un dibujo sobre el ciclo del agua para poder detectar algunas ideas previas.

— A lo largo de la unidad.

Algunas actividades, intercaladas en el programa-guía, están diseñadas para detectar la persistencia de los posibles errores.

A su vez, los informes sobre diseño y realización de experiencias, la construcción y funcionamiento de aparatos y el seguimiento de tareas de clase y de campo, nos indican la conveniencia de seguir o modificar la forma de trabajo.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que sólo en la acción se pueden evaluar actitudes o la claridad y precisión en la expresión verbal o las habilidades manuales, etc.

— Al terminar el desarrollo de la unidad.

Una prueba escrita, de conocimientos y destrezas, da cuenta del grado de desarrollo de algunas capacidades. Se cierran y valoran los productos obtenidos (archivo, aparatos, etc).

Con los datos recopilados a lo largo de todo el proceso se califica a los alumnos.

Los alumnos contestan a la encuesta de aceptación de la unidad.

Por último, en una reunión específica, el grupo de profesores valora el diseño y desarrollo de la unidad tomando como referencia las motivaciones que llevaron a la realización del proyecto y los resultados globales obtenidos.

Anexos

Anexo I: Test sobre ideas previas de los alumnos

1. La atmósfera está formada, principalmente, por los siguientes gases:
 - a) Oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua.
 - b) Oxígeno, nitrógeno, dióxido de azufre, argón.
 - c) Oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, helio.
 - d) Oxígeno, hidrógeno, dióxido de carbono, ozono.
2. El vapor de agua es:
 - a) Un gas.
 - b) Una mezcla de gas con gotitas de agua líquida.
 - c) Gotitas muy pequeñas de agua.
 - d) Otro estado de la materia distinto.
3. Cuando la humedad del aire aumenta:
 - a) Aumenta su densidad, porque el vapor de agua es más pesado que el aire.
 - b) Aumenta su densidad, porque además de aire hay vapor de agua.
 - c) Disminuye su densidad, porque el vapor de agua es más ligero que el aire.
 - d) Su densidad no varía.
4. Las nubes NO PUEDEN estar constituidas por:
 - a) Vapor de agua.
 - b) Pequeñas gotitas de agua líquida.
 - c) Pequeñísimos cristales de hielo.
 - d) *Pequeñas gotitas de agua y pequeños cristales de hielo.*
5. Señala cuál de las siguientes afirmaciones es cierta:
 - a) Las nubes se producen siempre sobre las llanuras.
 - b) Las nubes se producen siempre sobre las montañas.
 - c) Las nubes se producen siempre sobre el mar.
 - d) Las nubes se producen en cualquier sitio.

6. Las nubes se mueven arrastradas por los vientos:

- a) Desde el mar hacia la tierra.
- b) Desde la tierra hacia el mar.
- c) Desde las montañas a las llanuras.
- d) En cualquier dirección.

7. El rocío se forma:

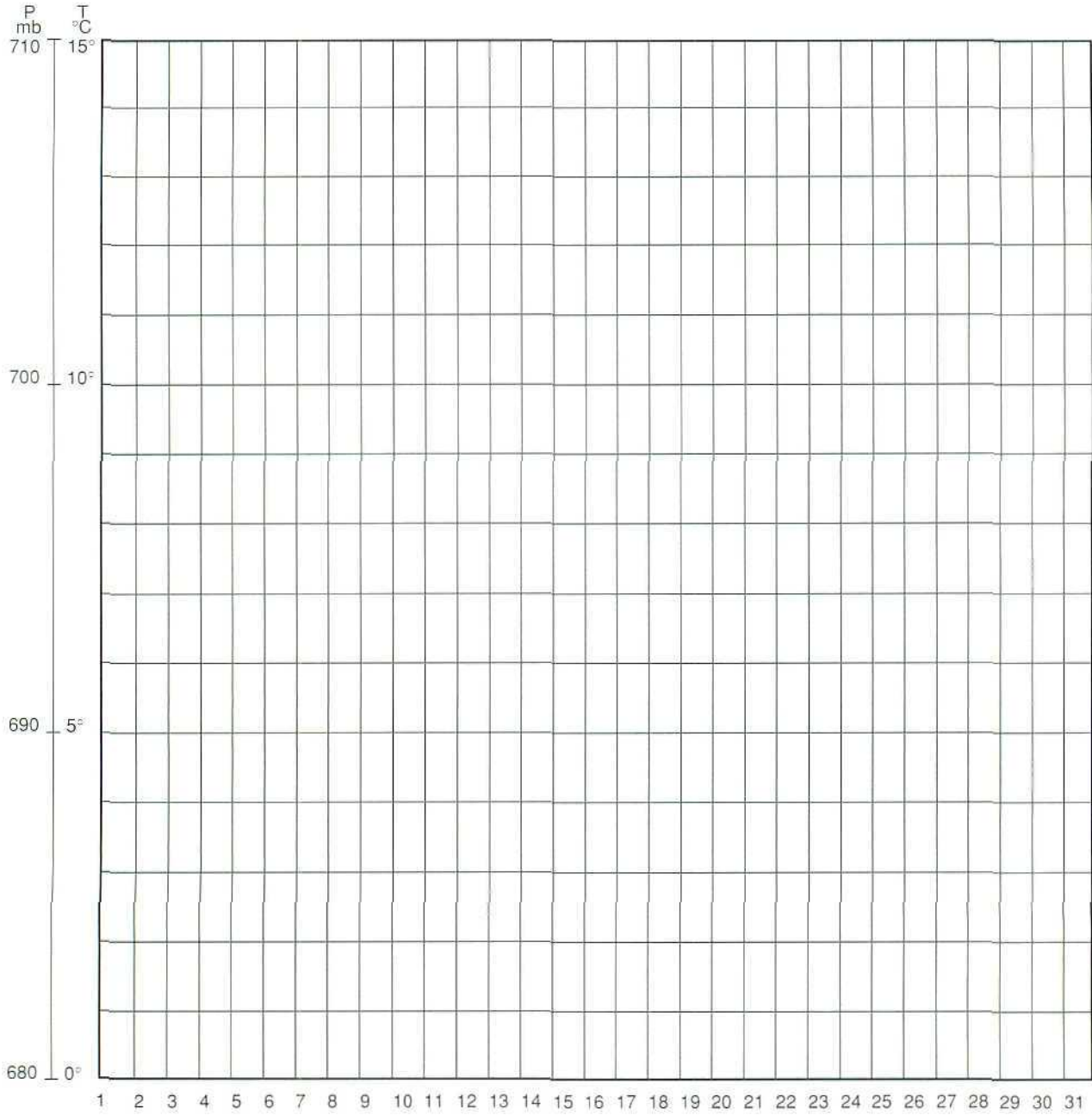
- a) Por condensación del vapor de agua del aire.
- b) Debido a la transpiración de las plantas.
- c) Porque el aire cambia de estado.
- d) Cuando se enfría el aire seco.

Anexo II: Hojas de registro de datos meteorológicos cuantitativos

Hoja de registro de temperaturas máximas, mínimas y del psicrómetro

Hora _____ Mes _____ Año _____

Día	TEMPERATURAS (°C)				HUME- DAD %	VIENTO		PRESIÓN mb	PRECIPI- TACIÓN mm
	Máx.	Min.	Seco	Húmedo		Direcci. (grados)	Fuerza (nudos)		
	T _M	T _m	T _S	T _H		D	F		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Total									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Total									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
Total									
Total mensual									
Media Mensal									



Hoja de registro de presión y temperatura

Tiempo en días

Hoja de registro de precipitaciones

PLUVIOMETRÍA

Estación de _____ Año 19 _____
 Provincia de _____ Mes _____
 Cuenca del río _____ Altitud _____ mtrs.
 Altura del pluviómetro sobre el suelo _____ mtrs.
 Observador Don _____

DÍA	ALTURA m/m	Forma	D o N	Viento dominante	Día	ALTURA m/m	Forma	D o N	Viento dominante
1	 				22				
2					23				
3					24				
4					25				
5					26				
6					27				
7					28				
8					29				
9					30				
10					31				
11					1	 	 	 	
Década					Década				
12					<i>Suma mensual</i>				
13					<i>Viento dominante del mes</i>				
14					NUMERO DE DÍAS DE:				
15					Lluvia ●				
16					Nieve ❄				
17					Llovizna ☂				
18					Nieve cubrió el suelo ❄				
19					Rocío ☁				
20					Escarcha ⚡				
21					Niebla ☁				
Década					Tormenta ⚡				
LLUVIA MÁXIMA EN UN DÍA					Granizo o pedrisco Δ ▲				
(24 horas) _____ mm					Lluvia (R en m) < 0,1				
el día _____					" " ≥ 01				
Viento dominante en el máximo _____					" " ≥ 1,0				
					" " ≥ 10				

Instrucciones para anotar las observaciones

AÑO, MES, PUEBLO, PROVINCIA, OBSERVADOR.— Nunca se omitan estos datos en cada cuadro. (Véase enfrente del ejemplo).

SENSACION DE TEMPERATURA.— Cada día se marcarán en su columna respectiva dos puntos: uno en la casilla correspondiente a la sensación notada en las primeras horas de la mañana, y otro en la correspondiente a la experimentada en las primeras horas de la tarde. A fin de mes se unen con una línea todos los puntos de la tarde y con otra, los de la mañana.

Se han establecido diez grados de sensación, los cuales, si se tuviera termómetro, se vería que corresponden, aproximadamente, a los siguientes intervalos: tórrido (más de 35 °C), mucho calor (30 a 35 °C), calor (25 a 30 °C), calorcito (20 a 25 °C), agradable (15 a 20 °), fresquito (10 a 15 °), fresco (5 a 10 °), frío (0 a 5 °), helando (5 ° bajo cero a 0 °), glacial (menos de 5 ° bajo cero).

CANTIDAD DE PRECIPITACIÓN (LLUVIA, NIEVE, GRANIZO).— Se indica por barras verticales, que serán de la altura de una casilla si la lluvia del día ha sido ligera, de dos si ha sido moderada y de tres si fue copiosa.

VIENTO.— Se anotará de dónde soplabá el dominante durante el día, o el que produjo lluvia, nevada o tormenta. Se utilizarán las iniciales internacionales siguientes: N. (del Norte), NE. (del Nordeste, cierzo), E. (del Este, levante), SE. (del Sudeste, solano), S. (del Sur, mediodía), SW. (del Sudoeste, ábrego), W. (del Oeste, poniente) y NW. (del Noroeste, ragañón). Si varió mucho, póngase V.

INTENSIDAD DEL VIENTO.— Si ha sido fuerte, póngase una **f**; si moderado, **m** y si débil, **d**. Cuando hay calma, una **c**.

ESTADO DEL CIELO.— Se anota llenando totalmente el circulito a sólo su mitad, o dejándolo en blanco, según el día haya estado generalmente cubierto o sólo medio nuboso, o despejado o casi despejado.

CLASES DE NUBES DOMINANTES.— Pueden ser nubes altas (A), o nubes medias (M), o nubes bajas (B).

Las nubes altas están a seis kilómetros o más de altura. Son blanquísimas y finas como plumas o como menudísimos borreguitos. Otras veces forman velos muy tenues que originan halos alrededor del Sol o de la Luna; es decir, aros irisados grandísimos.

Las nubes medias se hallan a dos kilómetros o más de altura. Forman rollos, o cielo enlosado, o cielo aborregado, o constituyen un velo gris, que produce coronas borrosas ceñidas al Sol o a la Luna.

Las nubes bajas se producen muchas veces por la mañana y crecen hasta mediodía, pudiéndose convertir en tormentosas. En otras ocasiones son masas claras, o muy espesas y oscuras que originan, quizá, lluvia o nieve.

Si variaron mucho las nubes durante el día, póngase V.

DE DÓNDE VIENEN LAS NUBES.— Se anota este dato con las mismas iniciales que los vientos. Es importantísimo para la predicción del tiempo.

FENÓMENOS METEOROLÓGICOS.— Se anota cada día el principal, valiéndose de los signos que van al pie del cuadro.

EFFECTOS DEL TIEMPO EN LA VIDA.— Si ha habido heladas dañinas, o inundaciones, o rayos, o pedriscos, etc., o cualquier otro hecho relacionado con el tiempo, se anotará, con su fecha, en las líneas en blanco. Dígase en qué sitio.

RESUMEN DEL MES.— La rosa de los vientos que está abajo a la derecha sirve para obtener un resumen gráfico e intuitivo del mes. Para ello, se pone cada día en el radio correspondiente a la dirección del viento dominante una puntita de flecha, dirigida hacia el círculo central. Dentro de éste se anota el número en días de calma. Junto a cada una de estas puntitas de flecha se anota, por medio de su signo, el fenómeno dominante del día (lluvia, nieve, tormenta, etc.).

Efectuando diariamente estas operaciones, se ve a fin de mes cuáles han sido los vientos más frecuentes en él y los fenómenos que cada uno de ellos suele producir; dato interesantísimo para la predicción local del tiempo.

Anexo IV : Hoja de registro de observaciones fenológicas

Fecha:		ALMENDRO	ENCINA	OLMO
H O J A S	Presencia/Ausencia			
	Superficie			
	Orientación			
	Color			
Y E M A S	Presencia/Ausencia			
	Cerrada/Abierta			
	Color			
F L O R E S	Presencia/Ausencia			
	Tamaño			
	Forma (Dibujo)			
	Color			
	Olor			
F R U T O	Presencia/Ausencia			
	Tamaño			
	Forma (Dibujo)			
	Color			
F I S O N O M I A	(Dibujo) (Aspecto general)			
Datos del grupo observador:				

Anexo V: Tabla de especies elegidas para la observación fenológica

Plantas y animales a observar

Llegada y emigración de aves: golondrina, vencejo, Cigüeña, estornino. — Cuco: se oye por primera vez su canto.— Ruiseñor: se oye por primera vez su canto.

Insectos:

Mariposa blanca de la col: fecha en que se la ve por primera vez en vuelo. Abeja: fecha en que se la ve por vez primera visitando las flores.

Lista de plantas adoptada para su observación en España

Abeto, Arce, Falso plátano, Castaño de Indias, Aliso, Almendro silvestre, Abedul, Brezo común, Avellano, Espino, Haya, Fresno, Retama de tintoreros, Yedra, Hiedra, Pino silvestre, Chopo, Espino negro, Endrino, Escaramujo, Sauce, Saúco, Iniesta, Escoba, Aliaga, Olmo.

Plantas cultivadas

Avena, Remolacha, Garbanzo, Haba, Cebada, Tabaco, Arroz, Judía o Habichuela, Guisante, Centeno, Patata, Trigo, Maíz.

Frutales

Albaricoquero, Castaño común, Naranja, Membrillero, Higuera, Nogal, Olivo, Melocotonero, Peral, Manzano, Vid.

Por abundar en algunas regiones también debemos observar:

Pita, Madroño, Jara, Palmito, Esparto, Chumbera, Tamarindo, Arce, Torera, Acebuche, Coscoja, Encina, Quejigo, Alcornoque, Palmera, Granado, Lino, Alpiste.

Anexo VI: Guías para la construcción de aparatos

Costrucción de un higrómetro de cabello

Sólo hace falta un bastidor o base de madera, una plancha de porexpán grueso, chinchetas, cola para madera u otro pegamento fuerte, una banda elástica de goma y cuatro o cinco cabellos humanos largos a ser posible rubios. También puede utilizarse crin de caballo, que es más resistente. En lo posible, agregar a esta lista de materiales una pequeña cantidad de tetracloruro de carbono y de cloruro de calcio anhidro.

La tarea inicial será el armado del bastidor, que consiste en una base plana, una columna vertical y una traviesa horizontal al final de la columna, como si fuera una horca (véase figura).

Las medidas pueden variar pero conviene considerar que la columna deberá tener por lo menos 40 cm para que pueda utilizarse con cabellos de una longitud razonable. Es también conveniente que las medidas de la traviesa sean generosas (unos 25 cm de ancho) para dar lugar al libre movimiento del tambor sin que toque o roce con la columna ni con un hilo que hará las veces de aguja o fiel.

A continuación habrá que desengrasar cuidadosamente los cabellos sumergiéndolos varias horas en un vaso con tetracloruro de carbono o acetona y removiendo cada cierto tiempo. Desde el momento en que se quite los cabellos del vaso y se dejen en lugar ventilado para que se sequen, hay que recordar que nunca deben volverse a tocar con las manos desnudas, porque volverían a engrasarse: deberán manipularse con guantes limpios de goma o, en todo caso, de algodón.

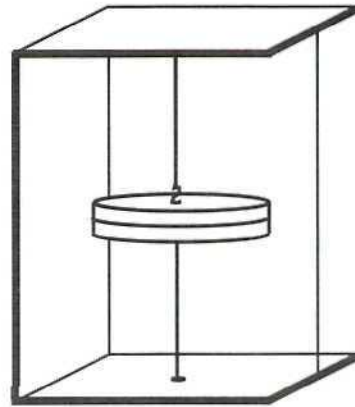
Por otra parte, se hará el tambor central cortando un círculo de porexpan grueso de unos 15 cm de diámetro. El eje de este cilindro se atravesará, por cada cara, por sendos clavitos de doble punta que se doblarán en uno de sus extremos para asegurarlos al cilindro, mientras que las puntas libres se doblarán en forma de ángulo.

Ahora sólo resta armar el higrómetro. Cogiendo con las precauciones que ya hemos dicho cuatro o cinco cabellos ya secos, retorcer el haz sobre sí mismo unas diez veces. Hacer un nudo en un extremo y fijar en la base mediante una chincheta.

Reforzar el punto de unión mediante una gota de cola. En el extremo del haz hacer un nudo en forma de ojete, de modo tal que pueda unirse al ganchito de la cara inferior del tambor. Una vez unido éste, y sosteniendo el tambor para evitar que el haz de cabellos se desenrolle, calzar en el ganchito superior la banda elástica de goma, antes de lo cual hay que retorcerla unas cuantas veces en el mismo sentido en que torció el haz de cabellos, hasta que se observen que las variaciones de tracción efectuadas con la mano se traducen en un movimiento de rotación del tambor. El extremo superior de la banda se unirá a la traviesa horizontal con otra chincheta (véase figura).

Observar si el tambor está suficiente sostenido, es decir, si soporta cierta tensión causada por la rigidez del haz de cabellos desde abajo y por la elasticidad de la banda de goma desde arriba. Verificar que el eje de rotación sea lo más vertical posible y que el tambor no roce la columna. Agregar un hilo de coser negro lo más cerca posi-

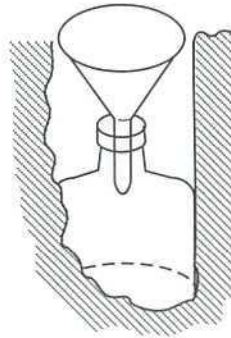
ble del borde del tambor, pero sin rozarlo, mediante chinchetas. Conviene barnizar el marco para evitar que la humedad influya sobre el mismo, afectando el comportamiento del aparato. El higrómetro está listo.



Averbuj, E., 1981. Para medir: aparatos y métodos. (Ed. Laia, Barcelona)

Construcción de un pluviómetro

- A. Un pluviómetro simple.** Es fácil construir un pluviómetro sencillo utilizando un embudo, una botella y una probeta graduada para medir el volumen del agua recogida (ver la figura). Lo ideal sería que el embudo estuviera provisto de un borde vertical muy fino o una proyección horizontal en el mismo para evitar que las gotas de lluvia al rebotar salten hacia el exterior. El aparato deberá enterrarse de modo que el embudo sobresalga unos pocos centímetros sobre el nivel del suelo.



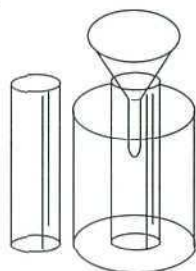
- B. Otro modelo de pluviómetro.** Elegir un recipiente de hojalata de unos 10 cm de diámetro y 14 cm de alto y procurarse otro recipiente cilíndrico de unos 3 cm de diámetro y por lo menos 25 cm de alto que queda de pie dentro de la lata. Colocar ésta sobre una mesa bien horizontal y llenarla con agua exactamente hasta 1 cm de altura, que medirá con una regla graduada. Pegar una banda de papel de 1 cm de ancho a lo largo del recipiente cilíndrico. Verter en el recipiente el agua contenida en la lata y señalar sobre el papel el nivel que alcanza;

medir la distancia entre esta señal y el fondo del recipiente y transportar esta medida hacia arriba, a lo largo de toda la banda de papel. Dividir cada intervalo en 10 partes iguales: cada una representará 1 mm de lluvia. El recipiente así graduado permite medir pequeñas cantidades de lluvia.

Para armar el pluviómetro se colocará un embudo cuyo diámetro sea aproximadamente igual al de la lata, sobre el recipiente cilíndrico, que a su vez se introducirá en la lata. Este pluviómetro se instalará en un lugar descubierto donde no corra peligro de volcarse.

Si la lluvia es ligera es recogida y medida en el recipiente pequeño. Si se trata de una lluvia fuerte el agua desbordará y será recogida por la lata; se podrá medir echándola en el recipiente. Si se quiere medir la lluvia en pulgadas habrá que verter en la lata 2,5 cm de agua, trasvasarla después al recipiente, marcar la altura alcanzada por el agua, y dividir la escala en la forma indicada.

Una forma mejor para determinar la cantidad de lluvia caída en centímetros o pulgadas consiste en graduar el recipiente pequeño en función de su propio radio y del radio del embudo colector aplicando la siguiente fórmula:



$$\frac{\text{Altura del agua en el recipiente}}{\text{Altura de la lluvia}} = \frac{\text{Cuadrado del radio del embudo}}{\text{Cuadrado del radio del recipiente}}$$

Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias EDHASA, Barcelona, 1978

Construcción de un nefoscopio

Descripción. Es un sencillo aparato que sirve para determinar la velocidad de cúmulos aislados de los que se han estimado su altura sobre el suelo.

La altura de los cúmulos, se estima según

$$h_{\text{cúmulo}} = 125 \cdot d$$

siendo d la diferencia psicométrica (diferencia entre las lecturas de temperatura de los termómetros de bulbo seco y húmedo del psicrómetro) del día.

Construcción. El nefoscopio se construye colocando un cristal sobre una cartulina (blanca o negra) circular en la que se han marcado desde 0° (norte) hasta 360° (norte), los azimutes del plano horizontal (figura 1). Una plancha de contrachapado se coloca bajo la cartulina de forma que el borde de ésta sea tangente a ella. El "sandwich" contrachapado-cartulina-cristal se sujeta con pinzas de papelería.

La cartulina blanca se usa en días nublados (por ejemplo, en días en que altostratos se sitúan por encima de los cúmulos) y la negra en días despejados.

Un alambre vertical sujeto al borde de la plancha tangente al círculo de azimutes, de longitud igual al radio del círculo de azimutes y terminado en una mira circular de aproximadamente 1 cm, completa el aparato.

Utilización. Se orienta el nefoscopio, colocado sobre una superficie horizontal, de forma que la línea norte-sur del círculo de azimutes coincide con la dirección N-S del lugar. Una brújula y un nivel de burbuja son útiles para esta puesta en estación del aparato.

Se desplaza el nefoscopio hasta que una nube aparezca reflejada en el centro del círculo de azimutes al mirar con el ojo puesto en la mira de alambre y se mide el tiempo que transcurre hasta que, manteniendo la posición de observación, la nube alcanza el borde del círculo de azimutes. La orientación de su movimiento vendrá marcada por el radio seguido para llegar desde el centro al borde de dicho círculo.

Tal y como se muestra en la figura 2

$$D \approx h_{\text{nube}}$$

por tanto,

$$v_{\text{media}} = h_{\text{nube}}/\Delta t$$



Figura 1

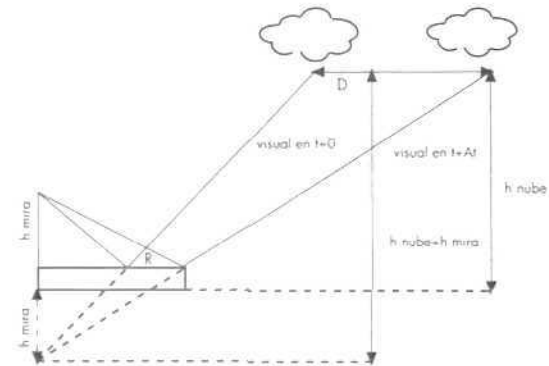


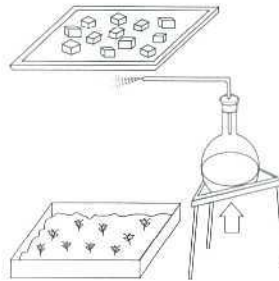
Figura 2

Anexo VII: Descripción de trabajos prácticos

“Condensación y lluvia en el laboratorio”

Demostración del ciclo de la lluvia

Colocar sobre una mesa una caja que contenga plantas recién nacidas. A 35 o 40 cm por encima de esta caja, sostenida por un soporte colocar una bandeja de metal con trozos de hielo; poner una tetera o un balón con agua sobre una fuente de calor, de manera que el vapor pase entre las plantas jóvenes y la bandeja (véase la figura). El dispositivo está ahora listo para estudiar el ciclo de la lluvia en pequeña escala. La tetera o balón desempeña, como fuente de agua, el papel de la Tierra. El agua se evapora y asciende hasta la bandeja enfriada, que representa las capas elevadas de la atmósfera que cubre la Tierra, enfriadas por expansión. Allí la humedad se condensa sobre la bandeja precipitándose en forma de lluvia sobre el sembrado.



Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias, pág. 249, (EDHASA, Barcelona, 1978)

“Formación de niebla en el laboratorio”

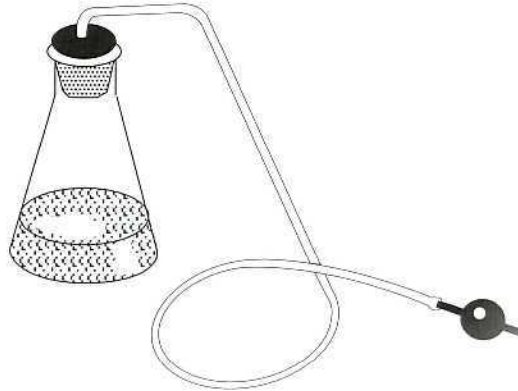
Objeto:

Comprobar que la condensación del vapor de agua, mediante condiciones adecuadas origina niebla.

Instrucciones:

Se conecta el tubo de goma al extremo del tubo acodado que sobresale del matraz y a la pera de goma. Se echa agua caliente en el matraz hasta unos 3 cm de altura y se añaden una gotas de alcohol. Se difunde por el espacio vacío del matraz un poco de humo de cigarro o polvo leve de tiza y se tapa no oprimiendo fuertemente el tapón. Con la mano izquierda, sujetándole para impedir un posible salto prematuro, se toma con la derecha la pera de goma y se insufla un poco de aire en el matraz; se hace saltar el tapón para comunicar rápidamente su interior con la atmósfera. En seguida observaremos la formación de una especie de nube o niebla en su interior, debida a la condensación en su seno de parte del vapor de agua contenido.

Al destaparse el matraz hay una expansión brusca del vapor con la consiguiente disminución de temperatura; existiendo un exceso de vapor sobre el punto de saturación, éste se condensa sobre las partículas sólidas (núcleos de condensación) que pululan por el espacio libre del matraz.



Manual de prácticas de Termología (ENOSA, Madrid, 1986)

Anexo VIII: Nubes en el Museo del Prado

Primitivos flamencos (s. xv-xvi)

Roger Van der Weyden:

- * La piedad (143)

Memling:

- * Adoración de los Reyes Magos

El Bosco:

- * El Jardín de las Delicias (conjunto 3380, detalle 7347)
- * El carro del heno (158)
- * Las tentaciones de San Antonio (7354)

Patinir:

- * La barca de Caronte
- * El paso de la laguna Estigia (3344)
- * Descanso en la huida a Egipto (7330)

Escuela flamenca (s. xvii)

Teniers:

- * Fiesta campestre (281)

J. Brueghel de Velours:

- * Paisaje (4891)

Pablo de Vos:

- * Ciervo acosado por la jauría (3578)
- * Cacería de corzos (3581)

Escuela italiana (s. xvi)

Tintoretto:

- * El lavatorio (3237)

Veronés:

- * Moisés salvado de las aguas del Nilo (198 y 3225)

Tiziano:

- * Dánae recibiendo la lluvia de oro (3184)
- * Carlos V en Mühlberg (3200)
- * Venus y Adonis
- * Venus recreándose con el Amor y la Música
- * La bacanal (3194)
- * El Santo Entierro
- * Ofrenda a la diosa de los amores (3192)

Escuela española (s. xvii)

Velázquez:

- * Las lanzas (518)
- * El príncipe Baltasar Carlos a caballo (569)
- * El Conde Duque de Olivares (563)
- * El príncipe Baltasar Carlos de caza (571)
- * Isabel de Borbón a caballo (6629)
- * El Cardenal Infante de caza
- * San Antonio Abad y San Pablo (495)
- * Doña Margarita de Austria a caballo (6632)
- * Vista de Zaragoza (606)

Rivera:

- * Martirio de San Bartolomé (470)

Goya (s. xviii-xix)

- * Las floreras (716)
- * La gallina ciega (739)
- * El coloso (848)
- * La lucha a garrotazos (842)
- * Partida de caza (7384)
- * Merienda a orillas del Manzanares (7385)
- * Las lavanderas (758)

Anexo IX: Cuestiones, ejercicios y problemas de evaluación

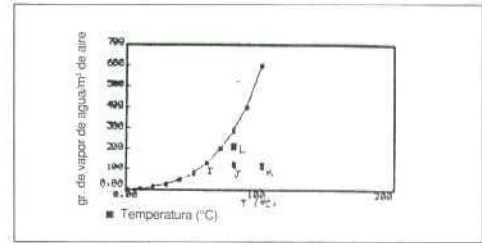
1. Ejemplos de actividades a incluir en la prueba de evaluación

a) Cuestiones de opción múltiple y respuesta única

- 1.1. La cantidad de agua que se evapora de una piscina:
- A Depende de lo llena que esté.
 - B Depende de las dimensiones de la piscina.
 - C Disminuye al aumentar la temperatura ambiente.
 - D Disminuye los días de viento.
- 1.2. Al evaporarse el agua, a la atmósfera pasan:
- A Gotitas de agua líquida.
 - B Moléculas de oxígeno y moléculas de hidrógeno.
 - C Moléculas de agua.
 - D Átomos de hidrógeno y átomos de oxígeno.
- 1.3. La humedad absoluta es:
- A La masa total de vapor de agua contenida en la atmósfera.
 - B El número de gramos de vapor de agua en cada m^3 de aire.
 - C La masa de agua en cada m^3 de aire saturado.
 - D Ninguna de las anteriores.
- 1.4. La superficie de una habitación es doble que la de otra. La altura es la misma y ambas contienen la misma masa de vapor de agua. En tal caso:
- A La humedad absoluta de la habitación grande es mayor que la de la pequeña.
 - B Ambas tienen la misma humedad absoluta.
 - C La humedad absoluta de la pequeña es mayor que la de la grande.
 - D No hay suficientes datos para saber cual tiene mayor humedad absoluta.

- 1.5. En un momento dado se cierran las ventanas y puertas de una habitación provista de calefacción y en la que no hay ningún recipiente con agua. Al aumentar la temperatura:
- A Disminuye la humedad absoluta.
 - B Aumenta la humedad relativa.
 - C Disminuye la cantidad de vapor de agua de la habitación.
 - D Disminuye la sensación de humedad.
- 1.6. La humedad relativa de una masa de aire es 50 a una temperatura dada. Esto quiere decir que:
- A La humedad relativa es la mitad de la humedad absoluta.
 - B El 50% de esa masa de aire es vapor de agua.
 - C Hay 50 gramos de vapor de agua en cada m^3 de esa masa de aire.
 - D Esa masa de aire contiene la mitad del vapor de agua que podría contener a esa temperatura.

- 1.7. En la figura se ha representado la curva de saturación y se han señalado 4 puntos que indican las condiciones de humedad y temperatura de otras tantas masas de aire:



- A I, J y K tienen la misma humedad relativa.
- B L y J tienen la misma humedad absoluta.
- C La humedad relativa de L es mayor que la de J.
- D La humedad relativa de K es mayor que la de J.

- 1.8. Una nube se forma:
- A Cuando el aire está saturado y contiene núcleos de condensación.
 - B Siempre que el aire está saturado.
 - C Cuando se evapora el agua contenida en la atmósfera.
 - D Siempre que haya núcleos de condensación.

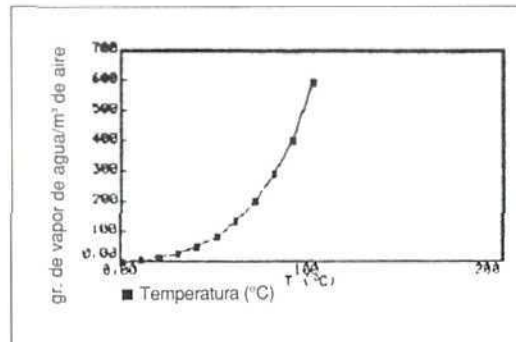
b) Cuestiones abiertas

- 1.9. En una vivienda, al encender la calefacción el primer día de noviembre, el ambiente se siente mucho más seco que los días anteriores cuando no se encendía.
- 1.º Suponiendo que las condiciones exteriores son similares, ¿hay distinta cantidad de vapor de agua el 31 de octubre que el 1 de noviembre?
 - 2.º ¿Qué sucederá si se pone un recipiente con agua encajado en el radiador?
- 1.10. ¿Qué factores influyen en el tiempo que tarda en secarse la ropa de un tendedero?

- 1.11. ¿De dónde procede el vapor de agua que hay en la atmósfera?
- 1.12. La evaporación diurna en los desiertos es grandísima, ¿por qué?
- 1.13. ¿A qué se debe la formación de gotitas sobre las paredes del cuarto de baño cuando uno se ducha?
- 1.14. ¿De qué depende la sensación de humedad?
- 1.15. ¿Qué condiciones deben cumplirse para que se condense el vapor de agua existente en una masa de aire?
- 1.16. Para que una nube desaparezca ¿es necesario que llueva?
- 1.17. Un altocúmulo es una nube ¿alta, media o baja? ¿puede dar lugar a lluvia?
- 1.18. Si vas en un avión a 8.000 m de altura ¿podrías atravesar estratocúmulos?

c) Ejercicios

- 1.19. Dada la curva de saturación



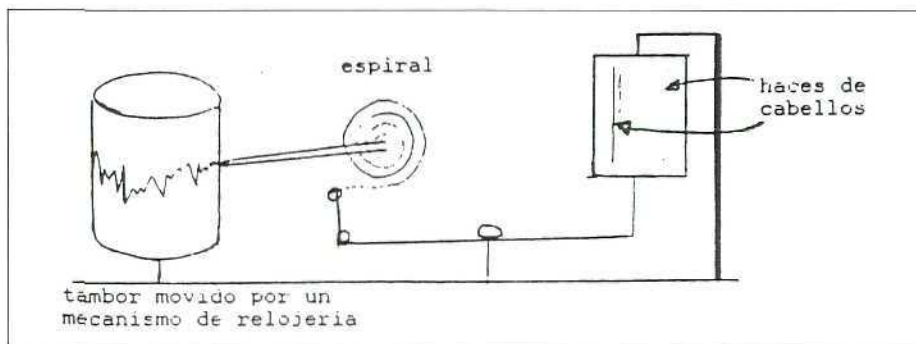
Señala un punto que represente:

- a) una masa de aire cuya humedad relativa sea 100.
- b) una masa de aire cuya humedad relativa sea 50 y la absoluta mayor que la anterior.
- c) lluvia.

1.20. Completa la siguiente tabla:

t (°C)	Humedad relativa (%)	Humedad absoluta (g/m ³)
30,5	100	30
30,5	50	7
30,5		7,57

1.21. El dibujo que se da corresponde a un higrómetro de absorción:



Explica su fundamento.

1.22. Haz un dibujo con altocúmulos.

d) Problemas

1.23. La superficie de una habitación es 15 m² y la altura 2.5 m. La humedad absoluta es 15 g/m³ y la relativa 40.

- Calcula la masa total de vapor de agua que hay.
- Calcula la masa que habría que añadir para que el aire estuviera saturado.
- La masa que se condensaría si la temperatura bajase bruscamente a 10° C. (Humedad de saturación 9 g/m³).

1.24. a) Calcula la humedad absoluta del aire de una habitación de dimensiones 5 m x 4 m x 2,5 m si contiene 0,5 kg de vapor de agua.

- ¿Qué masa de vapor de agua hay en 40 litros de aire cuando la humedad absoluta es 10 g/m³?

2. Trabajos de evaluación

Son un conjunto de actividades que por su extensión, duración, grado de dificultad o tipo de material necesario, no pueden formar parte de la prueba de evaluación. Pueden tener carácter voluntario y realizarse en equipo.

La naturaleza de estos trabajos es muy variada. Pueden incluir:

- Pequeñas investigaciones de tipo experimental. El material a utilizar en este caso debe encontrarse *habitualmente en los hogares o ser de fácil y económica adquisición*.
- Resúmenes de artículos de revistas, capítulos de libros, etc.
- Exposiciones por escrito de temas de especial interés o actualidad relacionados con la unidad. El profesor proporcionará al alumno la bibliografía adecuada.

A continuación damos ejemplos de trabajos de diferente tipo:

Situación problemática:

- 1.º Un estudiante se queda a estudiar por las noches con la calefacción encendida. Debido a la sequedad del ambiente, se encuentra molesto. Para evitarlo, coge un vaso con agua y mete en él un pañuelo de algodón dejando que caiga un pico sobre el radiador. Así consigue tener la humedad adecuada.
 - a) Explica por qué ha procedido de esa manera.
 - b) Si se te ocurre alguna otra solución o alguna modificación a la del estudiante, expónla detalladamente.
- 2.º Nuestro estudiante quiere conseguir una velocidad de evaporación adecuada de manera que no tenga que estar llenando el vaso cada rato. Para ello, debe hacer una pequeña investigación.
 - a) Emite hipótesis sobre los factores que influyen en la velocidad de evaporación.
 - b) Diseña experimentos que permitan contrastar las hipótesis.
 - c) Realiza los experimentos en casa y trae los resultados.

Pequeña investigación experimental:

Las pérdidas de agua, en forma de vapor, por parte de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera se denomina "evapotranspiración". Vamos a hacer las siguientes hipótesis:

La evapotranspiración de un terreno depende de: la temperatura, el viento, la humedad del aire, el tiempo de exposición a la radiación solar, tipo de suelo y especies vegetales instaladas en él.

- a) Explica qué experiencia tendrías que hacer para comprobar si es correcta o no la hipótesis de que la evapotranspiración depende de la humedad ambiente.

-
- b) Imagina que cogemos dos jardineras, una con geranios y la otra sin sembrar, y las colocamos en una habitación de manera que reciban la misma iluminación. Las dejamos sin regar 15 días. Al cabo de este tiempo cómo estará de seca su tierra. ¿Qué hipótesis estamos comprobando?
- c) Diseña experimentos y realízalos, si es posible, para contrastar otras hipótesis emitidas.

Trabajos bibliográficos:

En el programa-guía se proponen los trabajos bibliográficos “Nubes en el Museo del Prado” y “Lluvia ácida”. Damos a continuación un ejemplo de posible evaluación de un trabajo realizado:

Lee los siguientes párrafos del texto que leíste para realizar el trabajo sobre la lluvia ácida:

La lluvia ácida constituye una consecuencia directa de los mecanismos de autolimpieza de la propia atmósfera. Las minúsculas gotas de agua que componen las nubes capturan continuamente partículas en suspensión y gases traza solubles. Cuando se origina la lluvia por coalescencia del agua de la nube, arrastra consigo las impurezas de la atmósfera. No todos los gases traza son eliminados por la precipitación, pero el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) emitidos a la atmósfera se convierten químicamente en ácidos —sulfúrico y nítrico— que se incorporan con facilidad a las gotitas de las nubes.

La lluvia ácida puede caer a centenares de kilómetros del foco de contaminación. Allí donde se deposita experimenta un nuevo episodio de alteraciones físicas y químicas, que pueden rebajar la acidez y modificar las características químicas del agua que, a la postre, llega a los ríos y lagos. Los suelos alcalinos —por ejemplo, los ricos en caliza— pueden neutralizar el ácido directamente. En los suelos algo ácidos —típicos de los bosques de coníferas, perennifolios, de Europa, Canadá y Estados Unidos—, expuestos a la lluvia ácida, los efectos de esta deposición pueden sufrir mella por acción de otros dos procesos: el ácido queda inmovilizado a medida que el suelo y la vegetación retienen los iones sulfato y nitrato (de los ácidos sulfúrico y nítrico, respectivamente); u, otra posibilidad, el ácido se neutraliza merced a un proceso de intercambio de cationes (iones positivos).

*La degradación adquiere tintes espectaculares en los bosques altos de coníferas. En muchos lugares situados por encima de los 850 metros en las Adirondack, las montañas Green de Vermont y las Whiten de New Hampshire, la comparación de los datos históricos con los reconocimientos actuales demuestra que, en los últimos veinticinco años, han muerto más del 50 por ciento de las píceas rojas (*Picea rubens*). A menores altitudes, se han documentado daños tanto en las especies de madera blanda como en las de madera dura.*

Mohen, V.A., 1988. *El desafío de la lluvia ácida*, Investigación y Ciencia, Octubre, pp. 8-18.

- a) Haz una pequeña síntesis.
- b) Haz un análisis de detalles de interés.
- c) Plantea las preguntas que creas necesarias al profesor.

Anexo X: Evaluación de la Meteorología

Este cuestionario tiene como objeto, la evaluación de la Meteorología.

Es anónimo y nos interesa conocer tu opinión para que resulte cada vez más interesante y atractiva para los alumnos.

Escribe tu contestación o marca con una X la casilla que corresponda a tu respuesta.

Gracias por tu colaboración.

		b	a		
		m	t	e	
		u	a	d	p
		c	n	i	o
		h	t	a	c
		o	e	s	o
					n
					a
					d
					a
— El trabajo en grupo te ha resultado interesante.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Has colaborado con el grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— El resto de los componentes del grupo han colaborado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Han valorado tu opinión dentro del grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Se argumentan las opiniones dentro del grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Has echado de menos trabajar individualmente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Te has especializado dentro del grupo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Las puestas en común te han resultado interesantes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Haz algún comentario, si lo consideras oportuno

.....

.....

En las clases de Meteorología, la siguiente actividad **la has realizado**

	m u c h o	b a s t a n t e	a m e d i a s	p o c o	n a d a
— Escuchar la explicación del profesor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Escuchar la exposición de trabajos de los grupos de clase.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Resolver problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Leer y analizar un texto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Exponer un trabajo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Diseñar una experiencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Realizar una experiencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Observar al profesor realizando una experiencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Construir aparatos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Realizar informes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Manejar aparatos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Construir e interpretar gráficas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Plantear hipótesis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Discutir proposiciones (hipótesis, diseños, resultados,...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Repasar lo tratado en la unidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Trabajar en el cuaderno de clase,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En las clases de Meteorología, la siguiente actividad te ha interesado

	m	b	a		
	u	a	m		
	c	s	e	p	n
	h	t	a	o	a
	o	e	s	o	a
— Escuchar la explicación del profesor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Escuchar la exposición de trabajos de los grupos de clase.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Resolver problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Leer y analizar un texto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Exponer un trabajo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Diseñar una experiencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Realizar una experiencia.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Observar al profesor realizando una experiencia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Construir aparatos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Realizar informes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Manejar aparatos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Construir e interpretar gráficas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Plantear hipótesis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Discutir proposiciones (hipótesis,diseños,resultados,...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Repasar lo tratado en la unidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Trabajar en el cuaderno de clase.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

El papel del profesor, en Meteorología, **ha consistido en**

	m u c h o	b a s t a n t e	a m e d i a s	p o c o	n a d a
— Resolver dudas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Explicar la lección.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Montar aparatos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Realizar él una práctica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Moderar la puesta en común.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Animar a los grupos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Comentar temas de actualidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Repasar lo tratado en un tema de Meteorología.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Preguntar a los alumnos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Aportar materiales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Corregir actividades.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
— Establecer conclusiones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En resumen:

- La forma de trabajo te ha parecido interesante
- siempre
 - frecuentemente
 - sólo a veces
 - muy pocas veces
- Los contenidos tratados en Meteorología
- han aumentado
 - no han modificado tu interés por este tema.
 - han disminuido
- Crees que la Meteorología tiene
- más
 - igual conexión con la vida cotidiana que otras partes
 - menos
- de la Física y Química.

— Cuál es la relación entre el esfuerzo que realizas en Meteorología y lo que aprendes.

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> grande | <input type="checkbox"/> grande |
| esfuerzo <input type="checkbox"/> normal | aprendizaje <input type="checkbox"/> normal |
| <input type="checkbox"/> pequeño | <input type="checkbox"/> pequeño |

— Escribe por orden de preferencia, cuatro partes del programa de Física y Química.....
.....
.....

— Escribe por orden de dificultad, cuatro partes del programa de Física y Química.....
.....
.....

— Escribe por orden del tiempo que te han llevado, cuatro partes del programa de Física y Química.....
.....
.....

Bibliografía

Bibliografía citada

- AUSUBEL, D. P. (1978): *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- CAÑAL, P., y PORLAN, R. (1987): "Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo". *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 2, pp. 89-96.
- CAÑAS, A.; GUTIÉRREZ, M. S., y HERRERO, F. (1991): "Una herramienta para la evaluación en el área de Ciencias de la Naturaleza". *Anexos de evaluación abierta*, n.º 74 (ICE Universidad de Zaragoza, Zaragoza).
- Diseño Curricular Base del Área de Ciencias*, Madrid: M. E. C., 1989.
- DRIVER, R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6, n.º 2, pp. 109-120.
- FURIÓ, C., y GIL, D. (1978): *El programa-guía: una propuesta para la renovación didáctica de la Física y Química en el Bachillerato* (ICE Universidad de Valencia, Valencia).
- GIL, D., y CARRASCOSA, J. (1985): "Science learning as a conceptual and methodological change". *European Journal of Science Education*, 7, 3, pp. 231-236.
- GIL, D. (1985): "El futuro de la enseñanza de las Ciencias: algunas implicaciones de la investigación educativa". *Revista de Educación*, 278, pp. 27-38.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987): *Los programas-guías de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las Ciencias* (II Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Valencia).
- HARDY, R.; WRIGHT, P.; GRIBBIN, J., y KINGTON, J. (1983 a): *El libro del Clima*. Madrid: Herman Blume, p. 57.
- HARDY, R.; WRIGHT, P.; GRIBBIN, J., y KINGTON, J. (1983 b): *El libro del Clima*. Madrid: Herman Blume, p. 30.
- HODSON, D. (1985): "Philosophy of Science, Science and Science Education". *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- MERINO, S. J.; CALVO, J. L.; PELLICER, S.; ABADIA, X., y CUADRAT, J. M. (1987): *Aspectos didácticos de Geografía e Historia* (ICE Universidad de Zaragoza, Zaragoza).
- MILLER, A. (1977 a): *Meteorología*. Barcelona: Labor, p. 27.
- MILLER, A. (1977 b): *Meteorología*. Barcelona: Labor, p. 31.

-
- PORLAN, R., y CAÑAL, P. (1986): "Mas allá de la investigación del medio". *Cuadernos de Pedagogía*, 142, pp. 8-12.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W., y GERTZOG, W. A. (1982): "Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change". *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- SOLOMON, J. (1987): "Social influences on the construction of pupil understanding of Science". *Studies in Science Education*, vol. 14, pp. 63-82.
- STRAHLER, A. N. (1981): *Geografía Física*. Barcelona: Omega.

Sobre metodología del programa-guía

- GIL, D. (1982): "Didáctica de las ciencias teóricamente fundamentada". *Primeras Jornadas de Investigación Didáctica en Física y Química*, pp. 23-41 (ICE Universidad de Valencia, Valencia).
- GIL, D. (1982): *La investigación en el aula de Física y Química*. Madrid: Anaya.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987): *Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias* (II Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Valencia).

Sobre clasificación de nubes

- DI FRANCO, F. (1984): *Previsión del tiempo mirando al cielo*. Barcelona: Juventud.
- DUNLOP, S., y WILSON, F. (1987): *Cómo predecir el tiempo*. Barcelona: CEAC.
- Nuevo manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias*. Barcelona: EDHASA, 1978, pp. 254-259.
- Póster de nubes*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- SCHAEFER, V. J., y DAY, J. A. (1983): *Guía de campo de la atmósfera*. Barcelona: Omega.
- STRAHLER, A. N. (1981): *Geografía Física*. Barcelona: Omega.

Sobre el ciclo del agua

- PENMAN, H. L. (1970): "El Ciclo del agua". *Investigación y Ciencia*. Septiembre.

Sobre la lluvia ácida

- HARDY, R.; WRIGHT, P.; GRIBBIN, J., y KINGTON, J. (1983): *El libro del Clima*. Madrid: Herman Blume.
- MOHNEN, V. A. (1988): "El desafío de la lluvia ácida". *Investigación y Ciencia*. Octubre, pp. 8-18.
- VIE LE SAGE, R. (1982): "Las lluvias ácidas: un holocausto ecológico". *Mundo Científico*, 15, p. 648-652.

Sobre construcción de aparatos

- ARTEAGA, y OTROS. *Manejo de instrumental meteorológico*. México: CEAC.
- AVERBUJ, E. (1981): *Para medir, aparatos y métodos*. Barcelona: Laia.
- Museo de la Ciencia: guía del museo*. Barcelona: Fundación Caja de Pensiones, 1984.
- "Monográfico ¿Qué tiempo hace?". *Cuadernos de Pedagogía* núm. 146, pp. 8-29.
- Nuevo Manual de la Unesco para la Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona: Edhasa, 1978.
- TÉBAR, P. (1986): "Anemómetro automatizado". *Cuadernos de Pedagogía*, 134, pp. 90-91.

Sobre tratamiento de datos meteorológicos

- Calendario meteorológico 1989*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- El Observador meteorológico*, Vídeo de 15 min. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- GOMEZ, S. B., y ARTEAGA, R. (1987): *Elementos básicos para el manejo de instrumental meteorológico*. México: CECSA.
- Instrucciones para las observaciones fenológicas*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología, 1973.
- JANSA, J. M. (1985): *Manual del observador meteorológico*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- Observación meteorológica sin aparatos*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología, 1984.

Sobre didáctica de la Meteorología

- FUENTES, J. L. (1985): *Iniciación a la Meteorología agrícola*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RAMIREZ, E. (1982): *Meteorología en la escuela*. Madrid: Anaya.

Sobre Meteorología en general

- CATALA, J. (1987): *Introducción a la Meteorología*. Madrid: Alhambra.
- FERNÁNDEZ, A., y PAREJO, J., A. (1984): *Aspectos económicos de la Meteorología*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.
- HARDY, R.; WRIGHT, P.; GRIBBIN, J., y KINGTON, J. (1983): *El Libro del Clima*. Madrid: Herman Blume.
- HUERTA, F. *Apuntes de Meteorología sinóptica*. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.

LABEYRIE, J. (1987): *El hombre y el clima*. Barcelona: Gedisa.

Libro de refranes de la temperie. Madrid: Instituto Nacional de Meteorología.

MARTIN VIDE, J. (1984): *Interpretación de los mapas del tiempo*. Barcelona: Ketres.

MILLER, A. (1977): *Meteorología*. Barcelona: Labor.

ROGERS, C. *Física de las nubes*. Barcelona: Reverté.

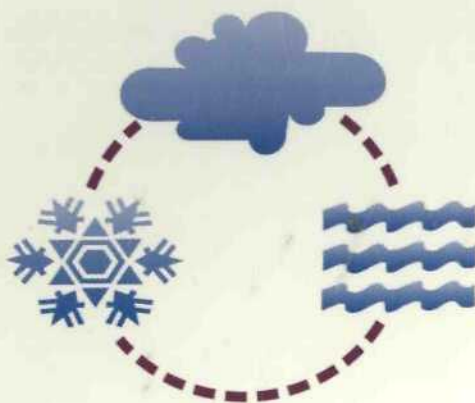
TANCK, H. J. (1971): *Meteorología*. Madrid: Alianza.

TOHARIA, M. (1984): *Tiempo y clima*. Barcelona: Salvat.



DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

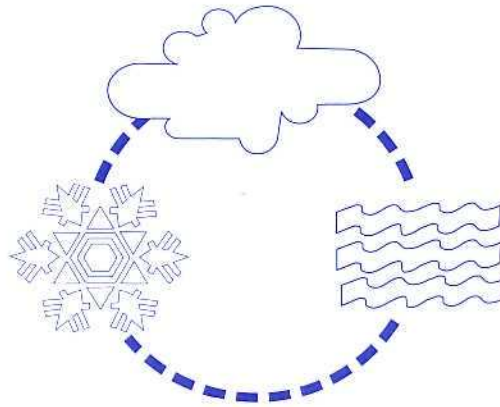
Subdirección General
de FORMACIÓN del PROFESORADO



Recursos y elementos de
Actualización Científica



Ministerio de Educación y Ciencia



Recursos y elementos de Actualización Científica

Autores

Jordi Solbes Matarredona

J. Eduardo García Díaz

Ana María Alcalde de Oñate

Nicolás Rubio Sáez

José Antonio Martínez Pons

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O.: 176-92-015-6
I. S. B. N.: 84-369-2252-2
Depósito legal: M-23037-1992
Imprime: MAHIN AL VAREZ HNOS

Prólogo

En este libro el lector encontrará una aproximación a lo que de forma genérica se suele llamar Actualización Científica.

Entre la variedad de enfoques y amplitud posibles, se ha optado por incluir dos temas desarrollados, uno relacionado con la Física y la Química (Física cuántica) y el otro que incide sobre todo en aspectos que se suelen tratar en Biología y Geología (El concepto de Ecosistema). También se recogen referencias bibliográficas y de medios audiovisuales e informáticos sobre algunos temas punteros de las distintas disciplinas científicas que constituyen el área de Ciencias de la Naturaleza.

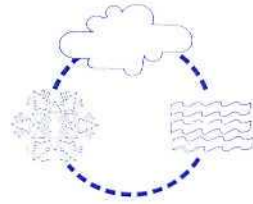
La elección de "Física cuántica" o el "El concepto de Ecosistema" ha venido determinada, entre otras cosas, por referirse a aspectos que comienzan a tratarse en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y que posteriormente se amplían en diferentes asignaturas del Bachillerato. En ambos casos se trata de sugerir un enfoque didáctico que permita mostrar en el aula la evolución de algunos conceptos científicos que por ser más abstractos suponen un grado de dificultad elevado para los alumnos y que con frecuencia son presentados de forma que inducen a interpretaciones erróneas.

En cuanto a las "Referencias para una consulta", se hacen por una parte las de Biología y por otra las de Geología, mientras que se presentan conjuntamente las de Física y Química porque en los temas elegidos en este último caso la separación resultaría forzada y les haría perder riqueza.

Entre las recensiones que se incluyen, algunas pretenden dar a conocer recursos para la aplicación directa en el aula, otras pueden servir para proponer trabajos monográficos a desarrollar por alumnos de distintos niveles y otras intentan facilitar el acercamiento del profesorado a temas de actualidad que conviene formen parte de la cultura científica de los profesores, aunque no tengan una aplicación directa en el aula.

Índice

Física cuántica	7
El concepto de Ecosistema	49
Referencias para una consulta de Geología	87
Referencias para una consulta de Biología	103
Referencias para una consulta de Física y Química	115



Física Cuántica

Jordi Solbes i Matarredona

Índice

Introducción	11
1. La crisis de la Física Clásica y el surgimiento de la moderna	17
2. Orígenes de la Física Cuántica	21
3. Hipótesis de De Broglie	29
4. Las relaciones de indeterminación de Heisenberg	35
5. La función de onda y los niveles de energía	39
6. Recapitulación de la Física Cuántica	43
Bibliografía	45

Introducción

Aunque, evidentemente, los aspectos que trataremos en este tema no son una de las "fronteras" de la Física, también es cierto que es difícil comprender cualquiera de los problemas "punta" —*quarks*, superconductores de altas temperaturas, microscopio de efecto túnel, supercuerdas, agujeros negros, primeros instantes del universo, etc.— sin unas nociones básicas de relatividad y cuántica.

Este tema, además, tiene un gran interés para los profesores que imparten Física y Química en los últimos años de Secundaria. En efecto, en los programas de 3.º de B. U. P. y C. O. U., y también en los diseños curriculares de los bachilleratos científico y técnico de la Reforma, aparecen ideas y conceptos de física moderna y sus aplicaciones en diversos dominios (estructura atómica, enlace químico, etc.).

Señalar que existe un amplio consenso —como es lógico a fines ya del siglo xx— sobre la introducción de la física moderna en los últimos años de la enseñanza secundaria en muchos países: en EEUU (Haber Schaim 1981), en el Reino Unido (Ogborn 1981), en Francia (Balibar y Levy-Leblond 1984), en Italia (Fabri 1988), en Holanda (Lijnse 1981), en Hungría (Marx 1981), en Japón (Konuma 1988), en latinoamérica (Klapp 1988).

Pero, además, el tema tiene un notable interés formativo para todos los profesores de ciencias fisico-químicas y naturales por múltiples razones, puestas de manifiesto en la literatura didáctica (Gil *et al.*, 1986 y 1989, Aubretch 1988, Marx 1988, Solbes y Vilches 1989):

-
- En primer lugar, porque permite proporcionar una imagen más correcta de cómo se desarrolla la ciencia, evitando visiones lineales y puramente acumulativas, al mostrar cómo la física clásica no pudo explicar determinados problemas, lo que provocó su crisis y el surgimiento de las nuevas ideas (la física moderna), que representaban una ruptura tanto o más profunda que el surgimiento de la clásica.
 - En segundo lugar, por la creciente importancia de las aplicaciones de la física moderna en nuestra sociedad (la electrónica, el estado sólido, la física nuclear, etc.) y por el interés que manifiestan los alumnos no sólo por cuestiones relacionadas con dichas aplicaciones, sino también por aspectos más teóricos, como las paradojas relativistas y cuánticas o la consideración de problemas astrofísicos y cosmológicos.
 - Y, finalmente, porque la física moderna permite una mayor comprensión de la física y química clásicas, al mostrar sus límites de validez o la diferencia entre ambos paradigmas.

Estas razones no sólo justifican la importancia de la física moderna en la actualidad sino, también, la conveniencia de su introducción en la enseñanza secundaria. Pero ello plantea diversos problemas: ¿cómo se introduce la física moderna en la enseñanza usual?, ¿qué consecuencias tiene esa introducción en los alumnos?

¿Como se introducen los conceptos de Física moderna?

En trabajos anteriores (Gil *et al.*, 1986 y 89, Solbes *et al.*, 1987 a y b) hemos detectado, mediante análisis de textos (más de 50 textos de secundaria —desde 7.º de E. G. B. a C. O. U.— y 17 de Física y Química general) y cuestionarios para profesores, que dicha introducción se plantea, en la mayor parte de los casos, sin tomar como punto de partida las dificultades insuperables que originaron la crisis de la física clásica, ni tener en cuenta los límites de validez de ésta y las diferencias entre la visión clásica y la moderna del comportamiento de la materia. Es decir, la enseñanza de la física moderna vendría caracterizada, en general, por una introducción desestructurada que, simplemente, yuxtapone (o incluso mezcla) las concepciones clásicas y las modernas.

Además, dicha iniciación a la física moderna va acompañada de errores conceptuales mezclados con las ideas correctas. Dichos errores se pueden clasificar en dos tipos: los directos o explícitos, por interpretaciones incorrectas que, en parte, coinciden con las que se cometieron en la génesis de la física moderna y en desacuerdo con las concepciones actualmente vigentes, y los implícitos, por falta de un tratamiento didáctico clarificador que muestre cómo las nuevas ideas entran en conflicto con las clásicas y, por tanto, con la estructura conceptual de los alumnos.

Más concretamente, en el análisis realizado hemos encontrado elevados porcentajes de textos (alrededor del 70 por cien) que incurren en tratamientos incorrectos (errores explícitos o implícitos). Por ejemplo, en relatividad el error más corriente es tomar, en sentido estricto, la conversión de materia en energía, lo que lleva a afirmar que no se cumple la ley de conservación de la masa o de la energía, o a suponer que la materia desaparece y se crea energía o viceversa (Warren, 1976; Fabri, 1981; Cortini, 1983; Hewson, 1982; Gil *et al.*, 1988). Los errores más frecuentes en cuántica se refieren a la dualidad onda corpúsculo (pensando que el electrón no deja de ser una partícula o afirmando que se puede considerar una onda) o al principio de indeterminación (considerando que impide medir con precisión y, en consecuencia, que la posición y la cantidad de movimiento no son buenos observables) (Bartell, 1985; García-Castañeda, 1985; Gil *et al.*, 1986 y 1989; Solbes, Bernabeu *et al.*, 1988).

Estos errores tienen graves implicaciones en los modelos atómicos cuánticos, que se introducen en los últimos cursos de EGB. Hemos detectado gran cantidad de ellos, entre los que destacamos el mezclar modelos clásicos, precuánticos y cuánticos e identificar el orbital atómico con la región del espacio en que existe probabilidad de encontrar al electrón. Esta opción suele estar acompañada por el grave error conceptual de considerar el orbital, o el nivel energético como una “estantería” que existe independientemente de los electrones y que puede ser “ocupado”, “llenado” o en el que se “colocan” los electrones (Solbes *et al.*, 1987 a y b). Estos errores se extienden, evidentemente, al estudio de los enlaces químicos y del modelo de bandas de los sólidos (Dumond y Merlin, 1988; Solbes y Vélchez, 1989).

Dificultades en los alumnos

En consecuencia, esta enseñanza: dificulta que los alumnos alcancen una mínima comprensión, ni siquiera cualitativa, de las ideas y conceptos fundamentales del nuevo paradigma y hace que los alumnos incurran en errores conceptuales e interpretaciones incorrectas.

En particular, encontramos (Solbes 1986, Gil *et al.*, 1986 y 1989) elevados porcentajes de alumnos de BUP y COU (entre el 80 y el 94 por cien, para una muestra de 536) que desconocen la existencia de crisis en el desarrollo de la Física, no citan ninguno de los problemas que provocaron dicha crisis y no mencionan ninguna de las diferencias entre física clásica y moderna. Además, con 345 alumnos de la misma muestra (3.º BUP y COU) se encontró que desconocían la variación de la masa con la velocidad y el carácter límite de la velocidad de la luz, el comportamiento ondulatorio de los electrones (desconocen que puedan difractarse) y las razones, tanto teóricas (indeterminación, comportamiento dual del electrón, etc.) como experimentales contra las órbitas de Bohr. Los porcentajes de respuestas incorrectas oscilan entre el 83 y el 93 por cien. Aún cuando los errores conceptuales, en el dominio de la Física moderna, no son debidos a las experiencias cotidianas previas, sino a la experiencia escolar precedente (o los medios de comunicación), hemos detectado una notable persistencia en ellos. Se mantienen, incluso, en estudiantes universitarios que finalizan tercero de Físicas (Solbes, Bernabeu *et al.*, 1988). Ello puede ser debido a la falta de discusión sobre los conceptos cuánticos y a que se mantienen errores en los textos.

Esta situación es debida, en gran parte, a que en la formación inicial del profesor, estos temas sólo se han tratado en los cursos superiores universitarios con un nivel matemático elevado y con escasa conceptualización (Levy-Leblond 1984) o anteriormente con el nivel que hemos caracterizado aquí. La primera de ellas, por su carácter excesivamente formalizado, no les sirve para la enseñanza secundaria, y por ello utilizan el tipo de introducción con las características mencionadas en los párrafos anteriores, con lo que las ideas erróneas se transmiten por un mecanismo de “reacción en cadena”.

Propuesta alternativa

Ello hace necesario una nueva aproximación a los conceptos básicos de la física moderna y, más en concreto, de la física cuántica que:

- Proporcione una visión estructurada que tenga en cuenta los cambios de paradigma en el desarrollo de la física, y muestre la contraposición de los conceptos cuánticos con los clásicos (allá donde sea fructífera).

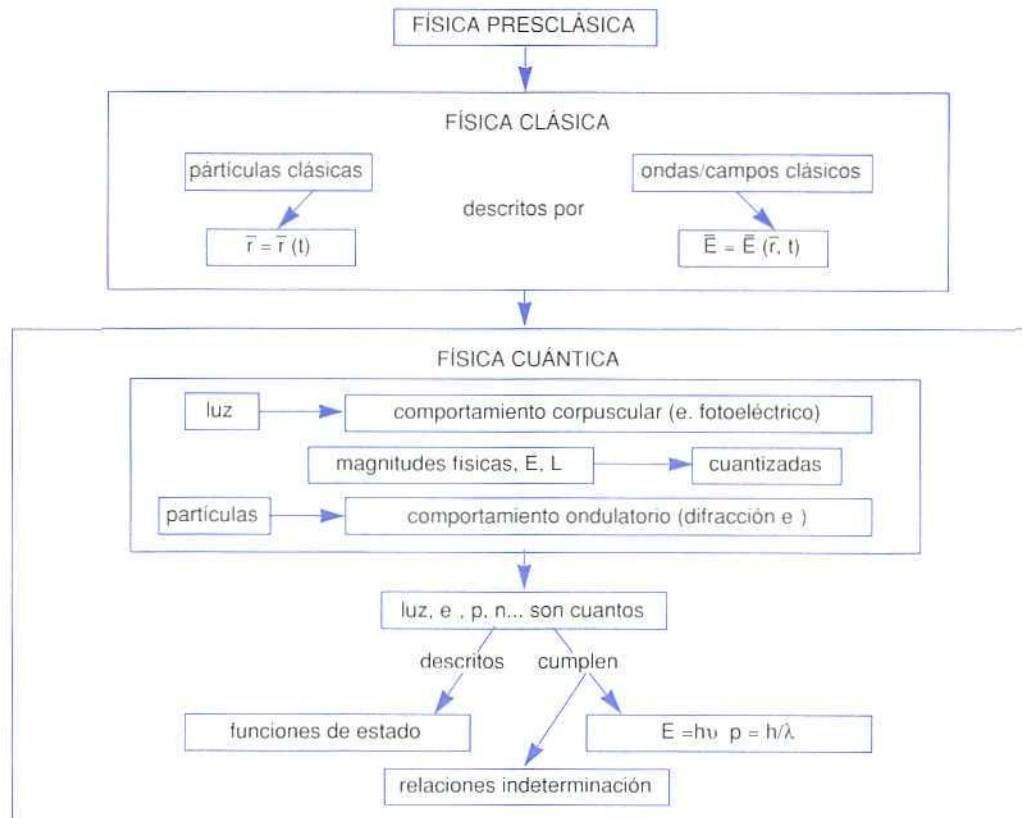
-
- Con un carácter cualitativo, sustituyendo la manipulación de las expresiones matemáticas por el esfuerzo de conceptualización y por la discusión de las ricas y provocadoras ideas de la física cuántica. Eso permite desarrollar un nuevo sentido físico, una nueva intuición, es decir, pensar de forma cuántica, dándose cuenta de que los electrones, fotones, etc., no son ni ondas ni partículas clásicas, sino objetos de tipo nuevo con un comportamiento nuevo, el comportamiento cuántico.
 - Tenga en cuenta las múltiples aplicaciones que la física moderna tiene en nuestra sociedad.

Para ello, desarrollaremos el tema en torno a un conjunto de actividades para el profesor, precedidas por breves introducciones de contenido informativo, y seguidas de respuestas y sugerencias. También se incluyen comentarios sobre aspectos didácticos. El nivel del tema correspondería a un último año de secundaria-primer curso de universidad, para que no sólo contribuya a la formación permanente del profesorado, sino para que el profesor pueda adaptar a su conveniencia estos materiales para sus alumnos y alumnas.

Se plantean como actividades para los profesores asistentes al curso las relacionadas con los aspectos de la cuántica, en los que se han detectado mayor número de errores ("dualidad", relaciones de indeterminación, orbitales atómicos, etc.), así como los referidos a aspectos generales (síntesis de un paradigma, sus límites de validez, sus diferencias con respecto a otros paradigmas, etc.). Algunas de estas actividades también se pueden realizar con alumnos de diecisiete a dieciocho años. El resto del tema también se puede transformar en un programa de actividades para el alumno como se puede apreciar en Solbes (1986), Calatayud *et al.* (1988, cap. 16, 17 y 18 de la opción A) y Solbes y Navarro (1989). Esta traducción en actividades para el alumno se realiza, a título de ejemplo, en el apartado sobre el efecto fotoeléctrico.

El hilo conductor del tema es:

1. La crisis de la física clásica y el surgimiento de la moderna
2. Orígenes de la física cuántica
 - 2.1. Efecto fotoeléctrico. Hipótesis de Einstein
 - 2.2. Efecto Compton
 - 2.3. Espectros y modelo de Bohr
3. La hipótesis de De Broglie
4. Las relaciones de indeterminación de Heisenberg
5. La función de ondas y los niveles de energía
6. Recapitulación de la física cuántica





La crisis de la física clásica y el surgimiento de la moderna

Proporcionar una visión más estructurada de la ciencia, que tenga en cuenta los grandes cambios de paradigma, hace necesario realizar una síntesis de la física clásica, mostrar cómo surgió porque la concepción anterior (denominada por algunos física aristotélico-escolástica y por otros preclásica) no pudo explicar una serie de problemas. Esto facilita que los alumnos comprendan cómo las nuevas dificultades surgidas en el marco clásico pueden, a su vez, originar la crisis del mismo. Por ello, este apartado, puede ser utilizado no sólo como introducción a los capítulos de física moderna, sino también, como recapitulación final de un curso de física clásica.

Para ello es necesario tener en cuenta como, hacia 1880, se consideraba a la Física como una ciencia prácticamente elaborada y cerrada, cuyos principios y leyes estaban sólidamente establecidos.

Pero una serie de problemas, que no pudieron ser explicados, originaron, a principios del siglo xx, la crisis de la física clásica, poniendo en cuestión hasta sus conceptos más evidentes y sólidos, y el surgimiento de un nuevo paradigma.

Desarrollaremos este punto en el orden siguiente:

Síntesis de la física clásica.

Dificultades de la física clásica.

Síntesis de la física clásica

A fines del siglo XIX, con la realización de la síntesis electromagnética por Maxwell —que integraba los fenómenos hasta entonces considerados desconexos de electricidad, magnetismo y óptica—, parecía haberse dado respuesta satisfactoria a los principales problemas que planteaba la ciencia física. A lo largo de dos siglos se había erigido, así, un edificio imponente del que la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética eran los pilares.

Actividad 1

Señalar algunos de los principales éxitos (incluyendo sus aplicaciones prácticas) de la física clásica, así como la imagen del comportamiento de la materia que proporciona.

Entre estos éxitos es necesario referirse a:

- La precisión alcanzada por la Mecánica en la descripción y predicción del movimiento, tanto de objetos terrestres como celestes.
- Los grandes principios de conservación y transformación (de la masa, energía, cantidad de movimiento, carga) como expresión de la unidad de la materia. Esta contribución a una visión unitaria es uno de los trazos más característicos del desarrollo de la ciencia y es evidente, también, en la síntesis electromagnética o en la ley de gravitación universal.
- Las grandes revoluciones tecnológicas que supusieron las máquinas térmicas (factor esencial en la primera revolución industrial), la producción y transmisión de la corriente eléctrica (que hizo posible la concentración de las grandes cantidades de energía necesarias en la industria y ciudades modernas) o de las ondas electromagnéticas, que harían posible la rápida transmisión de información (telegrafía sin hilos, radio, televisión...).

Finalmente, señalar que la mayor aportación de la ciencia clásica consistió en la nueva forma de abordar los problemas —con la sustitución de un pensamiento basado en “las evidencias del sentido común” por uno, a la vez más creativo, con las hipótesis como núcleo central, y riguroso— y el prodigioso desarrollo a que ello dió origen.

En cuanto a la imagen del comportamiento de la materia que proporciona se pueden señalar, entre otras, las siguientes características:

- Concibe el espacio como un receptáculo independiente de los objetos que contiene y que no ejerce ninguna acción sobre los mismos.
- Los cuerpos se desplazan en este espacio absoluto, sufriendo una evolución medible en una escala temporal también absoluta.
- Las interacciones de unos objetos con otros producen modificaciones en su estado de movimiento que son perfectamente determinables por las leyes de la Mecánica. El conocimiento de las ecuaciones del movimiento de un objeto permite predecir su posición, velocidad, etc., en cualquier instante. Hay, pues, que resaltar que se trata de una concepción claramente determinista.

- Se distingue nitidamente entre materia (constituida por átomos) y radiación (concebida como energía sin sustrato material).

Digamos, por último, que no conviene dar a esta síntesis un matiz peyorativo. Por el contrario conviene resaltar el portentoso edificio teórico que supuso la física clásica y sus implicaciones tecnológicas.

Conviene recordar que esta física clásica se edificó contra la visión que conocemos como física preclásica y supuso un profundo cambio metodológico. Resulta útil para ello plantear la siguiente actividad:

Actividad 2

La física clásica —alguna de cuyas características acabamos de revisar— surgió contra un paradigma, la física aristotélico-escolástica que se había mostrado incapaz de resolver una serie de problemas. Señalar algunas de las características de esta Física que vino a derribar la física clásica.

Esta actividad se convierte en ocasión de revisar algunas de las tesis principales de la física preclásica, por ejemplo, la visión jerárquica de la Naturaleza, con una neta separación entre física terrestre y física celeste; la tendencia de los cuerpos terrestres a ocupar su "lugar natural" y permanecer allí en reposo, que implica concebir las fuerzas como causa del movimiento y admitir que los cuerpos más pesados caen más aprisa; el carácter de movimiento "perfecto", sin principio ni fin y "no forzado" de los objetos celestes; el "horror al vacío" de la Naturaleza...

El hundimiento de la física preclásica no supuso únicamente la substitución de una visión de la Naturaleza por otra, sino que estuvo asociada a un profundo cambio metodológico cuyas principales características fueron la substitución de un pensamiento basado en las evidencias del sentido común, por un pensamiento a la vez más creativo y más riguroso. Precisamente todo el desarrollo de las asignaturas de Física y Química debe haber ayudado a producir el mismo cambio en los alumnos de bachillerato, cuya metodología espontánea tiene las mismas características de la metodología preclásica.

Para finalizar esta revisión de las principales características de la ciencia clásica se puede plantear a los alumnos que indiquen algunas de las implicaciones más relevantes de la ciencia clásica en los dominios ideológico, social, medio-ambiental, etc. Se trata de una actividad extraordinariamente abierta. Es conveniente mostrar cómo esas implicaciones han evolucionado a lo largo de todo el período de la física clásica; por ejemplo, de la persecución ideológica a que fue sometida la ciencia en sus inicios, a su constitución en uno de los elementos de la ideología dominante (el optimismo cientifista decimonónico), de limitarse a explicar los avances conseguidos por los artesanos, técnicos, etc., a ser el origen de múltiples aplicaciones técnicas (a partir del siglo XIX).

Dificultades de la física clásica

Del mismo modo que las dificultades de la concepción aristotélico escolástica contribuyeron al surgimiento del paradigma clásico en el siglo XVII, a finales del siglo XIX una serie de problemas que no pudieron ser explicados ori-

ginaron la crisis de la física clásica —poniendo en cuestión los conceptos más evidentes y sólidos— y produjeron el surgimiento de un nuevo paradigma. Estos problemas se pueden poner de manifiesto con la siguiente actividad:

Actividad 3

Como hemos ido viendo hasta aquí la física clásica llegó a explicar prácticamente todos los fenómenos conocidos y se convirtió en un cuerpo coherente de conocimientos en el que sólo quedaban por resolver algunos pequeños problemas.

Recordar algunos de estos problemas pendientes.

Se les podrán citar aquellos problemas sobre los que se haya ido llamando la atención en los temas correspondientes de las asignaturas de Física y Química. En particular los espectros discontinuos y la inestabilidad del átomo de Rutherford (vistos en la Química), el efecto fotoeléctrico (introducido al describir las experiencias de Hertz para contrastar la emisión de radiaciones electromagnéticas) y el carácter de sistema en reposo absoluto del espacio (en la Cinemática). Pero no hay que olvidar que existieron más, muy vinculados al Estado sólido: los espectros continuos de sólidos y líquidos incandescentes, el incumplimiento de la ley de Dulong y Petit sobre el calor específico de los sólidos, la resistividad de los metales predicha mediante el modelo de Drude-Lorentz era mayor que la experimental, etc.

Estos pequeños problemas originaron dos líneas de investigación que provocarían la crisis del paradigma clásico y condujeron al establecimiento de la física relativista y de la física cuántica. Aquí presentaremos únicamente la física cuántica, empezando por aquellos problemas que la física clásica no pudo explicar.



Orígenes de la Física Cuántica

Conviene iniciar la física cuántica abordando el estudio de algunos problemas que a fines del siglo pasado quedaban pendientes de solución en el marco casi acabado de la física clásica: el efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos. Es preciso referirnos a un tercer problema —aunque su mayor complejidad no recomienda su estudio al nivel que hemos planteado este trabajo—, el relativo a la interpretación de los espectros continuos emitidos por sólidos y líquidos incandescentes.

Estos problemas originaron la crisis de la física clásica, marcando sus límites de validez, y pusieron en evidencia la necesidad de profundos cambios en ella. Y aunque los primeros cambios aparecen históricamente como retoques, es decir, como hipótesis parciales que rectificaron el edificio teórico existente, pronto se vió la necesidad de un replanteamiento global, elaborándose un nuevo marco conceptual que ha llegado a sustituir la física clásica. Este nuevo marco es lo que conocemos como física cuántica.

Efecto fotoeléctrico. Hipótesis de Einstein

Un planteamiento del aprendizaje como cambio conceptual y como tratamiento de problemas implica que la estrategia para introducir el efecto fotoeléctrico debe ser partir del problema, ver como el cuerpo de conocimientos existente no puede explicarlo (hay contradicciones entre la teoría electromagnética y los resultados experimentales) por lo que se requieren nuevas hipótesis que rompen con la física clásica.

Para ello es conveniente recordar como, en 1886 y 1887 H. Hertz llevó a cabo los experimentos que por primera vez confirmaron la existencia de las ondas electromagnéticas predichas por la teoría electromagnética de Maxwell. En el curso de estos experimentos Hertz descubrió que ocurre más fácilmente una descarga eléctrica entre dos electrodos cuando llega luz a uno de ellos.

Una primera explicación cualitativa muestra que la luz facilita la descarga al hacer que se emitan electrones de la superficie del cátodo. Esto es debido a que los electrones adquieren energía cinética al recibir la energía transferida por la onda luminosa.

Conviene ahora operativizar estas ideas. Esto se puede realizar planteando a los alumnos las siguientes actividades que les permitan comprender las predicciones de la física clásica, contrastarlas con los resultados experimentales y, finalmente, plantear nuevas hipótesis.

Actividad del alumno

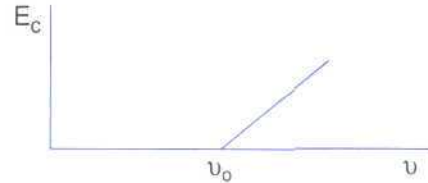
Partiendo de la teoría de Maxwell que concibe la luz como una onda electromagnética —que como tal onda, distribuirá uniformemente su energía—, considerar a título de hipótesis la influencia de la frecuencia y de la intensidad luminosa sobre la emisión de electrones (la cantidad de electrones emitidos por segundo, su energía cinética, el tiempo que tardarán en ser emitidos...). Véase también el efecto de cambiar de metal.

El objetivo es que los alumnos de diecisiete y dieciocho años hagan predicciones cuantitativas sobre lo que sucedería en el efecto fotoeléctrico de acuerdo con la física clásica, para que posteriormente lo contrasten con lo que realmente sucede. Sólo plantean alguna de ellas, por lo que el profesor debe completar dichas predicciones de la física clásica indicando lo siguiente: a) La energía cinética de los electrones liberados dependerá de la intensidad de onda y de la frecuencia; b) existirá un tiempo de retardo entre el choque de la luz sobre la superficie y la emisión del electrón, porque como la energía de la luz está distribuida uniformemente en el frente de onda es necesario un intervalo de tiempo —menor cuanto más intensa sea la onda— durante el cual el electrón está absorbiendo energía de la luz hasta que acumula la suficiente para escapar, y c) para un metal dado, el efecto fotoeléctrico debe ocurrir para cualquier frecuencia de la luz, con la única condición de que la luz sea lo bastante intensa para proporcionar la energía necesaria para expulsar los electrones.

Veamos a continuación que los resultados experimentales contradicen las hipótesis emitidas en la actividad anterior. Básicamente estos resultados pueden resumirse como sigue:

1. Para un metal dado, el efecto fotoeléctrico sólo se presenta por encima de una cierta frecuencia umbral ν_0 , sea cual sea la intensidad luminosa.
2. Si la frecuencia ν se mantiene constante por encima de un valor mínimo ν_0 , el número de electrones crece con la intensidad luminosa, pero no ocurre así con la energía cinética de dichos electrones que se mantiene constante,

3. La energía cinética de los electrones crece linealmente con la frecuencia ν a partir de un valor umbral ν_0 , característico de cada metal de acuerdo con la figura



4. La emisión de electrones es prácticamente instantánea.

Actividad del alumno

Analizar los resultados experimentales anteriores viendo cuáles contradicen la teoría clásica de la radiación como onda electromagnética que se distribuye uniformemente por el espacio. Extraer conclusiones sobre la naturaleza de la luz.

Esta actividad es crucial para los alumnos de Bachillerato porque al contrastar las hipótesis de la actividad anterior, basadas en la física clásica, con los resultados experimentales se comprueba que las predicciones clásicas no pueden explicar dichos resultados. Así, de acuerdo con la física clásica, el efecto fotoeléctrico debe ocurrir a cualquier frecuencia de la luz, con la única condición de que la luz sea lo bastante intensa para proporcionar la energía necesaria para expulsar los electrones, lo que contradice el primer resultado. Por otra parte, la energía cinética de los electrones debe aumentar al hacerse más intenso el haz de luz, en contra del segundo y tercer resultados. Para finalizar, la emisión instantánea no se puede reconciliar, como se ha visto, con la idea de onda que se distribuye uniformemente por el espacio.

Actividad del alumno

Sugerir alguna nueva hipótesis sobre el comportamiento de la luz capaz de interpretar los resultados experimentales relativos al efecto fotoeléctrico. En particular se trata de explicar con dicha hipótesis:

1. Por qué dicho efecto sólo se presenta para frecuencias de la luz superiores a un valor umbral, distinto para cada metal.
2. Por qué la energía cinética de los electrones liberados es siempre la misma para una frecuencia ν dada, sea cual sea la intensidad luminosa.
3. Por qué la emisión de electrones es prácticamente instantánea.

Los alumnos de Bachillerato, por los medios de comunicación, cursos anteriores, etc., quizá conozcan la idea de fotón, etc., pero aunque no lleguen a las hipótesis correctas, el hecho de haberse planteado el problema previamente, les facilita la comprensión de la hipótesis de Einstein. Éste, en su trabajo de 1905 sobre el efecto fotoeléctrico, se vió en la necesidad de considerar que la luz, fenómeno tradicionalmente etiquetado como ondulatorio, manifestaba un comportamiento corpuscular. Por ello, planteó la hipótesis de que las ondas electromagnéticas son una distribución de "paquetes de energía" o cuantos —posteriormente fotones— cada uno de los cuales posee una energía proporcional a la frecuencia $E = h\nu$, en donde h es una constante cuyo valor es $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js, denominada constante de Planck, ya que fue este físico quien la introdujo en 1900 al explicar los espectros continuos de sólidos y líquidos incandescentes, tema que por su complejidad no se aborda en este nivel.

Con esta nueva hipótesis puede darse una fácil explicación a los diferentes resultados experimentales. En efecto, cada fotón incidirá individualmente sobre un punto de la superficie metálica, arrancando un electrón sólo en el caso de que su energía $h\nu$ sea superior a la atracción de los iones positivos del metal. Ello explica que por mucho que aumente la intensidad luminosa $I = nh\nu$, siendo n el número de fotones incidentes, el efecto fotoeléctrico no se presente por debajo de una frecuencia umbral. Y ello explica también que la energía cinética sea independiente de la I y crezca, por contra, con la frecuencia, y que la emisión de electrones sea prácticamente instantánea.

En conclusión, siendo ν la frecuencia de la radiación (superior a la frecuencia umbral ν_0 necesaria para que se presente el efecto fotoeléctrico), la ecuación que liga la energía del fotón incidente con la energía cinética del electrón liberado es la ecuación fotoeléctrica de Einstein, deducida en 1905

$$h\nu = W + E_C$$

en la que $h\nu$ representa la energía del fotón incidente, W el trabajo de extracción y E_C la energía cinética del electrón liberado.

Cuando $\nu = \nu_0$, la $E_C = 0$ y, por tanto, $W = h\nu_0$ lo que nos da otra expresión para la ecuación de Einstein

$$E_C = h(\nu - \nu_0)$$

La hipótesis de Einstein sobre el efecto fotoeléctrico fue confirmada en 1915 por el físico americano R. A. Millikan, cuyos experimentos posibilitaron uno de los procedimientos para determinar la constante de Planck (h).

Finalmente, señalar que la física cuántica no es una rama esotérica de las ciencias físicas, como lo ponen de manifiesto sus múltiples aplicaciones. Así, por ejemplo, entre las aplicaciones del efecto fotoeléctrico cabe mencionar las alarmas antirrobo y la apertura electrónica de puertas. Muchos detectores de humos se basan en el mismo hecho: se interrumpe el paso de la luz, lo que produce una caída de corriente que activa el interruptor. También utilizan este circuito los fotómetros de los fotógrafos y otros dispositivos para medir la intensidad de luz, por ejemplo, los espectrofotómetros. Finalmente, un tipo de banda sonora de las películas consiste en una sección estrecha de sombreado variable existente a un lado de la película y la señal eléctrica que da el detector de célula fotoeléctrica sigue las frecuencias de la banda sonora. Evidentemente, estos párrafos se pueden también traducir a actividades para el alumno.

Llegados a este punto es conveniente reflexionar sobre las implicaciones de la hipótesis de Einstein, mediante la siguiente actividad:

Actividad 4

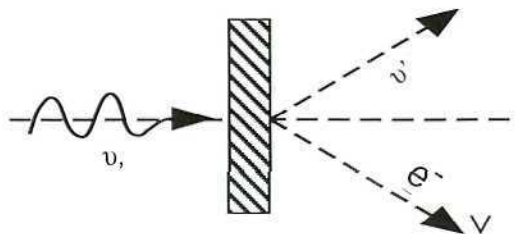
La luz, además de su evidente comportamiento ondulatorio (interferencia, difracción, etc.) manifiesta un comportamiento corpuscular (efecto fotoeléctrico, etc.). ¿Cómo podemos interpretar esto?

Es conveniente plantear aquí este problema para evitar el error de reducir el fotón a su aspecto corpuscular, retrocediendo así a las concepciones de Newton. En el punto 3 se analizará con detalle tras plantearnos el problema simétrico, es decir, si los objetos clásicamente etiquetados como partículas (por ejemplo, los electrones) pueden mostrar propiedades ondulatorias.

Pero antes nos referiremos a nuevos hechos que ilustran la validez del concepto de fotón, en particular, los espectros discontinuos de los átomos y el llamado efecto Compton, para evitar la visión simplista de que las teorías se abandonan a consecuencia de unos pocos resultados negativos (Hodson 1985).

El efecto Compton

El efecto Compton —denominado así por haber sido descubierto en 1923 por el físico americano A. H. Compton— consiste en el hecho de que las ondas electromagnéticas de frecuencia ν elevada (por ejemplo, rayos X) que inciden sobre un obstáculo (por ejemplo, una fina lámina de calcita) son difundidas, además de con su propia frecuencia ν , con una frecuencia ν' menor que la incidente. Por otra parte, de la calcita surgen algunos electrones libres, tal como se esquematiza en la figura. Esto resulta sorprendente desde el punto de vista clásico porque según la teoría ondulatoria clásica la frecuencia de las ondas difundidas debe ser igual a la de las ondas incidentes.



Esto se puede interpretar fácilmente considerando el efecto Compton como una colisión de los fotones con los electrones, a los que transfieren parte de su energía por lo que pasan a tener una energía menor, es decir, una frecuencia menor. Hay que señalar además que estos electrones, al contrario que en el efecto fotoeléctrico, tienen una energía de enlace menor que la del fotón, es decir, son prácticamente libres.

Espectros atómicos y modelo de Bohr

Este apartado sobre modelos atómicos es posiblemente el único aspecto de la física moderna que se pueda introducir en la E. G. B. y en la E. S. O. (de doce a dieciséis años). Para ello, la estrategia puede ser la misma que la utilizada en el efecto fotoeléctrico. Así, por ejemplo, los problemas que se plantean al átomo de Dalton (indivisible), llevan al modelo de Thomson (1904) que puede explicar la facilidad para arrancar electrones, la dificultad para arrancar cargas positivas e, incluso, la emisión de luz (pero no los espectros).

A su vez, el modelo de Thomson (1904) era incapaz de dar cuenta de la dispersión de partículas alfa por una fina lámina de oro (Geiger y Mardsen, 1909), lo que condujo al modelo nuclear de Rutherford (1911). Pero éste, si bien explicaba lo anterior, era inconsistente con la teoría electromagnética clásica, ya que según ésta, un electrón girando alrededor del núcleo debe estar emitiendo energía continuamente en forma de ondas electromagnéticas, lo cual le llevaría a caer muy rápidamente sobre el núcleo, en contradicción con la evidente estabilidad de los átomos. Además, ambos modelos, basados en la física clásica, eran incapaces de explicar el carácter discontinuo y característico de los espectros luminosos.

La concreción de esto en actividades para el alumno aparece en el capítulo 16 (opción A). Primeras concepciones sobre la estructura del átomo de Calatayud *et al.* (1988).

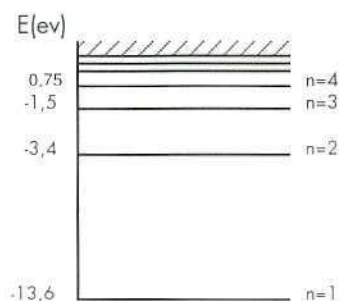
Para poder explicar dichos espectros Bohr en 1913 aplicó la nueva teoría cuántica de la radiación de Einstein al modelo nuclear de Rutherford, modificándolo de forma que diera cuenta de los hechos experimentales relativos a la emisión de luz. De forma esquemática podemos exponer los postulados de Bohr:

1. En el átomo, un electrón se mueve en una órbita circular alrededor del núcleo.
2. Pero de la infinidad de órbitas que permite la física clásica el electrón sólo puede moverse en las que el momento angular orbital es $mvr = nh/2\pi$.
3. El electrón se mueve en una órbita permitida sin radiar energía electromagnética. Así, su energía total E permanece constante.
4. La emisión o absorción de energía radiante se realiza cuando el electrón pasa de una órbita a otra.

Bohr "mezcla ideas clásicas y cuánticas", introduciendo hipótesis "ad hoc" para evitar los problemas planteados a los modelos de Thomson y Rutherford. Por ello introduce la cuantificación tanto de la energía E como del momento angular L para los estados del electrón: el electrón sólo puede estar en estados con la energía E y el momento angular L bien definidos.

Las hipótesis de Bohr aplicadas al átomo de hidrógeno posibilitaron el cálculo de las órbitas permitidas y de las energías correspondientes a las mismas para deducir, por último, la expresión de la longitud de onda de la radiación emitida al pasar de una órbita a otra. En efecto, al hacer incidir luz los electrones sólo podrán absorber los fotones de energías iguales a las correspondientes a la transición de un valor energético o nivel a otro superior y sólo emitirán cuando "caigan" de dicho nivel a otro inferior. Así, la frecuencia de la radiación emitida es igual a la diferencia de energía entre niveles $E_n - E_m = h\nu$.

Es útil representar los distintos valores posibles de la energía por rectas horizontales en un diagrama de niveles energéticos. El estado más bajo tiene una energía E_1 y se denomina estado fundamental. Los estados superiores E_2, E_3, \dots se denominan estados excitados. A temperatura ambiente casi todos los átomos están en el estado fundamental. A temperaturas más elevadas o durante una descarga, muchos átomos pueden estar en estados excitados.



El espectro visible del H está formado por una secuencia de rayas, que están cada vez más apretadas y se aproximan a un límite definido en la región ultravioleta UV, conocida con el nombre de serie de Balmer. Este descubrió en 1885 que las rayas pueden ser expresadas por una sencilla fórmula

$$1 / \lambda = R (1/m^2 - 1/n^2)$$

Donde R es la constante de Rydberg ($R = 1,0974 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$), $m = 2$ y n toma los valores $3, 4, 5, \dots, \infty$. Posteriormente se descubrieron las series de Lyman en el UV ($m = 1$), de Paschen en el infrarrojo ($m = 3$), etc. Bohr, en 1913, al calcular el valor de la energía y sustituirlo en la expresión $E_m - E_n = h\nu$ obtuvo la fórmula empírica de Balmer. Aquí se sigue el proceso inverso. Es decir, se comparan las expresiones $E_n - E_m = h\nu$ y $\lambda = R (1/m^2 - 1/n^2)$ y teniendo en cuenta que $\nu \lambda = c$, se deduce el valor de la energía del estado n -simo $E_n = -Rhc / n^2$ donde vemos que la energía del electrón está cuantizada por el número cuántico principal n . El nivel fundamental se obtiene para $n = 1$, $E_1 = -2,17 \cdot 10^{-18} \text{ J} = -13,6 \text{ eV}$. Las energías de los estados excitados vendrán dadas por $E_n = -13,6 / n^2$, así pues $E_2 = -3,4 \text{ eV}$, $E_3 = -1,5 \text{ eV}$, etc. Esto permite interpretar el origen de las series espectrales y de la energía de ionización. En efecto, las transiciones de cualquier nivel n a $m = 1$, originan la serie de Lyman, a $m = 2$, la de Balmer, a $m = 3$, la de Paschen, etc. Por otra parte, el potencial de ionización corresponde a la transición de $n = 1$ a $n = \infty$ ($E = 0$) donde estará libre.

Todo esto admite una traducción inmediata en actividades; asimismo es conveniente realizar alguna actividad de tipo numérico sobre el átomo de Bohr (transiciones), efecto fotoeléctrico, ecuaciones de De Broglie y Heisenberg, etc., (Solbes, 1986; Calatayud *et al.*, 1988, y Solbes y Navarro, 1989).

El modelo de Bohr pudo explicar los espectros de absorción y emisión del hidrógeno (las distintas series espectrales) y, sobre todo, superar —mediante el concepto de estados estacionarios de energía— el carácter autodestructivo del modelo de Rutherford. Por ello podemos decir que los postulados de Bohr son correctos simplemente

sustituyendo el término órbita por nivel energético o estado estacionario, caracterizado por un número cuántico, que nos determina la energía E y el momento angular L .

Sin embargo, a pesar de sus éxitos, pronto surgieron dificultades que obligaron a modificarlo (modelo de Sommerfeld) y finalmente a sustituirlo por otro, producto del establecimiento de la mecánica cuántica que supuso un cambio radical de los conceptos físicos. Entre las deficiencias del modelo de Bohr mencionaremos: no explicaba los espectros de los átomos polielectrónicos; el espectro del hidrógeno, al utilizar espectroscopios más potentes o al aplicarle campos eléctricos o magnéticos, resultaba ser más complicado de lo previsto en la teoría (aparecían desdoblamientos de las rayas espectrales); tampoco explicaba la mayor intensidad de unas rayas sobre otras, la anchura de las rayas, la existencia de direcciones privilegiadas en los enlaces atómicos, etc.

3

La hipótesis de De Broglie

Aunque los trabajos de Planck, Einstein, Bohr y otros habían confirmado de manera rotunda la naturaleza cuántica, discontinua de la luz y de los sistemas atómicos, dichos trabajos sólo pudieron ser considerados como los orígenes de la nueva concepción de la materia que habría de sustituir a las teorías clásicas.

En efecto, podemos considerar que el establecimiento de la física cuántica se inicia en 1924 con los trabajos de Luis De Broglie, en los que introduce una nueva y atrevida hipótesis consistente en atribuir a los electrones —y, en general, a cualquier objeto— un comportamiento ondulatorio, además de su evidente comportamiento corpuscular. Como argumentos en apoyo de la hipótesis de De Broglie podemos mencionar los siguientes:

- a) Los trabajos de Einstein, Compton, etc., habían mostrado que la luz poseía conjuntamente con sus evidentes propiedades ondulatorias, propiedades típicamente corpusculares; y si existen objetos materiales —los fotones— con esta doble característica ondulatorio-corpúscular, ¿por qué no concebir la posibilidad de que esto mismo se de en cualquier objeto material?
- b) Además, el carácter cuantizado de las órbitas electrónicas en el interior del átomo parece relacionarse con el único fenómeno de la física clásica en el que aparecen valores discretos: las ondas estacionarias que se forman en un medio confinado.

De Broglie no se limitó, por supuesto, a enunciar una simple hipótesis cualitativa, sino que trató de relacionar las magnitudes características del aspecto ondulatorio —la frecuencia o la longitud de onda— con las del corpus-

cular —la cantidad de movimiento—. Para obtener la expresión de De Broglie podemos seguir el siguiente camino: establecer la relación entre la longitud de onda y la cantidad de movimiento para los fotones, generalizando después el resultado para todos los objetos materiales. En efecto, si tenemos en cuenta que la energía de un fotón, según la hipótesis de Planck puede escribirse como $E = h\nu$, y según la relatividad ha de ser $E = mc^2$ y sustituimos ν por su valor en función de la longitud de onda resulta $hc/\lambda = mc^2$, de donde $\lambda = h / mc$, siendo mc la cantidad de movimiento del fotón. Generalizando la expresión anterior para cualquier partícula obtendremos $\lambda = h/p$.

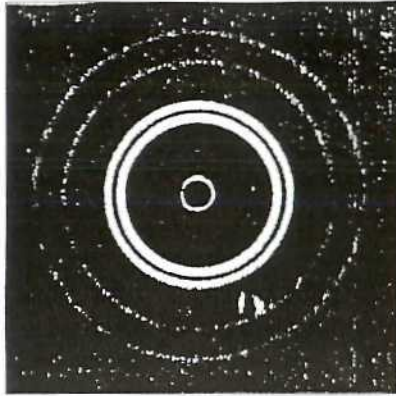
Tenemos una ecuación que nos relaciona un concepto clásico corpuscular, el momento lineal p con un concepto ondulatorio clásico, la longitud de onda λ . Se trata, como en el caso de $E = h\nu$, de una nueva clase de ley, y no podemos suponer simplemente que cada palabra significa lo mismo que en física clásica. Legalmente lo mejor sería darle otro nombre, como momento quantum-lineal. Pero si en la física cuántica podemos encontrar una magnitud que sea idéntica a nuestra vieja idea de momento lineal cuando el sistema es bastante grande no es necesario una palabra nueva (Feynman 1971).

Tiene interés calcular la longitud de onda predicha por la hipótesis de De Broglie, por ejemplo, para un electrón, con una velocidad de $6 \cdot 10^5$ m/s, viendo que resulta, del orden de 10^{-9} m, comparable a la de los rayos X, pudiéndose, pues, pensar en la posibilidad de detectar su existencia. Por el contrario, la longitud de onda de los objetos macroscópicos es tan pequeña, por ejemplo, de 10^{-32} m para una piedra de 10 g lanzada a 1 m/s que es impensable detectarla, lo que justifica el hecho de que dichos objetos no muestren comportamiento ondulatorio.

Para poner en evidencia el comportamiento ondulatorio de los electrones conviene recurrir a un fenómeno típicamente ondulatorio, como es la difracción. Para que se produzca ésta es necesario encontrar obstáculos de dimensiones próximas a la longitud de onda del electrón. Esto era un problema análogo al que plantearon los rayos X en 1912 y la solución de Von Laue fue recurrir a redes cristalinas. Sin embargo, los electrones plantean dificultades, dado que no pueden atravesar tan fácilmente un cristal como una radiación electromagnética. Por ello es necesario estudiar los electrones reflejados en superficies cristalinas o los transmitidos por hojas extremadamente finas. Tres años después, utilizando dichas técnicas, Davisson y Germer y Thomson obtuvieron respectivamente diagramas de manchas y de círculos como los obtenidos por Von Laue y Debye-Scherrer con rayos X que mostraban con toda evidencia la difracción de electrones (véase figura de la página siguiente). Además, los cálculos realizados a partir de las figuras de difracción obtenidas proporcionaban valores de la longitud de ondas que correspondían con los predichos por la relación de De Broglie.

Asimismo, las aplicaciones que sugiere el carácter ondulatorio de los electrones son:

- a) Su utilización para ampliar objetos con un detalle mucho mayor que con el microscopio óptico ordinario. En efecto, la resolución de éste está limitada por la longitud de onda de la radiación utilizada que en el caso de la luz es de 4000 a 7000 Å. Un haz de electrones, en cambio, puede obtenerse fácilmente con una longitud de onda de unos pocos angstroms, lo que multiplica por 100 o incluso por 1000 nuestra posibilidad de ampliación. Esto dio origen en la década de 1930 a los primeros microscopios electrónicos en que las lentes de vidrio están sustituidas por lentes magnéticas.
- b) También se utilizan electrones, neutrones, etc., para determinar la estructura de los cristales o, incluso, de moléculas importantes biológicamente, con las que es posible formar un cristal. Sin embargo, como ya hemos señalado, dado que los electrones interactúan mucho con la materia, son poco penetrantes, por lo que se emplean para el estudio de superficies, cristales finos, etc.



(a)

(a) Diagrama de difracción producido por rayos X de longitud de onda 0.71 \AA y un blanco de hoja de aluminio.

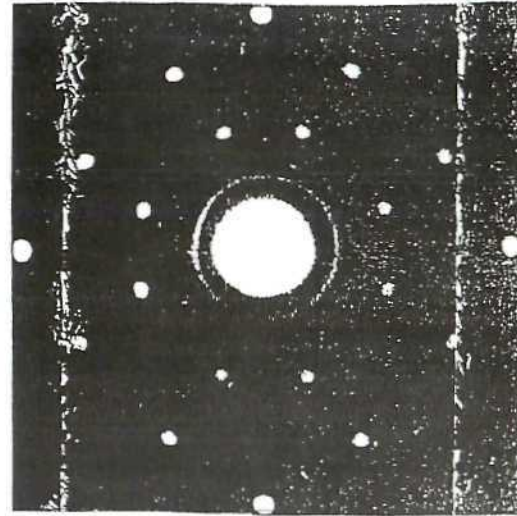
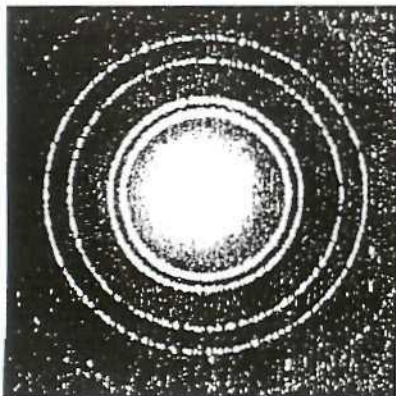
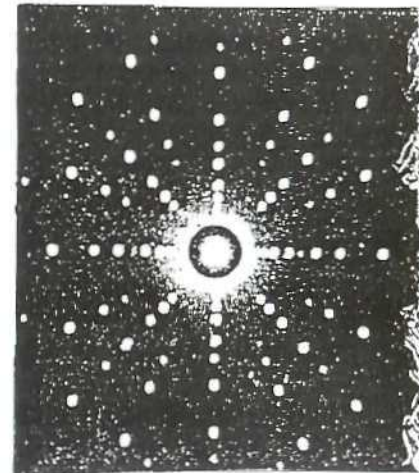


Diagrama de Laue con neutrones en NaCl.



(b)

(b) Diagrama de difracción producido por electrones de 600 eV (longitud de onda de De Broglie de 0.5 \AA aproximadamente) y un blanco de lámina de aluminio.



Espectro de difracción de rayos X de tipo Laue utilizando un cristal de diboruro de niobio y rayos X, procedentes del molibdeno a 20-kV .

(Tomado de Tipler, 1980).

En resumen, hasta aquí hemos visto dos problemas característicos del desarrollo de la Física. El primero es típico de los orígenes de una disciplina: se trata de un efecto, el fotoeléctrico, que no puede ser explicado con los conocimientos previamente existentes (la física clásica) y, por ello, exige nuevas hipótesis que lo explique. El segundo, se presenta en un estado más desarrollado de la disciplina: los conocimientos (conceptos, experiencias, etc.) existentes permiten enunciar una hipótesis (la de De Broglie) que experiencias posteriores confirmarán o no.

Ambos problemas nos llevan a una situación paradójica: en el primero, un fenómeno ondulatorio (la luz) manifiesta propiedades corpusculares; en el segundo, objetos inicialmente etiquetados como partículas manifiestan un *comportamiento ondulatorio*.

Mostraremos a continuación los esfuerzos que realizaron los físicos de la época para solucionar esta doble paradoja. En particular, nos centraremos en la interpretación del comportamiento ondulatorio de los electrones, pero los razonamientos son extrapolables al comportamiento corpuscular de la luz.

Actividad 5

¿Cómo se puede interpretar el comportamiento ondulatorio de objetos como los electrones? ¿En que pueden consistir dichas ondas?

Durante la génesis de estos conceptos se realizaron las siguientes interpretaciones:

1. La idea del propio De Broglie de "onda asociada", guía o piloto de la partícula, con una relación entre ellas similar a la existente entre las planchas de "surf" y las olas que las arrastran. Ahora bien, la imposibilidad de explicar la indisoluble unidad entre la onda y la partícula, o cómo es engendrada llevaron al propio De Broglie a sustituir dicha interpretación por otra que mencionaremos en el punto siguiente. Por ello, hablar de "ondas asociadas" es una mala terminología, porque da la impresión de que hubiera un corpúsculo clásico moviéndose junto con una onda, cuando en realidad, como veremos, la onda de De Broglie y la partícula son la misma cosa, no hay nada más. La partícula real tiene propiedades ondulatorias y esto es un hecho.
2. El nuevo error, que vino a sustituir al anterior, fue reducir el aspecto corpuscular a un efecto puramente ondulatorio, considerando al electrón como un "paquete de ondas". Sin embargo fue preciso abandonar esta idea porque los cálculos mostraban que un paquete de ondas, por muy compacto que sea, se difunde rápidamente por el espacio, desapareciendo cualquier posible comportamiento corpuscular.
3. Otra forma de interpretar el comportamiento ondulatorio sería suponer que los electrones son simples corpúsculos y que el comportamiento ondulatorio aparece debido al gran número de ellos. Según esto, la difracción observada al hacer pasar los electrones por una fina lámina metálica no debería presentarse al trabajar con un número reducido de ellos. Sin embargo, la experiencia muestra que si se prolonga la exposición suficiente tiempo, un débil haz de electrones produce el mismo efecto, lo que prueba que la difracción y, por tanto, el carácter ondulatorio es consustancial a cada electrón individual y no es un efecto de la presencia de gran número de ellos.

Es decir, todos los intentos de reducir la complejidad onda/corpúsculo a un sólo efecto fracasaron y necesitamos una nueva interpretación que, siguiendo a Feynman (1971), podemos expresar así: "*Newton pensaba que la*

luz estaba compuesta de partículas, pero luego se descubrió que ésta se comporta como una onda. Más tarde, sin embargo, (a principios del siglo xx) se descubrió que la luz algunas veces se comporta verdaderamente como una partícula. Históricamente, por ejemplo, se creía que el electrón se comportaba como una partícula, pero luego se pensó que en algunos aspectos lo hacía como una onda. Pero, en realidad, éste no se comporta como ninguna de ellas (...) Sin embargo podemos decir algo más: Los electrones se comportan exactamente como la luz. El comportamiento cuántico de los objetos atómicos (electrones, protones, neutrones, fotones, etc.) es el mismo para todos ellos. Todos son 'ondas de partículas' o como quieran llamarlas. De este modo, todo lo que aprendemos de las propiedades de los electrones se lo aplicaremos también a todas las 'partículas', incluyendo los fotones de luz."

En resumen, los electrones o los fotones, por ejemplo, no son ni pequeñas bolas (partículas) ni pequeñas olas (ondas) y deben ser absolutamente concebidos como objetos de tipo nuevo, que algunos han denominado cuantos o cuantones. Con esta palabra se pretende insistir en el hecho de que no se trata ni de una partícula clásica ni de un campo clásico, que sólo son conceptos que describen el comportamiento de los cuantones en determinadas circunstancias.

Algunas implicaciones de esto se desarrollarán en los siguientes apartados.

4

Las relaciones de indeterminación de Heisenberg

Al establecer una relación entre el aspecto corpuscular y el ondulatorio para todos los objetos físicos, la hipótesis de De Broglie invalidaba las leyes clásicas de descripción del movimiento y exigía nuevos conceptos y nuevos principios; es decir, una nueva Mecánica, que incluyera la clásica como caso particular. Como ya sabemos, la Mecánica clásica permite, si conocemos la ecuación de movimiento $\vec{r} = \vec{r}(t)$ y el estado del sistema en un instante dado, es decir, las condiciones iniciales, determinar el estado en cualquier otro instante. En ello reside la base del determinismo clásico, doctrina que afirma que si se conoce el estado presente de un sistema y su ley de fuerzas es posible predecir con exactitud el resultado de cualquier medida sobre el mismo.

Cuánticamente, por el contrario, el carácter ondulatorio del electrón está asociado a una cierta deslocalización que impide situar al electrón en un punto determinado e introduce, por tanto, una cierta indeterminación en el movimiento que puede seguir el electrón, por lo cual este carecerá de una trayectoria absolutamente determinada.

Actividad 6

¿Se puede determinar con altísima precisión la posición del electrón?

El razonamiento cualitativo anterior puede no dejar claro que el problema no es determinar con precisión la posición del electrón, dado que nada prohíbe un estado de movimiento para el que la posición se conoce con altísima precisión, sino la imposibilidad de determinar simultáneamente con precisión absoluta la posición y la cantidad de movimiento. Heisenberg encontró que los límites de dicha precisión vienen dados por una desigualdad que, para una dimensión, se escribe: $\Delta x \Delta p > h/2\pi$ siendo Δx y Δp las indeterminaciones de la posición y la cantidad de movimiento. Esta desigualdad recibe el nombre de relación de indeterminación de Heisenberg (o principio de indeterminación). Desigualdades análogas se escriben para las componentes y y z.

Si el principio de incertidumbre establece límites a la precisión con que puede determinarse la posición y la velocidad de un objeto, cabe suponer que dicha imprecisión reaparecerá en la determinación de otras magnitudes cuyo producto tenga las mismas dimensiones que h , como por ejemplo, la energía y el tiempo. Efectivamente, Heisenberg estableció también que: $\Delta E \tau > h/2\pi$ donde τ no es una imprecisión sino un intervalo característico de la evolución del sistema (por ejemplo, la vida media de un estado).

A continuación proponemos la aplicación de las relaciones de indeterminación al electrón y la piedra del apartado anterior. En coherencia con lo encontrado allí, vemos que la indeterminación para los objetos macroscópicos es absolutamente despreciable frente al tamaño del objeto, por lo que no se introducen modificaciones prácticas respecto a las predicciones de la física clásica, al contrario de lo que sucede en los microscópicos, como el electrón cuya Δx es billones de veces superior al tamaño atribuido experimentalmente.

Por ello, el principio de indeterminación no juega ningún papel en las medidas de posición y velocidad a menos que se trate de objetos microscópicos. La razón de esto es la pequeñez de h , que hace que los resultados del principio de indeterminación queden fuera de los límites de nuestras experiencias ordinarias, análogamente a como la pequeñez de v/c deja a la relatividad fuera de nuestras experiencias ordinarias. Es decir, las relaciones de indeterminación establecen los límites más allá de los cuales no se pueden aplicar los conceptos de la física clásica.

Podemos hacer servir un criterio cualitativo, muy útil en muchas situaciones. Basta con tomar magnitudes que caractericen el sistema físico y construir una magnitud con las mismas dimensiones que h (que se denomina acción). Si la acción es mayor que h basta con el tratamiento clásico; si la acción es comparable a h , es necesario un tratamiento cuántico.

En resumen, las implicaciones de las relaciones de indeterminación son:

- La imposibilidad del conocimiento simultáneo de x y p .
- Consecuentemente, el concepto de trayectoria deja de tener sentido.
- El establecimiento de los límites de validez de la Física clásica.

Actividad 7

Comentar las siguientes proposiciones señalando hasta qué punto pueden considerarse correctas o incorrectas:

1. La indeterminación puede considerarse fruto de la imprecisión de los instrumentos y técnicas de medida utilizados y sólo es subsanable en la medida en que dichos instrumentos y técnicas se perfeccionan.
2. La indeterminación es consecuencia del mismo proceso de medida que, como toda interacción, perturba aquello que se observa (así, para ver a un electrón hay que iluminarlo y al hacerlo se le comunica energía alterando su estado y modificando su posición). Según ello la indeterminación aparece indisociablemente unida a la observación.
3. La indeterminación hace referencia a la propia naturaleza de la materia, que no se presenta en forma de objetos con contornos absolutamente definidos, que siguen trayectorias perfectamente determinadas.

Esta actividad permite salir al paso del error, cometido durante la génesis de estos conceptos, de atribuir la indeterminación a faltas de precisión de los instrumentos de observación (como señala la primera frase de la actividad). En cuanto a la segunda proposición muestra cómo la relación de indeterminación ha contribuido a clarificar el hecho de que el proceso de medida es una interacción que modifica aquello que se observa, perturbación que también se verifica en física clásica —recordemos, por ejemplo, el efecto de un termómetro en un sistema pequeño—, pero introduce el error de unir indisociablemente la indeterminación a la propia observación induciendo así a pensar que cuando no se está observando desaparecería la indeterminación. Se olvida así que la indeterminación tiene un origen mucho más profundo que hace referencia, como señala la tercera frase, a la propia naturaleza de la materia, a su carácter cuántico.

Por otra parte esto hace referencia a la confusión, señalada por Bunge, entre enunciados con significación objetiva y con significación empírica. Los primeros hacen referencia a objetos autónomos no perturbados por medición, como un átomo en estado estacionario (que no absorbe e irradia energía) o un fotón que viaja por un espacio vacío, en el cual ningún dispositivo puede detectarlo, absorbiéndolo. Los segundos a objetos en observación, medición o, en general, interacción con sistemas macroscópicos, como un haz de electrones que atraviesa un sistema de ranuras. Algunas interpretaciones de la teoría —las que, por ejemplo, atribuyen la indeterminación únicamente a la observación— intentan reducir ésta a enunciados del segundo tipo, lo cual, si fuera verdad impediría la aplicación de la teoría cuántica a objetos como los mencionados en el primer tipo de enunciados o a la astrofísica.

5

La función de onda y los niveles de energía

La crítica radical de los conceptos clásicos que realiza la física cuántica, y de la que son expresión la ecuación de De Broglie o las relaciones de indeterminación de Heisenberg, exige consecuentemente una modificación radical del formalismo matemático utilizado para describir el estado de un sistema y su evolución.

Actividad 8

¿Cómo podría describirse en física clásica el estado de movimiento de una partícula? ¿Y el de una onda? Por el contrario, ¿cómo podría describirse en física cuántica el estado de, por ejemplo, un electrón?

En la Mecánica clásica el estado de movimiento de una partícula en un instante determinado queda descrito por su posición \vec{r} y su velocidad \vec{v} (o cantidad de movimiento \vec{p}) y, en cualquier instante, por su ecuación de movimiento $\vec{r} = \vec{r}(t)$, que se obtiene a partir de la segunda ley de Newton.

Análogamente, el estado en un instante determinado de una onda viene dado por su amplitud \bar{E}_0 , su longitud de onda λ y su frecuencia ν y, en cualquier instante, por su ecuación de onda $\bar{E} = \bar{E}(\vec{r}, t)$ (que se obtiene mediante la ecuación de D'Alembert).

Pero como los fotones, los electrones, etc., no son ni simplemente ondas ni simplemente partículas, se necesita un modelo más general para describir su comportamiento, aún cuando en situaciones extremas se pueda utilizar un modelo de onda para la luz o un modelo de partícula para el electrón. Para describir estos sistemas cuánticos Schrödinger introdujo una función que denominó función de ondas o función de estado ψ . Para ello, debe resolverse una ecuación muy compleja, denominada ecuación de Schrödinger que, en el caso de sistemas estacionarios, nos da la función de estado desconocida ψ y la energía total desconocida E . En general, hay diversas funciones posibles correspondientes a distintos valores propios de la energía que son soluciones de esta ecuación.

Esta función planteó el problema de determinar su significado, que fue resuelto por Born en 1926 apoyándose en consideraciones análogas a las que planteamos en la siguiente actividad.

Actividad 9

Teniendo en cuenta que la intensidad de una onda luminosa es proporcional al cuadrado de la amplitud del campo eléctrico, y que según Einstein es proporcional al número de fotones por unidad de tiempo y de superficie, indicar qué significado podemos atribuirle a dicha amplitud.

Dado que $I \sim E^2$ e $I \sim n$, los alumnos pueden avanzar que $E^2 \sim n$, es decir, el cuadrado de la amplitud es proporcional al número de fotones. Si tratamos con haces luminosos poco intensos, con un sólo fotón, es evidente que E^2 constituye una medida de la probabilidad de que haya un fotón. Donde E^2 sea grande, habrá una gran probabilidad de que se encuentre el fotón. Análogamente Born pensó que si describe el comportamiento de los electrones en, por ejemplo, las experiencias de difracción, $\psi^2 dV$ es la probabilidad por unidad de volumen de encontrar al electrón allí (en un dV). Es conveniente recalcar la conexión de la interpretación probabilista con la dualidad y la indeterminación que, al impedir describir el estado del electrón en un instante determinado dando los valores de las coordenadas y las velocidades como en la Mecánica clásica, sólo permiten predecir las probabilidades de los distintos valores que pueden obtenerse al medir las coordenadas —o la magnitud de que se trate—.

Si tratamos un sistema ligado, como un electrón en un átomo, se habla de orbitales atómicos. Se plantea por ello la siguiente actividad:

Actividad 10

¿Qué es un orbital atómico?

Habitualmente, no se relaciona el orbital atómico con la función de ondas del electrón, sino con la región del espacio en que existe probabilidad de encontrar al electrón. Esta opción suele estar acompañada por el grave error conceptual de considerar el orbital atómico como una zona del espacio que los electrones pueden ocupar o no, o, con otras palabras, que el átomo está constituido por un núcleo y orbitales que pueden estar ocupados o no por electrones. Es decir, el orbital o nivel energético “estantería” que existe independientemente de los electrones

y que puede ser “ocupado”, “llenado” o en el que se “colocan” los electrones (Solbes *et al.*, 1987 a y b). Como este error se introduce en edades tempranas (en los últimos cursos de E. G. B.), es el más persistente de todos los relacionados con la física moderna. En Solbes, Bernabeu *et al.* (1988) hemos mostrado como se mantiene en los y las estudiantes al finalizar la física cuántica de tercero de ciencias físicas.

Para evitarlo, es necesario tener en cuenta que si aplicamos la ecuación de Schrödinger a un sistema ligado, como un electrón en un átomo, aparece una discontinuidad en los valores posibles de la energía, encontrándose los mismos niveles energéticos que Bohr había calculado. Pero estos niveles permitidos de energía surgen como consecuencia del carácter ondulatorio del electrón y no ligados a la supuesta existencia de órbitas electrónicas que carecen de sentido. En efecto, en vez de órbitas, la ecuación de ondas nos proporciona funciones de estado ψ u orbitales atómicos, caracterizadas no por un sólo número cuántico, como las órbitas de Bohr, sino por cuatro (n, l, m_l, m_s) que nos describen el estado de energía E , momento angular L , tercera componente del momento angular L_z y del spin S_z del electrón en átomos hidrogenoideos. Además el módulo al cuadrado de ψ nos proporciona la probabilidad de encontrar al electrón en una determinada zona del espacio.

En sistemas más complejos —átomos polieletrónicos, moléculas, etc., que se estudian en la química— sólo es posible obtener soluciones aproximadas. Así, en los átomos polieletrónicos, la interacción entre electrones origina más niveles energéticos (subniveles), aunque las distribuciones de probabilidad de los orbitales atómicos tengan formas similares. Asimismo, cuando se unen átomos para formar moléculas, la interacción de los electrones más externos, provoca la deslocalización de las distribuciones de probabilidad electrónica de los orbitales moleculares por toda la molécula y el desdoblamiento de los niveles atómicos para dar niveles moleculares. Esta deslocalización de los electrones más externos es la responsable de los enlaces. En el estado sólido la situación se hace más compleja, dado el gran número de átomos que constituye el sólido.

6

Recapitulación de la física cuántica

A título de revisión proponemos la siguiente actividad:

Actividad 11

Establecer las diferencias más notables entre física clásica y física cuántica.

Se pueden comentar las siguientes diferencias entre las dos visiones del comportamiento de la materia:

1. Carácter continuo de magnitudes como la energía y el momento angular frente al carácter discreto.
2. Emisión de radiación de las cargas aceleradas ligadas (igual que las libres) frente a la emisión de radiación de las cargas ligadas sólo en las transiciones de nivel energético (a diferencia de las libres).
3. Carácter continuo de la radiación electromagnética y discreto de las partículas frente al carácter dual de los electrones, fotones, etc.
4. Posibilidad de determinar simultáneamente con absoluta precisión la posición y velocidad de una partícula frente a imposibilidad de hacerlo.
5. Trayectorias definidas frente a la falta de sentido del concepto de trayectoria para las partículas.

Antes de finalizar, señalar que tanto durante su génesis, como posteriormente, la física cuántica tuvo grandes debates sobre su interpretación. Algunos físicos como De Broglie (y su onda asociada), Schrödinger (reducción al aspecto ondulatorio), Landé y otros físicos soviéticos (reducción al aspecto corpuscular) e, incluso, el propio Einstein, mantuvieron posturas contrarias a la interpretación probabilista. La mayor parte de los físicos: Bohr, Heisenberg, Born, Pauli, Dirac y un largo etc., defendieron dicha interpretación probabilista (también denominada de Copenhague, en cuya universidad trabajaba Bohr), aunque mezclada con altas dosis de filosofía positivista. Esto es un buen ejemplo del carácter conflictivo, controvertido, del desarrollo de la ciencia. Esta controversia, basada en “experimentos conceptuales” y cuyos principales protagonistas fueron Einstein y Bohr, duró más de una década; algunos aspectos de ella pueden encontrarse en Bernabeu *et al.* (1987) y Selleri (1988). Su resultado fue la tendencia de los profesores de Física a refugiarse en el incontestado aparato matemático, aderezado con algunas ideas confusas sobre la complementariedad, dualidad, etc. Esto retrasó considerablemente el esfuerzo de clarificación y reformulación de los conceptos cuánticos. Actualmente, las desigualdades de Bell y su verificación experimental por Aspect y otros, parecen haber zanjado la cuestión a favor de la interpretación probabilista. Esta interpretación, combinada con un cierto realismo einsteniano (que distingue entre los objetos y su descripción matemática, etc.) y un esfuerzo de discusión y clarificación conceptual, sostiene este trabajo, siguiendo la línea abierta por Feynman (1971), Wichman (1972) y Balibar y Levy-Leblond (1984).

Digamos, además, que la física cuántica, junto con la relatividad, abrieron grandes posibilidades a nuevos progresos científicos y tecnológicos. Así, la nueva física es capaz de explicar el conjunto de los fenómenos microscópicos, en particular, la estructura electrónica del átomo y del enlace químico, los sólidos y sus propiedades (conductividad, magnetismo, etc.), la estructura del núcleo y el mundo de las partículas elementales, la evolución de las estrellas, las galaxias y el universo. En lo que respecta a las aplicaciones, hay que mencionar las de la química moderna (nuevos materiales), la electrónica (base de lo que se ha denominado tercera revolución industrial), el láser, la física nuclear (centrales, bombas, medicina nuclear, etc., un ejemplo más del carácter productivo-destrutivo de las ciencias físicas).

Por último, señalar que si bien los éxitos de la física cuántica, tanto a nivel explicativo (teórico) como aplicado (técnico), son incontestables, nada impide que, quizás, alguno de los problemas “frontera” de la física moderna, empiece a señalar sus límites de validez y exija la elaboración de un nuevo marco conceptual. La física clásica, tras 250 años de vigencia, fue puesta en cuestión (sin olvidar que en determinados límites aún mantiene su validez, por ejemplo, nadie construye edificios o motores aplicando física cuántica).

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- AUBRECHT, G. J. (1988): Teaching Contemporary Physics, *AIP Conference Proceedings 1973*. New York: American Institute of Physics.
- BALIBAR, F., y LEVY-LEBLOND, J. M. (1984): *Quantique. Rudiments*. Paris: Intereditins.
- BALIBAR, F., y LEVY-LEBLOND, J. M. (1984 b): "Voulez-vous apprendre quantique", *Sciences et Avenir*, 46, pp. 88-92.
- BARTELL, L. S. (1985): "Perspectives on the Uncertainty Principle and Quantum Reality", *Journal of Chemical Education*, 20, pp. 192-196.
- BERNABEU, J. et al. (1987): *La revolució quàntica*. Barcelona: Fundació Caixa de pensions.
- BUNGE, M. (1973): *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- CALATAYUD, M. L. et al. (1988): *La construcción de las ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau.
- CORTINI, G. (1983): "Sulla massa relativista in didattica", *La Fissica Nella Scuola*, 16, pp. 61-63.
- DUMON, A., y MERLIN, A. (1988): Difficulties with molecular orbitals, *Education in Chemistry*, 25, 49-52.
- FABRI, E. (1981): Dialogo sulla massa relativistica, *La Fissica nella Scuola*, 14, p. 25.
- FEYNMAN, R. P; LEIGHTON, R. B., y SANDS, M. (1971): *Física vol. III. Mecánica cuántica*. Panamá: Fondo Educativo Interamericano.
- GARCIA-CASTAÑEDA, M. (1985): An abuse with the wave properties of matter, *American Journal of Physics*, 53, pp. 373-374.
- GIL, D.; SENENT, F., y SOLBES, J. (1986): "Análisis crítico de la introducción de la física moderna", *Revista de Enseñanza de la Física*, 2, 16-21.
- GIL, D.; SENENT, F., y SOLBES, J. (1988): "E = mc², la ecuación más famosa de la física: una incomprendida", *Revista Española de Física*, 2 (2), 53-55.
- GIL, D.; SENENT, F., y SOLBES, J. (1989): "La física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados", *Revista Española de Física*, 3 (1), pp. 53-58.
- HABER-SCHAIM, U. (1981): "On the Teaching of Quantum Mechanics in the Senior High School", *Quantum Mechanics in the School*. Budapest: Roland Eötvös University.
- HEWSON, P. W. (1982): "A case study of conceptual change in Special Relativity: The influence of prior knowledge in learning", *European Journal of Science Education*, 4, pp. 61-78.

-
- KLAPP, J. (1988): The teaching of modern physics in latin America, *AIP Conference Proceedigns 1973*. New York: American Institute of Physics.
- KONUMA, M. (1988): Topical or sistematic? The teaching of modern Physics, *AIP Conference Proceedigns 1973*. New York: American Institute of Physics.
- LEVY-LEBLOND, J. M. (1984): "Le monde des quantons", *Sciences et Avenir*, 46, pp. 180-187.
- LIJNSE, P. L. (1981): "On the dutch programme for the introduction of quantum mechanics at secondary schools", *Quantum Mechanics in the School*. Budapest: Roland Eötvös University.
- MARX, G. (1981): "Atoms in the school", *Quantum Mechanics in the School*. Budapest: Roland Eötvös University.
- OGBORN, J. (1981): Introducing quantum physics, *Quantum Physics in the School*. (Budapest: Roland Eötvös University.
- SELLERI, F. (1986): *El debate de la teoría cuántica*. Madrid: Alianza.
- SOLBES, J. (1986): *La introducción de los conceptos básicos de física moderna*. Universitat de València: Tesis doctoral.
- SOLBES, J.; BERNABEU, J.; NAVARRO, J., y VENTO, V. (1988): "Dificultades en la enseñanza/aprendizaje de la física cuántica", *Revista Española de Física*, 2 (1), 22-27.
- SOLBES, J.; CALATAYUD, M. L.; CLIMENT, J. B., y NAVARRO, J. (1987 a): "Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos", *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 189-196.
- SOLBES, J.; CALATAYUD, M. L.; CLIMENT, J. B., y NAVARRO, J. (1987 b): *El modelo cuántico del átomo*. Universitat de València: Servei Formació Permanent.
- SOLBES, J., y NAVARRO, J. (1989): *Física moderna*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- SOLBES, J., y VILCHES, A. (1989): "Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal", *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-21.
- SOLBES, J., y VILCHES, A. (1991): "Análisis de la introducción del modelo de enlaces y bandas", *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 53-58 .
- WARREN, J. W. (1976): The mysteri of mass-energy, *Physics Education*, 11, pp. 52-54.
- WICHMAN, E. H. (1972): *Física cuántica. Berkeley Physics Course vol. IV*. Barcelona: Reverté.

Bibliografía comentada

La transformación de los temas de física y química modernas en programas de actividades siguiendo la línea de este trabajo puede verse en:

CALATAYUD, M. L., *et al.*, (1988): *La construcción de las ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau.

En los capítulos 16, 17 y 18 de la opción A se puede encontrar las primeras concepciones de la estructura del átomo, la crisis de la física clásica y el surgimiento de la moderna y la estructura del átomo, para alumnos de quince a diecisiete años.

SOLBES, J., y NAVARRO, J. (1989): *Física moderna*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.

Se introducen ideas básicas de relatividad y cuántica, y sus aplicaciones al estudio de los átomos y sus enlaces, los sólidos (teoría de bandas), el núcleo atómico y las partículas elementales, para alumnos de diecisiete a dieciocho años.

También se pueden leer los capítulos de los siguientes textos de Física general:

GIANCOLI, D. C. (1985): *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté.

Un texto que da una visión completa de los conceptos básicos de Física, sin gran aparato matemático y con una amplia gama de ejemplos que muestran las aplicaciones de la Física. En sus cap. 24 a 30 trata los siguientes aspectos de la Física moderna: relatividad, teoría cuántica primitiva, modelos atómicos y mecánica cuántica, teoría cuántica de átomos y moléculas, núcleo atómico y radiactividad, reacciones nucleares y energía nuclear y partículas elementales.

FEYNMAN, R.; LEIGHTON, R. B., y SANDS, M. (1971): *Física vol. I. Mecánica, radiación y calor*. Panamá: Fondo Educativo Interamericano.

Este curso de Física es un texto clásico que influyó en la renovación de la enseñanza de la Física general. Los capítulos 15, 16 y 17 introducen la relatividad y el 37 y 38 la cuántica (cap. 1 y 2 del vol. III).

HOLTON, G. (1976): *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.

Texto que introduce los conceptos desde un punto de vista histórico. En sus capítulos 26 a 30 se trata la teoría cuántica de la luz, la radiactividad y el átomo nuclear, el modelo atómico de Bohr, la mecánica cuántica y la relatividad.

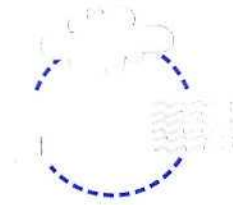
Finalmente, para los ya iniciados, recomendamos la lectura de los siguientes textos de nivel universitario (primer ciclo), caracterizados por el esfuerzo de clarificación y discusión conceptual.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B., y SANDS, M., 1971 b. *Física vol. III. Mecánica cuántica*. Panamá: Fondo Educativo Interamericano.

WICHMAN, E. H. (1972): *Física cuántica. Berkeley Physics Course vol IV*. Barcelona: Reverté.

BALIBAR, F., y LEVY-LEBLOND, J. M. (1984): *Quantique. Rudiments*. Paris: Intereditions.

TIPLER, P. A. (1980): *Física moderna*, (Reverté: Barcelona).



El concepto de Ecosistema

J. Eduardo García Díaz

Índice

Introducción	53
1. Niveles de formulación del concepto de Ecosistema	57
2. Campo conceptual relacionado con el concepto de Ecosistema	71
Bibliografía	81
Actividades	85

Introducción

La aproximación a cualquier concepto se puede realizar desde muy diversas perspectivas: desde el conocimiento científico, desde la reflexión epistemológica relativa a dicho conocimiento científico, desde el conocimiento cotidiano, desde las concepciones que presentan los alumnos, etc.

Incluso dentro de cada una de estas perspectivas podemos encontrar distintas maneras de entender un concepto. Así, el mismo concepto de ecosistema ha tenido muy diversas formulaciones a lo largo de la historia del pensamiento biológico y en cada momento histórico concreto, de forma que, aún hoy en día, es un concepto discutido y polémico para la propia comunidad científica. De hecho, no aparece como concepto ecológico relevante en textos recientes de esa ciencia, en los que se vuelve a poner más énfasis en la importancia de las relaciones como eje esencial de la ecología, sin distinguir el ecosistema como un nivel de organización de la materia singular y con características propias (Krebs, 1986; Begon, Harper y Townsend, 1988).

De ahí la conveniencia de adoptar un planteamiento relativista y evolutivo en el tratamiento didáctico del concepto de ecosistema, en particular, y de cualquier otro concepto en general. Adoptar un enfoque **relativista** del conocimiento de la realidad supone aceptar que la interpretación del mundo depende, por un lado, de la perspectiva desde la que dicha realidad se contempla, y por otro de la negociación que se realiza a partir de las diferentes perspectivas existentes. De esta manera, podemos hablar de un conocimiento que se construye de manera social, mediante la elaboración colectiva y el consenso, de forma que la validez de ese conocimiento viene dada más por el acuerdo entre "subjetividades" que por el método empleado o la rigurosidad de los planteamientos. Por otra parte, el planteamiento **evolucionista** del conocimien-

to supone entender la construcción del saber, en cada individuo y en la colectividad, como un proceso dinámico, en el que los campos conceptuales se estructuran y reestructuran a partir de la interacción entre la información vieja y la nueva, en un proceso continuo, gradual, progresivo e irreversible de cambio. En definitiva, el ideal filosófico del conocimiento “permanente” es sustituido por la idea del conocimiento determinado históricamente que, si bien no es inmutable, conserva suficiente unidad y continuidad como para permanecer distinto y reconocible de una época a otra.

Son evidentes, y diversas, las implicaciones de estos dos principios, relativismo y evolución del conocimiento, en la caracterización del concepto ecosistema:

- 1) Dado que todo conocimiento es relativo y sujeto a evolución, no puede proponerse un conocimiento único, prefijado y dogmático, sino la elaboración negociada y compartida por todos del conocimiento. Lo anterior no significa que en el aula debamos trabajar el concepto ecosistema de cualquier manera ni, argumentando que “todo vale”, esperar a que el alumno espontáneamente aprenda lo que pueda. Más bien se trata de plantear posibles itinerarios de aprendizaje, caminos que el alumno puede seguir en el proceso de construcción del concepto, con distintos niveles de formulación que suponen pasos sucesivos en dicho proceso. Por otra parte, la determinación de esos niveles no debe ser aleatoria, sino que debe responder a unos determinados criterios de selección y organización del conocimiento escolar (coherencia lógica del conocimiento, adecuación al desarrollo psicológico del individuo...).
- 2) De ahí que deban tenerse en cuenta diversas fuentes de información a la hora de tipificar el concepto. Así, hay que considerar la historia del concepto en la evolución del pensamiento científico y las definiciones del mismo existentes en la ecología actual. De igual manera, hay que tener presente que en el ámbito educativo, la información que potencialmente puede movilizarse en los procesos de enseñanza y aprendizaje escolares no es tan sólo, como es usual, la que aporta el profesor o el libro de texto, sino que, tiene gran importancia en este sentido, la información contenida en los aprendizajes previos de alumnos y profesores, pues será sobre esa base sobre la que se realizará la construcción del concepto. Consideramos, por tanto, que el medio educativo, como realidad social diferenciada de la institución científica y de otros contextos sociales, genera un proceso de construcción del conocimiento distinto de los que se dan en la sociedad en general (conocimiento común) y de los propios de la comunidad científica (conocimiento científico). De esta forma, en el aula se produce una interacción entre el conocimiento socialmente organizado (los saberes disciplinares tal como los interpreta y expresa el profesor) y el conocimiento cotidiano o común (presente en alumnos y profesores). En esa interacción se trata de aproximar el pensamiento de los alumnos desde lo más cotidiano e inmediato a lo menos evidente y más complejo (conocimiento científico).

El reconocimiento del carácter diverso, cambiante y relativo de las informaciones puestas en juego y de la complejidad del propio proceso de construcción colectiva del conocimiento escolar nos lleva a postular una formulación del concepto ecosistema gradual y progresiva, con orientaciones sobre el camino a seguir y sobre los posibles estados y momentos intermedios, así como sobre el estado final deseable. El proceso de construcción que se propone debe ser, por tanto, un proceso dirigido —en cuanto que adoptamos unos niveles de formulación y no otros para guiar el aprendizaje— pero también abierto en su desarrollo, en el sentido de que no tiene que coincidir forzosamente lo propuesto con lo conseguido, lo que se pretende enseñar y lo que realmente se aprende, de forma que no habría estados óptimos a los que necesariamente se ha de llegar, sino orientaciones sobre posibles itinerarios a seguir, con diversidad de estados intermedios y de productos resultantes según contextos y sujetos.

La construcción de conocimientos no sería, por tanto, un proceso lineal con una secuencia fija en el tratamiento de los conceptos, actitudes o habilidades, sino más bien un proceso de reorganización continua en el que, al mismo tiempo que se profundiza en cada contenido, se construyen tramas de conocimientos cada vez más amplias y complejas. Por tanto, entre las concepciones iniciales presentes en el alumno y las metas "ideales" propugnadas habitualmente en los diseños curriculares, deben elaborarse **formulaciones intermedias** que sean, independientemente de su estricto rigor científico, válidas para que el alumno, en un contexto escolar determinado, pueda construir su propio conocimiento. En coherencia con este planteamiento, proponemos para el desarrollo del contenido en cuestión un modelo de organización y presentación de los contenidos conceptuales que considere las siguientes dimensiones:

- a) Amplitud y diversidad del campo conceptual, que se refiere al inventario de los conceptos relacionados con el de ecosistema.
- b) Organización de dicho campo, teniendo en cuenta tanto las relaciones horizontales entre los conceptos (como se conectan unos con otros en tramas conceptuales), como las verticales: establecimiento de una jerarquía conceptual en la que algunos conceptos engloban y estructuran a otros (conceptos estructurantes).
- c) Definición del concepto ecosistema según distintos niveles de formulación referidos a un gradiente de progresiva complejidad y profundización.

El concepto ecosistema tiene un papel relevante, como concepto estructurante, en la organización de las tramas conceptuales propias de las Ciencias de la Naturaleza. Por tanto, es un concepto que debe estar presente en el conocimiento escolar. Al respecto, consideramos que el alumno debe tener no el conocimiento de una serie de datos aislados o parciales sino más bien el dominio de ideas que sean centrales en un cierto campo del saber, pues ello proporciona al individuo un cuadro general en cuyo interior los detalles son más comprensibles y las relaciones entre ellos más claras. Además, el aprendizaje de los conceptos básicos posibilita la construcción de un modelo útil para generalizar las adquisiciones parciales a otros contextos, para aplicar el saber adquirido a los problemas de la vida cotidiana y para asegurar que la pérdida de determinada información no signifique una pérdida total, pues el modelo permite la reconstrucción de los detalles siempre que se necesite. Un buen modelo sirve, pues, tanto para entender un hecho como para recordarlo en el futuro. Por otro lado, esas ideas son producto de una cierta evolución conceptual, dada en la historia del pensamiento científico, que, en cierta forma, mantiene correspondencias con la evolución conceptual presumible en cada individuo. En consecuencia, es importante trabajar aquellos conceptos que por su carácter **estructurante** sirven como puntos de enganche de otras nociones o como nudos en la trama conceptual (Gagliardi, 1986). El concepto ecosistema puede considerarse como un concepto estructurante en la medida en que:

- Forma parte de un conjunto de conceptos que actúan como nociones-puente entre distintos campos disciplinares o como nociones metacientíficas respecto a los mismos (espacio, tiempo, sistema, organización, cambio, interacción, información, etc.), que constituyen un marco teórico de referencia común que facilita las conexiones entre dichas disciplinas, aumentando las posibilidades explicativas de las hipótesis que en ellas se generan. La existencia de estos conceptos supone la creación de un lenguaje común a las Ciencias Naturales y Sociales, que permite el acercamiento entre los conocimientos parciales, la búsqueda de correspondencias entre las ideas y la reconstrucción del todo a partir de sus elementos constitutivos. Al res-

pecto, ya se ha indicado que el concepto ecosistema, entendido de forma muy general, abarca toda la organización socionatural propia de nuestro planeta, por lo que es válido tanto en un planteamiento interdisciplinar o integrado de los contenidos escolares como para favorecer la aproximación gradual al conocimiento disciplinar en Ciencias Naturales y en Ciencias Sociales.

- Su elaboración, en la historia del pensamiento biológico y en el desarrollo personal del conocimiento, sintetiza las distintas teorizaciones relativas al nivel ecológico de organización de la materia. Su marcado carácter de concepto síntesis lo hace extraordinariamente útil a la hora de comprender, de manera totalizadora, la realidad que nos rodea y de establecer pautas para la participación en la gestión de nuestro entorno.

En los siguientes apartados desarrollaremos los diversos niveles de formulación del concepto ecosistema, así como el campo conceptual que dicho concepto estructura.



Niveles de formulación del concepto Ecosistema

El concepto ecosistema suele aparecer muy pronto en los planes de estudio y en los libros de texto, ya que se considera, por parte de los diseñadores del currículo y de muchos profesores, un concepto básico que, además, se puede enunciar y asimilar con “facilidad”. En lo que sigue intentaremos demostrar que es un concepto de difícil y lenta construcción, el cual requiere un tratamiento progresivo, con muy diversos niveles de formulación, que se corresponden con sucesivos pasos del proceso de aprendizaje del alumno. La determinación de esos niveles nos permite establecer un posible itinerario didáctico a seguir, superador de los obstáculos cognitivos presentes en los alumnos.

Para la tipificación de los distintos niveles hemos considerado las aportaciones de diferentes autores (Astolfi, 1987 y 1988; Drouin, 1988; Yus, 1989; Gómez-Granell, 1988; Cano y otros, 1990; García, 1991), caracterizándolos a partir de las informaciones procedentes de los ámbitos de conocimiento antes reseñados (historia de la biología, ecología actual, concepciones de los alumnos, conocimiento cotidiano...).

La selección de estos niveles, y no de otros, se ha realizado atendiendo a dichas fuentes y tomando como ejes de referencia tres dimensiones básicas (ver figura 1 en página siguiente):

- Las sucesivas formulaciones del concepto se van situando en un gradiente de creciente complejidad y abstracción. Se pasa así de una visión sincrética (la realidad como un todo indiferenciado y homogéneo) a una visión analítica (la realidad como suma de partes) y a una visión sistémica (la realidad

como una jerarquía de sistemas imbricados unos con otros). Paralelamente, se pasa de un enfoque descriptivo de la realidad, donde no se plantean las causas de las cosas, a una causalidad lineal (un factor del medio determina a otro) y de ésta a la noción de interacción (los dos factores se determinan mutuamente). Esta progresión comporta también el paso de reconocer únicamente las relaciones simples (un animal se come a otro) al reconocimiento de las relaciones complejas (redes tróficas, ciclos, etc.).

- Cada nivel supone un cierto grado de descentración, de distanciamiento respecto a la realidad que se pretende conocer. Así, pasamos de una concepción del mundo egocéntrica (todo está en función de uno mismo), antropocéntrica (la realidad vista desde la óptica de lo humano), o sociocéntrica (los hechos se analizan desde la perspectiva sociocultural del sujeto, no considerándose otras posibles perspectivas culturales) a una visión relativizadora, en la que el individuo es capaz de adoptar distintas perspectivas y de considerar simultáneamente distintos aspectos de la realidad. Una descentración progresiva supone superar las siguientes dificultades presentes en los sujetos que aprenden:
 - La tendencia a reconocer sólo lo evidente y lo próximo, lo más cercano a las vivencias y necesidades humanas, con el desconocimiento de lo no aparente y de lo posible. De ahí la dificultad para entender otros niveles de organización de la materia que no sean el de organismo (molecular, celular, ecosistémico...) y de comprender las relaciones poco evidentes, así como los procesos subyacentes a las mismas.
 - La tendencia a dotar de intencionalidad a todo tipo de hechos, asignándoles propiedades que no les corresponden (por ejemplo, el animismo de los niños pequeños). De igual manera, hay una fuerte predisposición a generalizar al mundo su concepción de las cosas generada en el ámbito de las relaciones interpersonales y del entorno más inmediato.
 - La aplicación al análisis de la realidad de valoraciones dicotómicas del tipo bueno-malo (las serpientes son malas...), útil-perjudicial (las alimañas son perjudiciales...), etc.
- Por último, los niveles se sitúan en un eje de progresiva "cientificidad", que va desde el conocimiento cotidiano al conocimiento científico. En los primeros niveles no hablamos de ecosistema (el concepto aún no existe como tal), sino de medio, pues esta noción, básica en la construcción del concepto ecosistema, sí está presente en el conocimiento cotidiano y en las ideas que manifiestan los alumnos.

Por otro lado, y para cada uno de los niveles, se consideran los siguientes aspectos: la interpretación que se realiza de la realidad, el tipo de destrezas cognitivas puestas en juego y las carencias y dificultades a superar para poder pasar de un nivel a otro. Este paso tiene un enorme interés didáctico, pues supone el cuestionamiento y la redefinición del concepto objeto de estudio por parte del sujeto que aprende, aspecto que implica a las tres dimensiones antes indicadas.

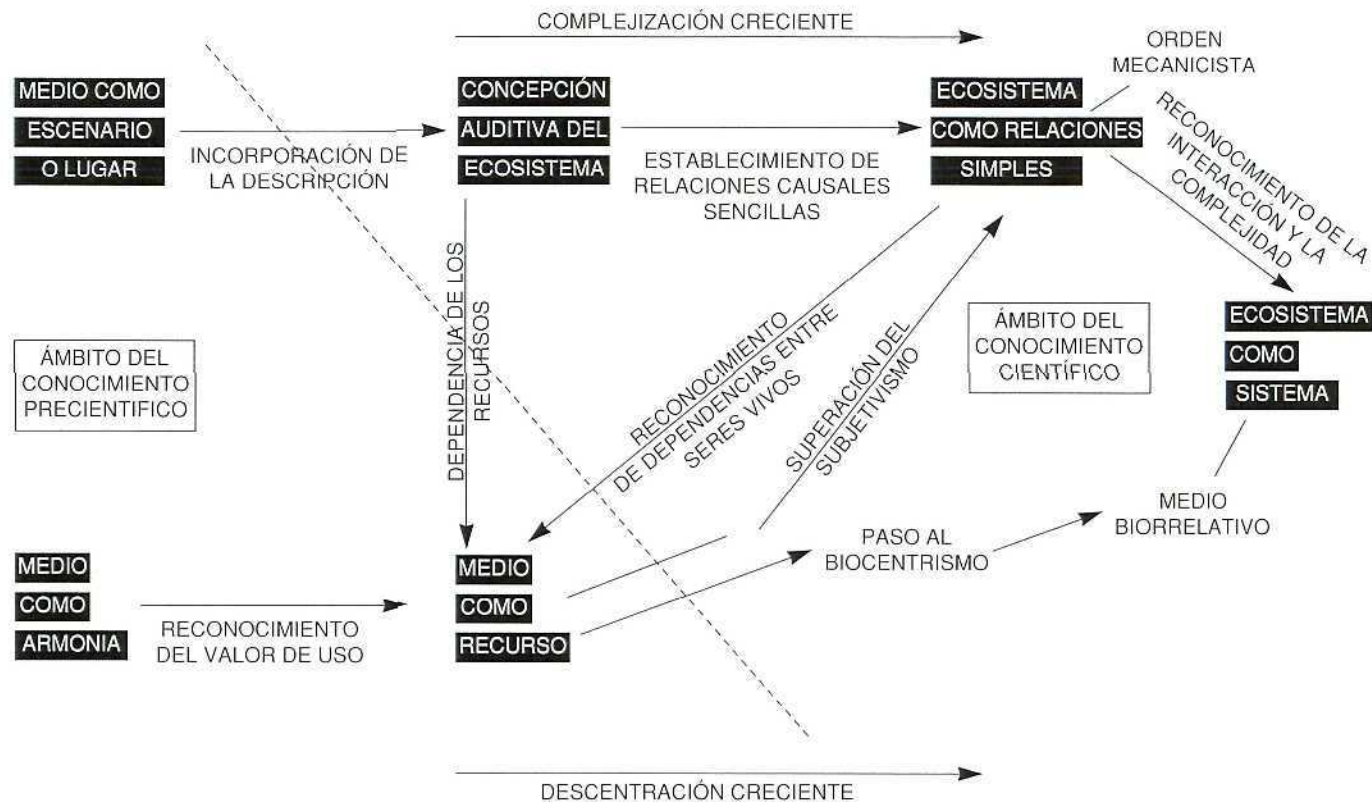


Figura 1. Niveles de formulación del concepto ecosistema (reelaboración de un esquema de Astolfi, 1986)

Como se aprecia en la figura 1, las concepciones correspondientes a los diferentes niveles se agrupan en relación con dichas dimensiones. El eje superior recoge la dimensión complejidad-abstracción progresiva, de manera que el paso de un nivel de formulación a otro conlleva la construcción progresiva de una interpretación de la realidad desde considerarla como un "todo" indiferenciado hasta describirla como suma de elementos primero, como conjunto de relaciones causales sencillas después y como sistema en último caso. El eje inferior recoge la dimensión descentración creciente, que se corresponde con el paso progresivo de lo subjetivo a lo objetivo, de lo inmediato y lo evidente a lo no aparente y a lo posible.

La propuesta que se hace no está reñida con la idea, expuesta en la Introducción, de la pluralidad de enfoques y de la relativización del conocimiento, pues lo que se plantea es una hipótesis de trabajo, fundamentada en los principios y criterios antes reseñados, necesaria en la medida en que la intervención del profesor como facilitador del aprendizaje del alumno requiere de un marco de referencia, siempre reformulable, que la oriente. No se trata,

por tanto, de prescribir una única secuencia de construcción del concepto, como si fuera una receta, sino más bien de ofrecer unos posibles itinerarios a seguir y de identificar los puntos conflictivos en su adquisición. Resulta evidente que cada equipo docente y cada profesor tendrá que adecuar la propuesta a sus propias concepciones y al contexto escolar correspondiente.

El medio como lugar o escenario

En los niños pequeños se percibe el medio como un todo homogéneo e indiferenciado, donde las cosas están mezcladas sin una organización aparente (sincretismo). La dificultad para establecer distinciones determina la imposibilidad de describir la realidad, de forma que no hay análisis de la misma: la aproximación al mundo es globalizante. De este "fondo" se van diferenciando, progresivamente, situaciones, personas y objetos que adquieren significatividad por su valor de uso o por aludir a componentes afectivos o estéticos: las personas con las que vive, la casa, las cosas que allí encuentra, la escuela, los compañeros, el parque donde va a jugar, las plantas, los animales, etc. (Hannoun, 1977). Este contacto con el medio se da, directamente, a través de sus sentidos y de su interacción con los objetos que le rodean, pero también ocurre de forma diferida, ya que una gran parte de su actividad está organizada por los adultos o niños con mayor bagaje de experiencia (padres, familiares, maestros, hermanos mayores, etc.) o por los medios de comunicación. En último término, es la interacción social la que posibilita que el niño se relacione con los hechos naturales y sociales de una forma simbólica, desarrollando la capacidad de distanciamiento de lo presente en su campo perceptivo, hacia lo que ocurre en otro lugar o bien ya sucedió hace tiempo.

El medio deviene así en escenario en el que ocurren cosas, en el lugar donde viven determinados entes significativos para el sujeto. El medio es "el agua en la que vive el pez", "el patio en el que juego", "el mar", etc. El individuo interpreta el mundo como una sucesión de escenarios en los que se producen sus vivencias. Y esto es así porque la primera aproximación del niño al medio es egocéntrica. El egocentrismo es una característica del pensamiento infantil, aunque cierta centración puede perdurar hasta la adolescencia, incluso después. El niño percibe el mundo desde su punto de vista subjetivo, entiende la realidad como algo en función de sus necesidades e intereses. No puede discernir con claridad lo que es "real" en el objeto de lo que él se imagina (el niño "ve lo que no ve"). De ahí que le cueste trabajo entender las relaciones de reciprocidad y la acción simultánea de distintos factores, teniendo grandes dificultades para adoptar otros puntos de vista y para distanciarse de lo inmediato y evidente. En el establecimiento de las relaciones entre las cosas el niño construye de lo particular a lo particular (transducción) y sus afirmaciones no están hiladas causalmente ni lógicamente (yuxtaposición), son producciones asociativas. Además, parte de un determinismo mítico (causalidad con base mágica) y de una concepción animista del mundo. Progresivamente irá siendo capaz de establecer relaciones inductivas y deductivas, su pensamiento se hará conceptual, será capaz de abordar la abstracción, primero precedida por la manipulación directa de las cosas que están presentes dentro de su campo perceptivo, y posteriormente en el plano formal.

Las operaciones intelectuales correspondientes a este nivel tienen que ver con la manipulación directa de los objetos y con el manejo del espacio. En un principio el niño no es capaz de aprehender el espacio en las dimensiones en las que lo concibe el adulto. El sincretismo le lleva a considerar los objetos y el espacio como un todo, y su egocentrismo a circunscribirlo a sus vivencias. El niño "vive" el espacio, las distancias y los recorridos, y no percibe ni concibe la imposibilidad de alcanzar objetos que escapen a su campo de acción. Es un espacio adherido a su persona, ligado a sus intereses y necesidades. Pero progresivamente, y en la medida en que aumenta sus capacidades psicomotoras, va dominando y experimentando el espacio mediante el movimiento y la manipulación de los objetos. El desplazamiento hacia los objetos le permitirá, poco a poco, el conocimiento de las distancias, llegando a percibir las en la observación de un paisaje o una fotografía, y a precisar la posición de los objetos por la mera observación. De esta forma el niño comienza a diferenciar y a compartimentar el medio, a pasar de la inaccesibilidad al análisis, a diferenciar límites y a comparar..., aproximándose así a la noción del medio como suma de componentes (ver figura 1).

La concepción descrita no existe sólo en el pensamiento infantil, sino que aparece en muchos adolescentes e incluso en adultos. En un estudio reciente con adultos (Hernández, 1991) encontramos frecuentes alusiones al medio-lugar ("lo que nos rodea", "la Naturaleza"...), y en los textos científicos suele emplearse el término en ese sentido cuando se le identifica con ideas como las del "sustrato que sostiene a la vida" o como la de hábitat.

El medio como armonía

En el pensamiento cotidiano es frecuente encontrar la idea de que "las cosas son así porque sí", es decir, cada cosa ocupa un determinado lugar en el mundo, tiene su "sitio" desde siempre. Esa disposición de los objetos suele responder a un pensamiento tautológico en el que la propia distribución de los objetos se justifica a sí misma sin necesidad de buscar una causa externa. Igualmente, en las concepciones de los alumnos encontramos argumentos similares: "cada animal vive en un determinado sitio", "el agua es el sitio apropiado para los peces", "en la Naturaleza cada ser vivo tiene su lugar", etc. En definitiva sería como una concepción "ingenua" del concepto de adaptación. En último término, es una concepción que supone un débil desarrollo de las relaciones causales, una falta de indagación sobre el "porqué" de las cosas.

La armonía de la Naturaleza se convierte así en un estereotipo social, tanto bajo la forma de un orden de origen divino como bajo la forma de un orden determinado por las fuerzas de la Naturaleza. En ambos casos estamos ante una visión intuitiva y dogmática, en la que las convicciones ideológicas sustituyen al razonamiento lógico, y en la que se acepta la realidad como algo estático e inamovible, lo que dificulta sobremanera la superación de las contradicciones y la búsqueda de las causas de los hechos. El equilibrio no se entiende como algo dinámico, sino como algo preestablecido, no sujeto a cambio. Esta perspectiva se encuentra frecuentemente en las interpretaciones que se hacen del medio desde cierto ecologismo: la Naturaleza es como un todo en equilibrio al que hay que preservar del cambio.

Pero la idea de orden y armonía también está presente en el pensamiento científico, bien en la forma de "cada cosa ocupa su lugar", bien como concepción de equilibrio. Ya Linneo organizaba la Naturaleza como la "sensata disposición de los seres naturales, instituida por el Supremo Hacedor, según la cual éstos tienden a fines comunes y poseen funciones recíprocas". El pensamiento de Linneo surge de una filosofía providencialista que ve

constantemente en la Naturaleza las huellas de la sabiduría divina. Pero más allá del determinismo divino, los planteamientos racionalistas de los siglos XVIII y XIX han recogido también la idea de un mundo organizado según los principios de una economía racional, un mundo en el que las relaciones existentes entre sus elementos son una manifestación de la unidad de la Naturaleza y de su equilibrio. La "guerra" de todos contra todos que propone Darwin en *El origen de las especies* se convierte en generadora de orden y equilibrio: se sustituye el determinismo divino o mítico por los mecanismos evolutivos. Esta concepción del orden de la Naturaleza, ligada al conflicto y a la lucha por la supervivencia, tiene que ver con la idea del medio ordenado en función de unas relaciones, por lo que volveremos sobre ella en el apartado "El ecosistema como conjunto de relaciones".

El medio como recurso

Al igual que en el pensamiento cotidiano encontramos la concepción de una armonía universal determinada míticamente, también encontramos la idea del medio como recurso. Ya el niño pequeño establece una clara relación entre sus necesidades y lo que el medio ofrece. En un primer momento, en el entorno todo está en función de lo humano (los árboles están para dar sombra, el pastor tiene vacas porque le encanta...) y éste lo utiliza para sus necesidades, sin distinguir entre básicas o accesorias. Las relaciones son directas, están dominadas por la voluntad del sujeto. En un segundo momento, y aunque se mantiene un cierto grado de egocentrismo o antropocentrismo, aparece una mayor conciencia de que el hombre necesita del medio social y natural para vivir, las relaciones que establece el hombre con el entorno son para satisfacer sus necesidades básicas. Comienzan a buscarse explicaciones objetivas a los fenómenos, aunque de carácter inmediatista y directo. Se centran en la apariencia perceptiva de las cosas y hay una falta de reversibilidad y reciprocidad en el análisis de las acciones y sus consecuencias, lo cual dificulta la comprensión de la interacción (por ejemplo, los animales necesitan a las plantas para vivir porque se alimentan de ellas, pero las plantas no necesitan a los animales).

En el pensamiento cotidiano se encuentran dos aproximaciones a la concepción del medio como recurso: una visión mercantilista (la Naturaleza como origen de la energía, los alimentos, los materiales de construcción, etc.) y una visión romántica y bucólica (la Naturaleza como disfrute estético, como reposo, como aventura y riesgo, etc.). Ambas visiones comparten el carácter de la Naturaleza como algo ajeno y distinto a lo humano (antropocentrismo). Este antropocentrismo aparece a veces en los libros de texto, sobre todo en los de Ciencias Sociales, cuando se plantea cómo el ser humano determina al medio (explotación y transformación del mismo), y cómo el medio determina al ser humano (cada cultura surge en un medio concreto), sin considerar la relación humanidad-medio como una interacción.

Por otra parte, la perspectiva antropocéntrica, presente en el pensamiento cotidiano y a veces en el científico, mantiene la concepción ingenua de que los seres humanos "controlan" el medio, de que tienen la capacidad y el poder suficientes como para disponer lo que más convenga a los intereses individuales o colectivos. En definitiva, se sustenta en la creencia de que cada individuo y cada especie es "libre de hacer lo que quiera", pues el medio es una fuente inagotable de recursos y una realidad que puede modificarse sin más. La causa de los hechos que suceden en la Naturaleza está en la elección que se hace, en los intereses que se tienen y en el esfuerzo, y no en unos procesos y mecanismos naturales independientes de la voluntad de los sujetos.

Este estereotipo social es fomentado por los sectores partidarios de un desarrollismo a ultranza, de forma que en las sociedades tecnológicas avanzadas se desarrolla un pensamiento tecnocrático que asume, en gran medida, el modelo del medio como recurso. Pero también desde perspectivas alternativas a la tecnocrática se suele creer en la misma idea ingenua del control cuando se postula, por ejemplo, que una determinada forma de relación con el medio es lo “naturalmente” bueno, lo que se ajusta a las leyes de la Naturaleza, como si dichas leyes dependieran de opciones afectivas o ideológicas.

Para el desarrollismo y la ideología tecnocrática la relación con el entorno se basa en la rapiña, la desigualdad, la explotación y la dependencia, lo que determina una intervención humana en el medio caracterizada por un conjunto de desastres y de descompensaciones ecológicas que constituyen la denominada problemática ambiental: la posibilidad de catástrofes generales ligadas a procesos de degradación del medio (destrucción de la capa de ozono de la atmósfera, cambios de la temperatura planetaria...) o a la aparición de guerras nucleares, químicas o bacteriológicas; la actual explosión demográfica (6.000 millones de personas en el año 2000) con su acelerada repercusión en el agotamiento de los recursos y la extinción de otras especies; la deforestación del planeta y la desertización; el agotamiento de los recursos naturales no renovables (carbón, minerales, petróleo...) y la continua interferencia en los ciclos de los materiales renovables (agua, aire...); la contaminación en general y la atmosférica en particular, sobre todo con la creación del “efecto invernadero”; las lluvias ácidas y la destrucción de la capa de ozono; la progresiva extinción de especies animales y vegetales; el deterioro de la calidad de vida humana, del que son exponentes la destrucción del patrimonio cultural, el fomento de las actitudes individualistas y competitivas, el incremento de la violencia social, la acentuación del carácter alienante del trabajo y del ocio, etc.

Resulta evidente que el modelo tecnocrático entra en conflicto con la idea de la armonía y el equilibrio universal que hay que preservar mantenida por muchos ecologistas, conflicto que suele reproducirse en el aula al trabajar la problemática ecológica. Al respecto, parece oportuno un tratamiento del tema en el que el alumno pueda elaborar alternativas al desarrollismo, sin caer en lo esotérico o en lo dogmático, mediante la construcción de una concepción más sistémica de la realidad. Sobre este punto volveremos en el apartado “La concepción sistémica del ecosistema”.

La concepción aditiva del ecosistema

En apartados anteriores hemos visto cómo el individuo pasa del sincretismo inicial a la noción de medio como el lugar en el que suceden cosas relevantes para su vida o como fuente de recursos. En todo caso, se produce una progresiva caracterización de determinados objetos del medio (los más accesibles y reconocibles) y de determinadas relaciones (relaciones de contigüidad espacial y temporal, relaciones de uso, relaciones de comparación o contraste...). Así, en la evolución del pensamiento se produce la transición desde un medio indiferenciado a otro en el que ya se reconocen elementos distintos y relaciones causales sencillas. Ante una realidad ambigua, diversa y cambiante, el sujeto que aprende comienza a encontrar determinadas regularidades: sabe que la materia se manifiesta en formas discretas (una roca, un animal, una casa...) y que esas entidades comparten semejanzas y diferencias detectables por comparación, y pueden predecir, en su entorno vivenciado, qué tipo de “comportamiento” pueden presentar las cosas en determinadas situaciones. Se da ya una cierta categorización: se describen los componentes del medio, se realizan inventarios y clasificaciones de los mismos. De esta manera, el medio empieza a organizarse como una suma de diferentes elementos. Desde esta perspectiva puede empezar a trabajar la distribución espacial y temporal de las cosas, hay elementos del medio que ocupan unos lugares y no otros, hechos naturales y sociales que ocurren en unas épocas y no en otras.

Ésta es la situación que con mayor frecuencia encontramos en los niños que llegan a la Secundaria y también en muchos adultos. Para ellos el medio es “el aire, la tierra y el agua” o “los distintos tipos de animales y plantas”. La realidad se entiende como una suma de componentes en la que no hay organización (elementos y sus relaciones), sino una mera yuxtaposición de elementos. Por tanto, aunque la realidad puede ser ya descrita, aún no puede ser explicada, pues el análisis se centra más en los elementos que en las relaciones. Esta concepción del mundo se corresponde con el dominio de ciertas destrezas cognitivas: enumerar, seriar, descomponer en partes, comparar, clasificar, etc., y por determinadas carencias que dificultan la construcción de un modelo más complejo de la realidad, sobre todo la falta de la capacidad de establecer relaciones causales que expliquen esa composición del medio y la de comprender la interacción.

En la historia del pensamiento biológico también encontramos muchos momentos en los que el interés de los científicos se ha centrado fundamentalmente en los aspectos descriptivos, en la catalogación de lo existente y en la construcción de taxonomías. Incluso en las primeras definiciones del concepto ecosistema aparece un cierto sesgo aditivo: el ecosistema sería la suma de lo vivo (biocenosis) y de lo no vivo (biotopo), sin mencionar para nada las relaciones presentes. Este sesgo se encuentra ya en la conocida definición de Tansley (ecosistema como suma de un ambiente físico y de una comunidad viva) y en otras más recientes: la suma total de la vegetación, los animales y el entorno físico presentes en cualquier segmento que se tome en la Naturaleza (Fosberg, 1967, citado en Daget, 1974), sistema formado por el medio abiótico y el conjunto biótico de plantas, animales y microbios (Kormondy, 1969), todos los organismos y el ambiente físico presentes en un lugar (McNaughton, 1984), etc. De hecho, en muchos libros de texto utilizados en el sistema educativo no universitario se trivializa la definición de ecosistema hasta reducirla a la concepción aditiva, de manera que la respuesta académica más generalizada en alumnos de trece o catorce años es la “fórmula” ecosistema = biocenosis + biotopo.

De todas formas, conviene resaltar el importante papel que juega el enfoque descriptivo en el origen del concepto científico de ecosistema, pues ha permitido el estudio de la diversidad, el de la distribución de las poblaciones y el establecimiento de relaciones entre esa distribución y los factores del biotopo. La descripción sería, por tanto, un paso necesario para poder luego entender cómo las condiciones del medio determinan la presencia o la ausencia de ciertos seres vivos o cómo los seres vivos se relacionan unos con otros.

El ecosistema como conjunto de relaciones

En la edición del año 1977 del Petit Larousse se define el ecosistema como “el conjunto de condiciones físicas, químicas o biológicas de las que depende la vida de una especie animal o vegetal”. Esta definición ejemplifica bien la identificación del término ecosistema con el de medio entendido como factores que condicionan la vida. En esta concepción aparece la idea de relación, pero como una relación causal lineal, unívoca, en la que el medio físico determina a lo vivo. Presupone el carácter pasivo del ser vivo como receptor de los estímulos de un medio que lo constriñe y mediatiza.

En los alumnos adolescentes aparece con frecuencia esta dependencia mecánica de un elemento respecto a otro: “la causa de que germine la semilla es el agua”, “el pájaro tiene alas para poder volar en el aire”, “las características del suelo determinan las plantas que pueden vivir en un determinado lugar”, etc. El protagonismo está, pues, en el medio y no en el ser vivo. En un trabajo reciente con alumnos de Enseñanzas Medias (García y otros,

1990), en el que se analizan sus ideas referidas a las relaciones ecológicas, se detecta una tendencia mayoritaria a reconocer sólo sistemas binarios en los que predomina una causalidad lineal y a identificar la relación ecológica con relaciones tróficas evidentes y cercanas a su propia experiencia. Esta idea es consecuente con lo manifestado por otros autores (Yus, 1989). Podríamos concluir a partir de estos datos que, aun para los alumnos a los que se les supone cierta capacidad de abstracción (pensamiento formal), les resulta difícil entender las relaciones en los sistemas siconaturales como interacciones.

Hay que distinguir, por tanto, dos formas de entender las relaciones: en la primera, ciertos factores determinan las características de otros (determinismo mecánico); en la segunda, todos los factores presentes se determinan unos a otros (interdependencia). Y el paso de una a otra concepción no es nada sencillo en la construcción personal del conocimiento, ni lo ha sido en la historia del pensamiento biológico, pues conlleva el desarrollo de una causalidad recíproca y una fuerte descentración en la interpretación de la realidad.

De hecho, el determinismo mecánico ha tenido y tiene aún una amplia tradición en biología, como resultado de la traslación, a partir del siglo XVIII, de los planteamientos analíticos de la física al mundo de lo vivo. Así, Humboldt, en los inicios del siglo XIX, aplica al estudio de las comunidades vegetales la idea de que son los factores del medio físico los responsables de la distribución de las plantas. Igualmente, se desarrollan, desde mediados del siglo XVIII, toda una serie de estudios tendentes a descifrar la mecánica de lo viviente: Priestley, Lavoisier, De Saussure y otros científicos de la época establecen los mecanismos esenciales de la fotosíntesis y la respiración y, por tanto, las bases de la noción de ciclos biogeoquímicos. Progresivamente el determinismo mecanicista genera los campos conceptuales de la biología moderna y, en el caso de la ecología, origina dos importantes líneas de investigación: el estudio de las comunidades vegetales, que desarrolla las ideas de asociación, biocenosis y sucesión, y el estudio de las comunidades animales, que lleva a los conceptos de cadena y red trófica. Pero son, precisamente, los avances en el conocimiento de las poblaciones animales y vegetales los que van a mostrar las carencias explicativas del modelo mecanicista y la necesidad de plantear un paradigma más totalizador.

Así, Cléments propone en 1916 un modelo general de descripción e interpretación de todas las formaciones vegetales, en el que reaparecen principios globalistas: la tendencia de cambio de las comunidades hacia un estado óptimo (clímax) y la idea de que las plantas que viven asociadas en un mismo lugar mantienen entre sí relaciones tan estrechas que pueden considerarse como un "superorganismo". En el campo de estudio de las poblaciones animales, Moebius, en 1877, demuestra que la abundancia o escasez de una especie no depende de un único factor, sino del conjunto de especies que se alimentan de ella o que compiten con ella. Diez años después, Forbes describe el lago como un microcosmos en el que tanto la cooperación como la rivalidad y el antagonismo crean estabilidad y orden. Elton, en el año 1927, supera definitivamente la concepción de las relaciones tróficas como cadenas lineales, sustituyéndolas por complejas redes que permiten "visualizar" los nichos ecológicos de las especies. Por fin, Volterra propone en 1935 un modelo matemático de la dinámica de las poblaciones que supone la incorporación a la ecología del principio cibernético del "feedback" (regulación recíproca de dos poblaciones), y Lindeman, en 1942, sienta las bases de la ecología teórica con su concepción de un ciclo "trófico" global que vincula la circulación de materiales, a través de los productores, consumidores y descomponedores, con un flujo continuo de la energía. Ya es el momento propicio para incorporar la perspectiva sistémica a la ecología.

La concepción sistémica del ecosistema

El sistemismo nos remite a la intuición globalizadora que aparece en la concepción del medio como armonía tratada en páginas anteriores, pero con la diferencia de que mientras aquella era una noción precientífica, basada en la subjetividad y en una visión mítica del mundo, ésta surge del propio desarrollo de la ciencia. En efecto, y como hemos visto en los párrafos precedentes, el estudio analítico de la realidad supone entenderla como un conjunto de relaciones de causa-efecto aisladas unas de otras. Pero la profundización en el análisis de esas relaciones nos lleva también, inevitablemente, a la idea de interacción y con ella al concepto de sistema.

Según el enfoque sistémico la realidad no está integrada por una colección de entes separados e independientes, sino que constituye el sistema de sistemas, conectados e interdependientes. Los sistemas materiales son entidades reales, particulares, diversas y cambiantes, en los que se pueden definir dos características comunes:

- La presencia de elementos interrelacionados (interacción).
- El carácter organizacional de esas interacciones, de forma que el sistema funciona como un todo con identidad propia, capaz de mantener cierta regularidad y estabilidad (organización).

El concepto de **interacción** es básico para comprender los sistemas. Las relaciones entre los objetos materiales pueden ser tales que sólo supongan una relación espacial o temporal, o bien tales que supongan una interacción: influencia mutua que, al darse, modifica de alguna manera la propia naturaleza de esos objetos materiales. En ciertas condiciones las interacciones conllevan interdependencia, actuación conjunta, asociación, combinación, etcétera, es decir, implican una determinada configuración de la realidad, una **organización**. En ese sentido las interacciones generan regularidad y orden, crean cohesión en los sistemas materiales.

La existencia, en un sistema, de interacciones comporta:

- Constreñimientos para los elementos componentes: cada uno de ellos, al integrarse en el todo, adopta uno de sus estados posibles, inhibe cualidades y potencialidades.
- Aparición de propiedades nuevas (propiedades emergentes), que surgen en cuanto que existe la interacción. Esas propiedades nuevas no sólo definen lo peculiar y característico del sistema, sino que también se refieren a propiedades que adquieren los elementos componentes en cuanto integrantes del mismo.

En efecto, el estudio de determinados sistemas (la molécula, el organismo, el ecosistema...) ha de centrarse en el estudio de las interacciones que los definen y caracterizan, analizándose qué propiedades desaparecen y cuáles surgen nuevas. Por ejemplo, el estudio de las relaciones tróficas no debe quedar sólo en un plano descriptivo (tipos de relaciones, variables que intervienen, etc...), sino que debe contemplar cómo esa relación determina a los entes que se relacionan (la presa no se entiende sin el predador y viceversa) y permite la aparición de propiedades nuevas (mecanismos reguladores de las dinámicas de ambas poblaciones).

Además, el estudio de las interacciones es la mejor vía de acceso para comprender la naturaleza de un sistema. Así, la idea del organismo vivo como un todo (identidad en sí mismo) requiere el desarrollo de ideas relativas a la circulación y el intercambio de materiales, energía e información entre sus partes (coordinación, regulación, equilibrio, homeostasis y medio interno, etc.). Un estudio del organismo como "suma" de componentes puede servir para describirlo, pero no para entenderlo.

Se plantea así que el objeto de estudio de la ecología es un cierto tipo de sistema material: el ecosistema. Definimos el **ecosistema**, siguiendo a Morin (1983), como un sistema formado por seres vivos y elementos no vivos en interacción, de forma que se genera una organización ecológica caracterizada por el continuo intercambio de materia, energía e información entre dichos elementos y con el exterior. Definiciones similares se encuentran en diversos tratados de ecología: Evans (1956, citado en Daget, 1974) lo define como "un sistema de interacción que comprende lo vivo junto con su hábitat no vivo"; Odum (1969) lo define como "la unidad de organización biológica compuesta por todos los organismos presentes en un área, que tienen a su vez un conjunto de interacciones con el medio físico, con el resultado de un flujo de energía y de unos ciclos de la materia"; Dajoz (1974), como "unidad funcional de la ecología que incluye a los seres vivos y al medio no vivo en que ellos viven con todas las interacciones recíprocas entre el medio y los organismos"; Margalef (1974), como "sistema formado por un conjunto de individuos de distintas especies, en el seno de un ambiente de características definibles, e implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste y regulación, expresable bien como intercambio de materia y energía, bien como evolución de las especies y sucesión del propio sistema".

El ecosistema no es tanto una unidad en el espacio como un nivel de organización de la materia. Entendido en sentido muy amplio engloba al concepto de sistema social, de forma que se hablaría entonces de eco-socio-sistema (ver figura 2), identificándose el concepto de ecosistema, en último término, con el macrosistema planetario. En definitiva, la biosfera sería como un vasto ecosistema en el que pueden distinguirse sucesivos ecosistemas subordinados unos a otros, por lo que hablar de un ecosistema concreto no presupone ninguna unidad "natural" ni tampoco un cierto nivel en esa jerarquía. Desde ese enfoque el universo se configura como una arquitectura de sistemas que se imbrican unos con otros, se superponen y jerarquizan en diferentes niveles de organización; en un juego permanente de flujos, dependencias e intercambios.

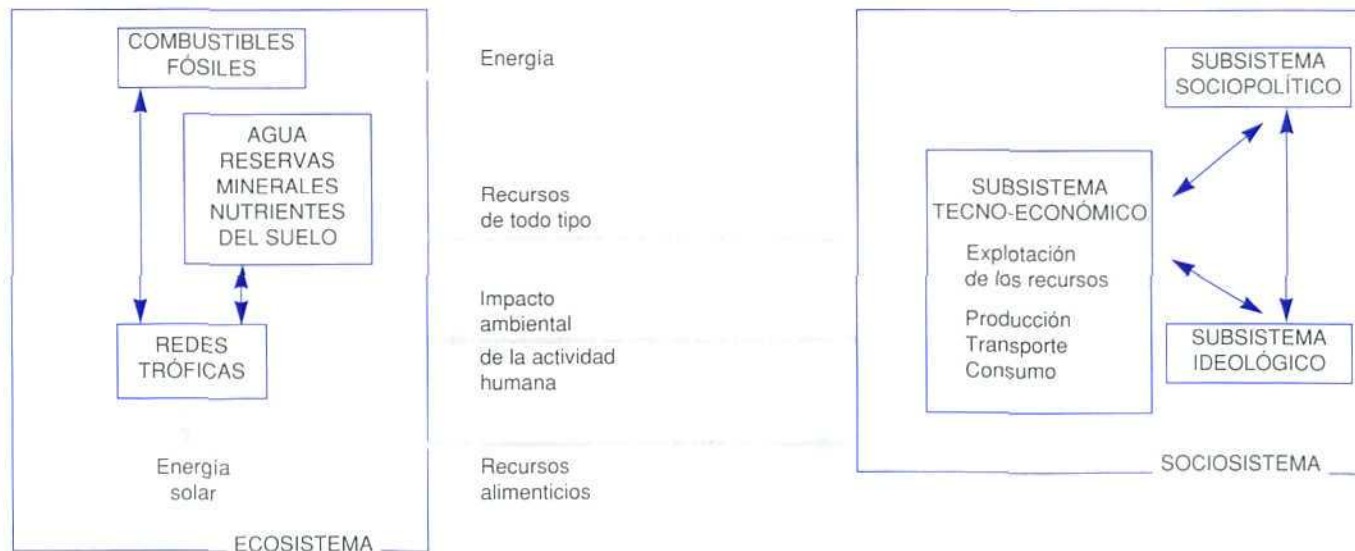


Figura 2. Interrelaciones entre el ecosistema y el sociosistema

La organización ecológica, propia del ecosistema, participa de las características de la organización de lo vivo, aunque conviene resaltar lo que es más peculiar de este nivel de organización de la materia (Morin, 1983):

- Los mecanismos que regulan el equilibrio dinámico presente en el ecosistema no se generan en una estructura jerárquica o centralizada (como ocurre, por ejemplo, en la regulación de la conducta por parte del sistema nervioso central) o como respuesta a un programa (como sucede con la información genética), sino que responden a la lógica de los sistemas “espontáneos” y policéntricos; lógica concretada en multitud de interacciones complementarias/antagónicas, retroalimentaciones, bucles, cadenas tróficas, etc., fruto todo ello de una larga historia evolutiva en la que se han “seleccionado” esas configuraciones.
- Aunque la organización ecológica no posee una memoria propia ni un lugar central desde el que se procesa la información, como sí ocurre con el organismo vivo, su complejidad sí exige la existencia de seres vivientes dotados de programas genéticos y de aparatos para procesar la información. La organización ecológica supone, por tanto, la auto-organización propia de los individuos y de las especies. La auto-organización aporta a la eco-organización el funcionamiento de los organismos vivos que subyace en las interacciones ecológicas. Es ese funcionamiento (comunicación, intercambio de materiales según los requerimientos vitales de cada organismo, reproducción, regulación para el mantenimiento de las estructuras orgánicas, etc.) el que alimenta la complejidad del ecosistema.
- Recíprocamente, la organización del organismo necesita de la organización del ecosistema. El organismo existe en cuanto que se integra en un juego de interacciones que le permite el intercambio de materiales y de energía, imprescindible para mantener su identidad. De esta forma la exigencia existencial de esos requerimientos externos conlleva el que la finalidad “egoísta” ligada a la supervivencia del organismo genere, a través de las interacciones ecológicas, la complejidad del ecosistema.

Esta concepción del ecosistema requiere complementar la necesaria compartimentación de los objetos de estudio para su análisis con la realización de síntesis y recapitulaciones en las que se puedan establecer relaciones que posibiliten la visión de conjunto de la realidad. También supone una nueva forma, no antropocéntrica, de entender lo humano (el hombre como ser vivo, como elemento integrante de la biosfera y como ser social). En ese sentido se establecen puentes con las ciencias sociales y las tecnologías.

Conviene en este punto referirnos a cómo se entiende, desde esta óptica sistémica, el ya reiteradamente citado concepto de medio. El **medio** se define en este nivel, en relación con cada organismo concreto, como el conjunto de todos aquellos factores y fenómenos externos al organismo que interactúan con él, ya se trate de factores físicos o químicos (abióticos), o bien de otros organismos (bióticos) (Begon, Harper, Townsend, 1988). Es decir, el medio es biorrelativo (Astolfi y Drouin, 1986), está centrado en el organismo, de manera que cada especie y cada individuo tiene un determinado modelo de su entorno. Así entendido, el concepto de medio abarca, en el caso de la especie humana, el medio social y natural y no sólo el medio físico, planteándose un enfoque integrado en lo que atañe al estudio de los problemas ambientales, a cuya solución deben contribuir tanto las Ciencias Naturales como las Sociales (Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental, Tbilisi, 1977).

En efecto, una característica importante del enfoque sistémico es el establecimiento de un vínculo entre Naturaleza y Cultura, de manera que se plantea una doble incidencia de la organización antrosocial en la Naturaleza, por una parte, y de la organización natural en la antrosocial por la otra. La realidad se define, por

tanto, como multidimensional, como organización compleja en la que distintos seres se imbrican e interfieren en interacciones complementarias, concurrentes o antagónicas, y en la que encontramos tanto determinismos como azar e incertidumbre. Ello supone también la necesidad de ligar la problemática científica a la ideológica, de llegar a una toma de conciencia global sobre el lugar del hombre en la Naturaleza y sobre el papel a desempeñar en las relaciones con el entorno. De todas formas la división tradicional entre Ciencias Sociales y Ciencias de la Naturaleza se ve sometida a una profunda revisión en función, precisamente, de las teorizaciones de las disciplinas ambientales (ecología, antropología ecológica, psicología ambiental, geografía, etc.) y de las nuevas necesidades tecnológicas que la problemática ambiental plantea. De ello se sigue una progresiva superación de la parcelación del saber científico en ámbitos inconexos y la adopción de una visión de la realidad más integrada (ver figura 2). De hecho, conceptos como el de ecosistema, circulación de materiales, flujo energético, nicho ecológico, etc., presentan la suficiente potencialidad explicativa como para servir de puente entre las conceptualizaciones de diferentes disciplinas ambientales. Incluso algunos autores hablan ya de sistemas siconaturales, en los que se integrarían las características de los ecosistemas y los sociosistemas, y de una ecología general que estudiaría la interacción de lo biológico con lo social (Peñuelas, 1988).

La perspectiva sistémica no aparece ni en el pensamiento cotidiano ni de forma espontánea en las ideas de los alumnos. Entender nuestro entorno como una realidad compleja, como un sistema abierto que evoluciona en el tiempo, requiere un proceso de construcción de conocimientos que sólo puede darse en el ámbito educativo. Y ese proceso debe considerar toda una serie de obstáculos que ya se han ido esbozando en los otros niveles de formulación: la superación del egocentrismo, la consecución de la capacidad de describir y clasificar, el paso de una causalidad lineal y simple a la causalidad compleja de las interacciones y ciclos, etc. Hemos visto que la evolución del concepto comienza, por tanto, en una visión sincrética de éste: el medio como un todo indiferenciado. Pero progresivamente el análisis de sus elementos (cuál es su naturaleza, cómo se sitúan y cambian en el espacio y en el tiempo, de dónde vienen...), y de las relaciones entre los mismos, determina el paso desde la subjetividad y el mero reconocimiento de la realidad cercana y evidente a las relaciones complejas y a la realidad menos evidente.

Por otra parte, es impensable que pueda construirse el concepto de manera aislada, sin integrarlo en una estructura conceptual más amplia (ya nos hemos referido a los conceptos de sistema y de interacción) en la que se relaciona con otros muchos conceptos. A ello dedicaremos el siguiente apartado.

Niveles de formulación y programa de actividades

El paso de un nivel a otro supone, en el proceso de construcción del conocimiento, la superación de unos determinados bloques, el cuestionamiento de unas concepciones que se caracterizan por su persistencia y por su resistencia al cambio. Evidentemente no es algo que suela darse de forma espontánea; de ahí la necesidad de la intervención didáctica como manera de facilitar el cambio y la reestructuración de las ideas de los alumnos. Sin entrar en aspectos propios de la metodología didáctica, sí parece conveniente esbozar algunas orientaciones sobre qué tipo de actividades pueden ser más útiles a la hora de provocar el paso de uno a otro nivel.

El paso de la concepción del medio como lugar a la del medio como suma de partes se ve facilitado por actividades de descripción y análisis de los elementos presentes en nuestro entorno: inventarios de elementos, agrupamiento de los elementos en categorías, elaboración de taxonomías cada vez más complejas, diferenciación de lo

vivo y lo no vivo, descripción de relaciones muy sencillas, etc. De igual forma, el reconocimiento del medio como fuente de recursos requiere de actividades centradas en el valor de uso que tienen esos elementos del medio: estudio de la alimentación humana, estudio de la obtención de materiales para la construcción o para la fabricación de máquinas, estudio de distintas formas de energía y de su uso, y, en general, todas aquellas actividades que se refieran a la producción y el consumo humanos.

La construcción de la idea del ecosistema como conjunto de relaciones simples se ve facilitada por el estudio de ciertas relaciones ecológicas (predación, soporte, cobijo, defensa...), por el estudio de poblaciones (sobre todo distribución espacial, variaciones en el número de individuos, etc.) y por el estudio de las respuestas que tienen los seres vivos a determinados factores del medio (germinación y desarrollo de plantas, respuesta de animales a luz, humedad, etc.). Es conveniente utilizar no sólo el contacto directo con el medio socionatural, sino también el estudio del comportamiento de animales y plantas en el laboratorio, el uso de vídeos y diapositivas y de juegos de simulación. También es el momento de introducir experiencias de laboratorio en las que se trabajen procesos fisiológicos sencillos a nivel de organismo.

El estudio del ecosistema como sistema se puede realizar a partir de estudios de campo, aunque en un primer momento conviene trabajar con sistemas sencillos más accesibles: solares urbanos abandonados, huerto escolar, acuarios-terrarios, etc. También es muy útil el uso de juegos de simulación en los que los alumnos tengan protagonismo a la hora de fijar las reglas del juego y los procesos subyacentes a las mismas.



Campo conceptual relacionado con el concepto Ecosistema

En otro momento hemos indicado que la organización de un determinado campo conceptual en el conocimiento escolar supone, por una parte, que los conceptos no son categorizaciones absolutas sino relativas, pues, de hecho, hay una construcción progresiva del saber en la historia del pensamiento humano y en la de cada individuo (distintos niveles de formulación), y por otra, que la progresión en el aprendizaje de los conceptos no es lineal: los conceptos se van engarzando unos con otros en estructuras conceptuales complejas y jerarquizadas, de manera similar a como ocurre en el conocimiento científico. De ahí la propuesta de organizar los conceptos seleccionados en el diseño curricular en forma de tramas conceptuales que permitan diferentes itinerarios didácticos y orienten el trabajo en la clase. Al respecto, y de acuerdo con lo dicho en el apartado anterior, resulta evidente el lugar central que puede ocupar el concepto ecosistema en las tramas de contenidos propias de las Ciencias Naturales o del ámbito de la Educación Ambiental. En las figuras 3, 4 y 5 se recogen tres tramas conceptuales (elaboradas a partir de otras del autor aparecidas en el ámbito de la Educación Ambiental de los diseños curriculares de la reforma andaluza) que pretenden situar al ecosistema en tres diferentes niveles de formulación propios del estudio del medio y que ejemplifican el papel que puede desempeñar este concepto en dichas tramas generales.

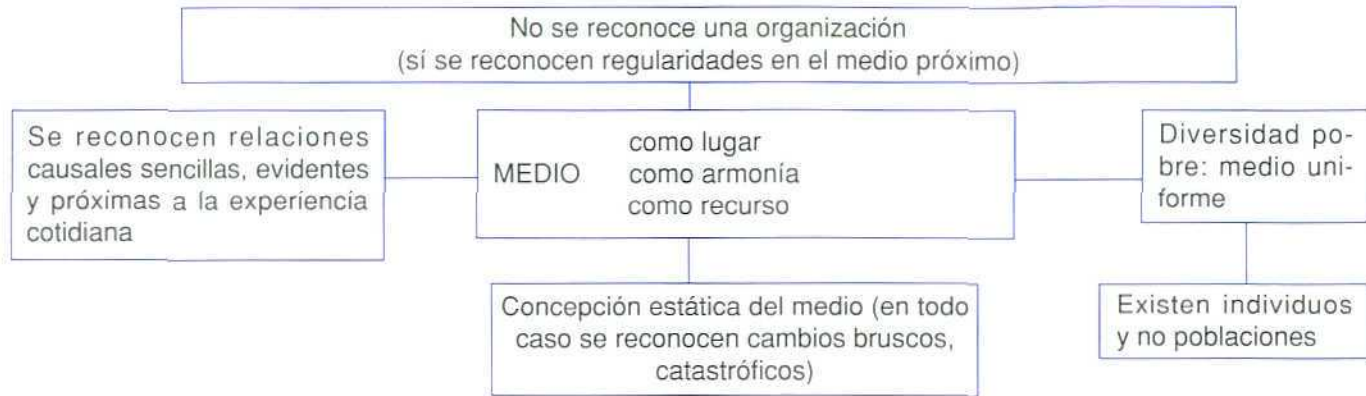


Figura 3
Nivel 1



Figura 4
Nivel 2

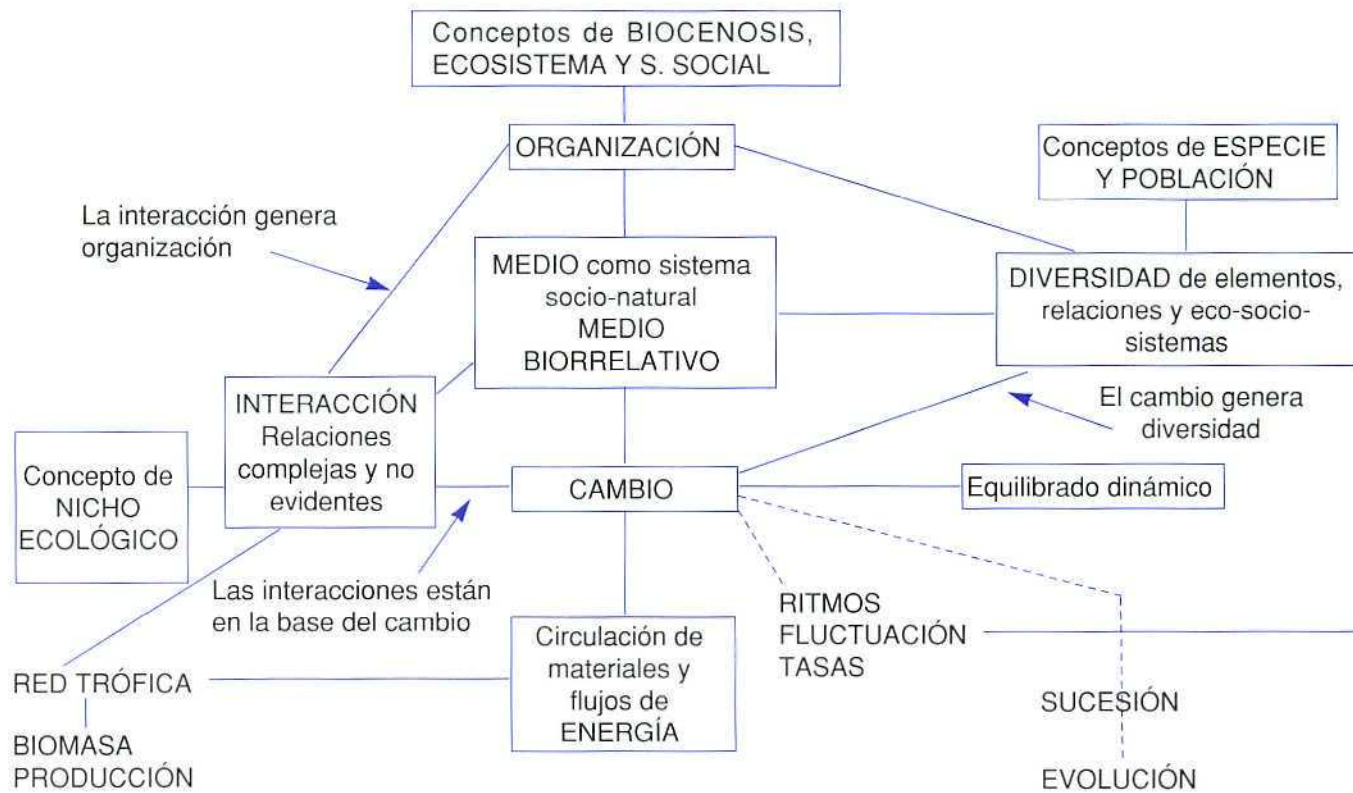


Figura 5
Nivel 3

¿Qué campo conceptual es organizado por el concepto ecosistema? Resulta evidente su relevancia para el ámbito de la ecología, pero además conecta con otros muchos conceptos tanto de las Ciencias de la Naturaleza como de las Ciencias Sociales. En primer lugar, y adoptando la concepción sistémica del ecosistema, encontramos toda una serie de conceptos intimamente ligados al de ecosistema. Así, los ecosistemas se caracterizan por ser **sistemas abiertos**, en interacción con los sistemas adyacentes, de forma que el mantenimiento de su estructura interna se logra mediante un intercambio constante de materia, energía e información entre sus propios elementos y los de los otros sistemas. El concepto de sistema abierto presupone otros conceptos como los de relación trófica (intercambio de materia y energía), acumulación de información en los seres vivos individuales y en la propia estructura del ecosistema, dependencias respecto a otros sistemas, etc. Por otro lado, todos los ecosistemas tienen unas propiedades que los caracterizan y les dan **unidad**. Pero, a su vez, la forma concreta de manifestarse de esas propiedades y el carácter abierto y dinámico de los ecosistemas posibilita, dentro de esa caracterización común, una heterogeneidad de manifestaciones, una **diversidad**. La diversidad resulta así producto del cambio, de las transformaciones que se suceden en los sistemas, en los que se generan nuevas configuraciones estables "adaptadas" a un contexto también cambiante.

El concepto de ecosistema comprende tanto aspectos puramente estructurales (*población, biocenosis, biotopo*) como funcionales y dinámicos (*nicho ecológico, red trófica, ciclos biogeoquímicos, dinámica de poblaciones, sucesión*). En la figura 6 esquematizamos estos componentes, sobre los que volveremos en los apartados siguientes.

	ESTRUCTURA	DINÁMICA
NIVEL DE POBLACIÓN	Abundancia Densidad Distribución Diversidad Pirámide poblacional	Ritmos Fluctuaciones Tasas
NIVEL DE ECOSISTEMA	Biocenosis Biotipo	Sucesión Flujo de energía

Relaciones ecológicas Red trófica	Sucesión Flujo de energía
Nicho ecológico	
Ciclos	

Figura 6. Componentes del ecosistema

En último término, el ecosistema se define como un conjunto de **interacciones** que originan dos grandes ciclos: uno, más cerrado, de materia, y otro, abierto, de energía, asociados a procesos de pérdida y ganancia de información. Los conceptos de energía e información son inseparables de la idea de organización ecológica. La **energía**, como "motor" de la materia, está presente en la dinámica de cualquier entidad real. Las transformaciones energéticas son consideradas como claves interpretativas y predictivas de los cambios. A partir del flujo de energía existente en nuestro planeta se produce orden y organización; los sistemas materiales se mantienen y hacen más complejos gracias a ese flujo. El concepto de **información** se refiere, por una parte, a la forma o disposición de las interacciones, es decir, a la organización, y por otra, a los intercambios energéticos que se realizan en el sistema y que determinan un aumento del orden en el mismo (creación de estados más improbables) y una disminución de la entropía del propio sistema. Mediante el "gasto" energético (transformación de una energía menos "degradada",

capaz de provocar trabajo mecánico, en otra más "degradada" no utilizable ya por los biosistemas) se acumula información, que al reorganizar el sistema permite un uso más eficiente del flujo energético presente en la superficie del planeta (Margalef, 1974, 1978 y 1980; Morin, 1983) (ver figura 7).

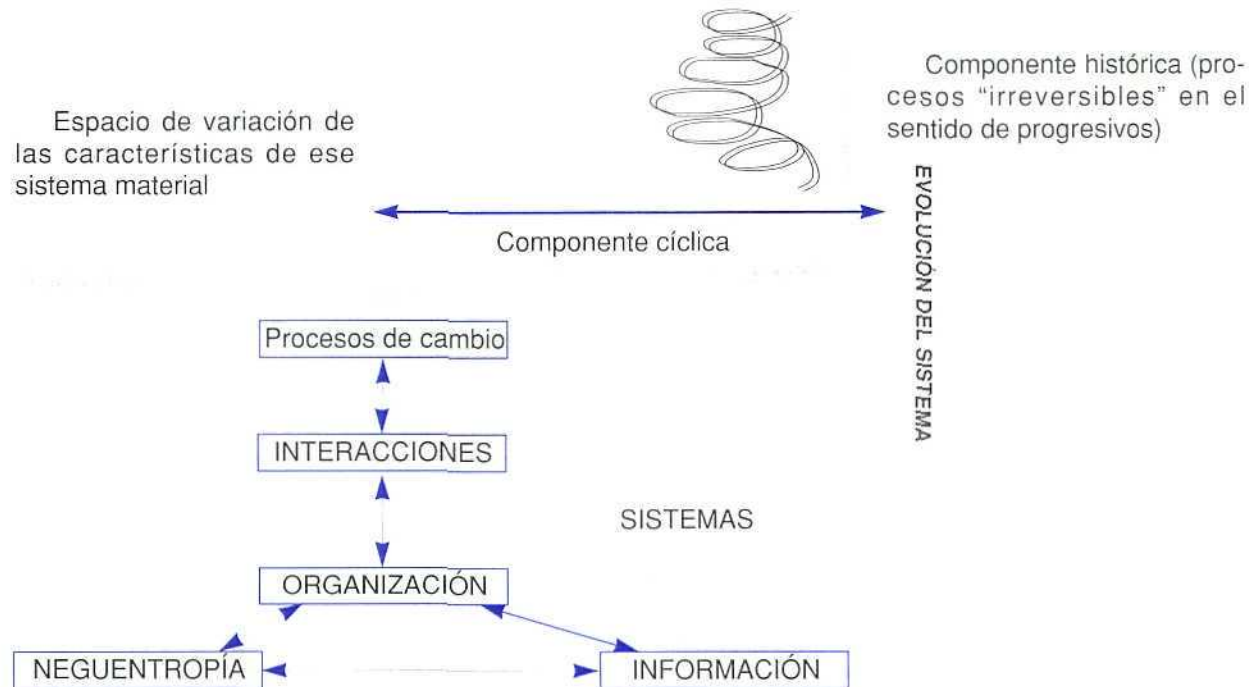


Figura 7. La información en los sistemas se relaciona con la organización (disposición de las interacciones) y con la neguentropía (los intercambios de energía que realiza el sistema determinan un aumento del orden y la creación de estados más improbables, es decir, una disminución de la entropía del propio sistema). Mediante el gasto energético se acumula información, que al reorganizar el sistema permite un uso más eficiente del flujo energético.

El carácter organizativo de las interacciones remite a otro importante problema: cómo se genera y mantiene el orden de los sistemas. Es en el **cambio** donde se seleccionan nuevas organizaciones, donde actúan los mecanismos que mantienen estables los sistemas. Algunas de las configuraciones seleccionadas en los procesos evolutivos constituyen sistemas abiertos, que mantienen su propia identidad mediante el intercambio de materia y energía con su entorno, y que requieren un suministro continuo de energía desde el exterior. El sistema es estable en la medida en que es activo. Desde esta perspectiva, estructura y función, estabilidad y cambio, son términos indisolubles: la función es la estructura cambiante; la estabilidad, el producto del cambio y la actividad.

A continuación reseñamos la caracterización de algunos de los conceptos más relacionados con el concepto de ecosistema, tal como se acaba de esbozar.

El concepto de interacción ecológica

No sólo desde la Ecología se destaca la importancia de la interacción, sino también desde la perspectiva sistémica, donde se la propone como la noción que está en la base de toda organización (De Rosnay, 1977; Morin, 1977 y 1980) y desde la didáctica de las ciencias, donde se la considera como un concepto estructurante fundamental (Gómez, 1988; Yus, 1989).

El concepto de interacción lo hemos definido ya como la influencia mutua entre elementos que, al darse, modifican de alguna manera la propia naturaleza de esos objetos materiales y provoca la aparición de propiedades nuevas en ellos y en el sistema formado por los mismos. También hemos señalado que las interacciones configuran y organizan el sistema.

En la tipificación de las interacciones se pueden utilizar diferentes criterios: naturaleza de la interacción (trófica, reproductiva, social, defensa, cobijo...), naturaleza de los elementos que interactúan (relaciones dentro del biotopo, relaciones biotopo-biocenosis, relaciones inter e intraespecíficas), papel que desempeñan los elementos y consecuencias de la interacción para los mismos, etc. Atendiendo básicamente al tercer criterio, se señala que las relaciones presentes en la biocenosis suponen neutralidad (no interacción), complementariedad (asociaciones, sociedades, simbiosis, mutualismos), concurrencias (rivalidades, competencias) o antagonismo (parasitismos, fagias, depredaciones). De hecho, muchas relaciones existentes en la Naturaleza se refieren a varios de esos criterios a la vez. Así, si se habla de simbiosis o parasitismo habrá que manejar conjuntamente el criterio "intercambio de materiales" y el criterio "beneficio o perjuicio provocados por la relación".

En las relaciones de complementariedad se da una interdependencia en la que los individuos que interactúan satisfacen mutuamente determinadas necesidades. En los antagonismos y en las concurrencias se da una aparente destrucción y desorganización unida a la "lucha por la supervivencia". Sin embargo, esa dicotomía entre lo asociativo-organizador y lo antagónico-desorganizador hay que relativizarla: por una parte, los límites entre los diferentes tipos de relaciones son difusos (¿cómo clasificar la relación entre el campesino y sus vacas o entre la flor y la abeja?); y por otra, los antagonismos van íntimamente asociados a las complementariedades (el carácter destructivo de las biofagias cobra un sentido distinto desde la perspectiva de la red trófica que nutre y reorganiza la vida del ecosistema y desde el enfoque de la regulación del número de individuos de las poblaciones implicadas).

Por otra parte, las interacciones evolucionan y lo que es una complementariedad puede dar lugar a un antagonismo y viceversa. Predación, parasitismo y simbiosis se convierten unos en otros a lo largo de la evolución de la biosfera e incluso en el corto período de tiempo propio de las relaciones interindividuales. El hecho de que la complementariedad genere antagonismo (los individuos se asocian en oposición a otros individuos o al entorno en general), y el antagonismo complementariedad (la "lucha" entre los individuos como fundamento del equilibrio en las poblaciones y en el ecosistema) es importante a la hora de comprender la lógica de los ecosistemas. El caos de relaciones interindividuales (seres que destruyen, ayudan, compiten, etc.) sólo se puede explicar desde una visión integrada, de manera que esas miradas de interacciones son generadas y generan el orden (red trófica, ciclos biogeoquímicos, mecanismos de regulación de las poblaciones y del ecosistema...).

Y este principio de complejidad que aúna la solidaridad y el antagonismo también es aplicable, en cierto modo, a las sociedades humanas y a su integración en el resto de la biosfera. La organización social surge de las múlti-

ples interacciones de todo tipo (egoísmo, explotación, cooperación, altruismo, sometimiento...) existentes entre sus individuos componentes, interacciones que son, a su vez, producto de la organización.

El concepto de nicho ecológico

Todos los factores ecológicos relativos a una especie (temperatura, humedad, pH, alimento...) producen un volumen n-dimensional que es el nicho fundamental de la especie. Cada especie "ocupa" un nicho ecológico, es decir, se integra de una determinada manera en el ecosistema, lo que implica un cierto uso del mismo, definido por el conjunto de las relaciones que mantiene dicha especie con los demás elementos, tanto vivos como inertes.

Para un determinado lugar y en un tiempo concreto se produce un juego de interacciones, una trama, cuyos "nudos" serían los nichos ecológicos presentes en esa realidad. La complejidad de esa trama y el número de nichos posibles será el resultado, en general, de la evolución precedente del sistema, y en particular de los recursos disponibles en esa situación para la vida. La idea de "nicho" se relaciona, por tanto, con otros conceptos relativos a la dinámica y distribución de las poblaciones, la competencia, la adaptación, la diversidad o la sucesión ecológica.

El concepto de diversidad

El concepto de diversidad se ha confundido en muchas ocasiones con la idea de caos o desorden. Desde un planteamiento ecológico la diversidad debe entenderse como variedad de manifestaciones dentro de un orden, referidas a una organización. En ese sentido la diversidad aparece a la vez como resultado y como origen de la organización ecológica. La diversidad de la vida ha creado las condiciones de aparición y de funcionamiento de las interacciones que caracterizan la organización ecológica, organización que, a su vez, diversifica aún más la vida, en un bucle continuo de complejidad/diversificación de los ecosistemas. Por tanto, la diversidad es al mismo tiempo causa y consecuencia de la organización de lo viviente, fruto de la desigualdad y del azar y elemento constituyente del orden. Unidad y diversidad no se contraponen; las propiedades que dan unidad a lo vivo y que caracterizan la lógica de la biosfera existen en cuanto que existe diversidad de componentes y de relaciones en la misma; la complejidad de la Naturaleza se construye así sobre la dialéctica orden-desorden.

Es la variabilidad genética la que permite una óptima adecuación de la vida a los recursos de todo tipo que la mantienen. La diversidad aumenta, frente al cambio de esas condiciones, las posibilidades de supervivencia, mientras que la uniformidad deja a los seres vivos sin respuesta a las perturbaciones de su entorno. De esta forma la diversidad de especies se corresponde con la diversidad de nichos ecológicos existentes.

El origen de la diversidad hay que situarlo en los procesos de cambio progresivo que han determinado la variedad del biotopo, en la capacidad de adaptación propia de los seres vivos, y, en último término, en la capacidad autoorganizadora de la vida. La historia de nuestro planeta y su peculiar disposición respecto del Sol determinan la diversidad de climas, del relieve, de la distribución de las tierras y los mares y de los materiales componentes de la corteza terrestre. La historia de la vida genera una forma de organización, el ser vivo, que tiene como propiedad singular la adaptación al medio, modificándolo con su actuación. De esta forma, el cambio en el biotopo y el cambio en la biocenosis, así como la interacción entre ambos, explican el fenómeno de la diversidad de los ecosistemas, de las especies y de los factores abióticos.

Podemos considerar a cada ecosistema como la expresión de un proceso histórico durante el cual nuevas especies hallan acceso al ecosistema y nuevas manifestaciones aparecen en las especies presentes; proceso en el que las especies compiten por ocupar los nichos ecológicos disponibles y donde se dan múltiples interacciones con todos los otros elementos del sistema, que conducen, siempre provisionalmente, a la admisión o al rechazo del nuevo elemento o de la nueva adquisición.

Todo lo expuesto hasta ahora nos lleva a resaltar la relación entre el concepto de diversidad y los conceptos de **cambio e interacción**. Existe la diversidad porque hay cambio en el biotopo y en la interacción biotopo-biocenosis. La interacción entre las especies es asimétrica (Margalef, 1974) y esa asimetría conduce a una prodigiosa complicación y diversificación que parece estar regulada por las propias posibilidades de vida que puede mantener el planeta en cada lugar del mismo. Hay, por tanto, diversidad en cuanto que hay multiplicidad de recursos disponibles y distintas formas posibles de utilizarlos.

El cambio en los ecosistemas

El carácter activo y dinámico de los sistemas los hace cambiantes en el tiempo. Unas veces los cambios son movimientos (desplazamientos y caídas de cuerpos, velocidad, aceleración, locomoción, transporte de materiales); otras, cambios cíclicos y periódicos (ritmos estacionales, mareas, movimientos planetarios, ciclos del agua, ciclo de las rocas, ciclo vital, ritmos circadianos, ciclos biogeoquímicos, etc.); otras, transformaciones (reacciones, magmatismo, metamorfismo, modelado del relieve, desarrollo, crecimiento, dinámica de poblaciones, sucesión, cambios sociales).

En todos estos casos el concepto de cambio se refiere a aquellas transformaciones que se dan, a lo largo del tiempo, en la organización propia de un sistema. El concepto podría caracterizarse por los siguientes enunciados básicos:

- El cambio es una propiedad común a todos los sistemas materiales.
- La propia configuración de cada sistema material es un producto del cambio, es decir, de la propia historia de ese sistema material.
- En el caso de los biosistemas (y quizás de la conducta humana y del sistema social) el estado presente del sistema se explica por su funcionamiento anterior, de forma que es ese funcionamiento el que crea las condiciones para que se mantenga su propia existencia (autopoyesis, mantenimiento del equilibrio dinámico, autorregulación...).
- Es el juego de las interacciones el que genera el cambio. Sólo en determinadas configuraciones el cambio no produce la desaparición del sistema: en esos casos el cambio pasa a constituir parte de la naturaleza del sistema. La transformación del sistema supone el cambio en las interacciones y en los elementos que interaccionan, dentro de un equilibrio dinámico (equilibrio que se mantiene en el cambio continuo del sistema).

Las transformaciones de los sistemas materiales pueden ser descritas y analizadas en términos de cambios energéticos. La energía está presente en sucesos de toda índole: en el trabajo mecánico, en la sucesión ecológica, en el funcionamiento y evolución de la sociedad, etc...

En cada sistema hay un tipo determinado de interacciones y transformaciones específicas del mismo. Sin embargo, es posible agrupar los cambios atendiendo a diferentes criterios (naturaleza de los sistemas materiales que cambian, nivel de organización que se contempla, naturaleza del cambio...). En concreto conviene distinguir dos componentes en el cambio, determinantes de su naturaleza y utilizables para su clasificación. En ese sentido habría que distinguir entre una componente "cíclica" y otra "histórica" que, según su predominio, caracterizan cambios cíclicos y cambios progresivos (ver figura 7).

De todas formas, cualquier cambio comporta ambas componentes; lo único que habría que considerar en cada caso es el mayor o menor predominio de una u otra.

Según lo anterior, se propone en la figura 8 una tipología, ya reseñada en el diseño de las Ciencias de la Naturaleza del ciclo 12-16 de la reforma educativa andaluza.

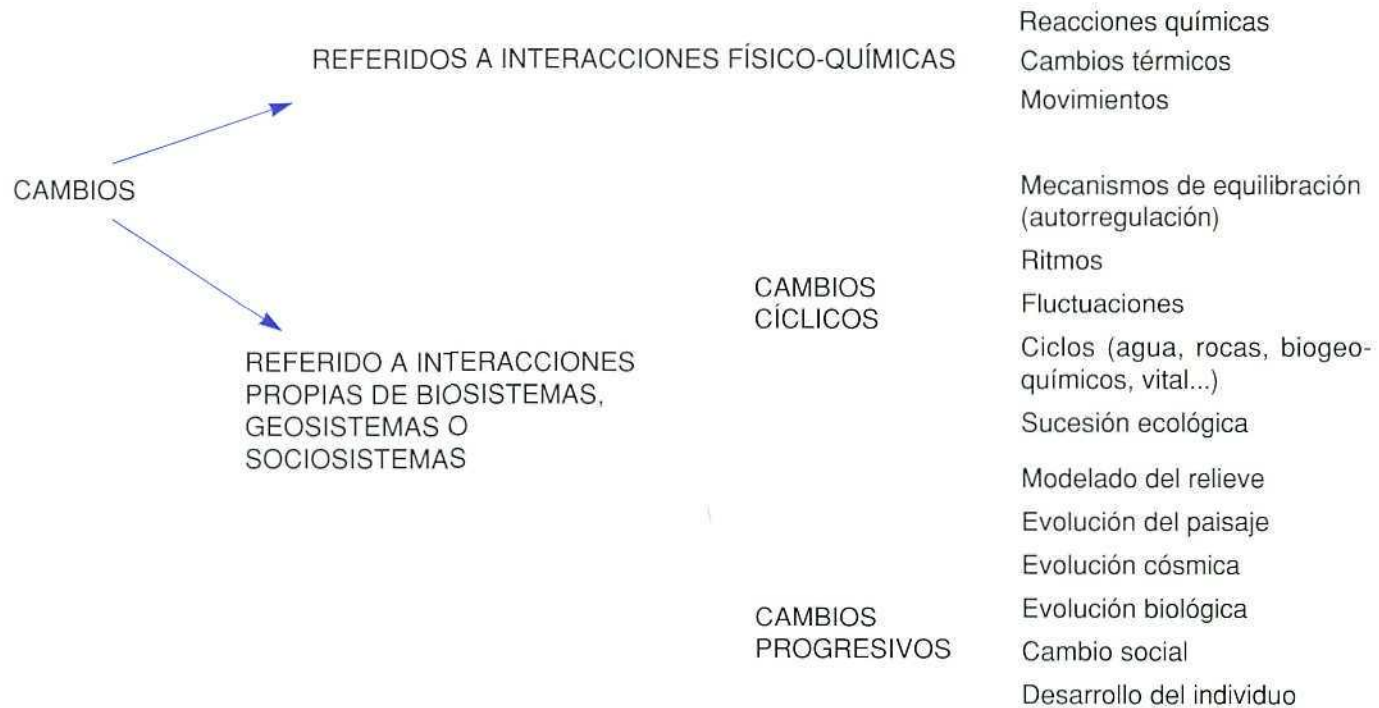


Figura 8. Tipos de cambios

Muy ligados a la idea de cambio aparecen los conceptos de sucesión: esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon, Harper, Townsend, 1988); y el de evolución, entendido como un cambio continuo, abierto, progresivo e irreversible, en el que los sistemas materiales se transforman generando nuevas configuraciones y nuevos sistemas (evolución cósmica, evolu-

ción biológica, evolución social, evolución del conocimiento...). Es característico de estos procesos la acumulación de información en los sistemas (cada nueva configuración supone un aporte de información) basado siempre en intercambios energéticos, intercambios que suponen, en el caso de la biosfera, una "degradación" de la energía lumínica del Sol en otras formas de energía poco utilizables por los ecosistemas, degradación que se compensa en el sentido de determinar un mejor aprovechamiento futuro de la energía solar captada al complejizarse progresivamente la red trófica.

La evolución de los ecosistemas supone un proceso de cambio a la vez aleatorio y determinado (ver lo expuesto en interacción ecológica). La tendencia autoorganizadora existente en los ecosistemas se ve continuamente alterada por eventos imprevisibles y con frecuencia no repetibles (singulares) (Margalef, 1974). De todas maneras podemos decir que en la sucesión se produce una regularidad en el cambio: se pasa de una estrategia vital "simple" (circulación rápida de los materiales, poca biomasa y poca diversidad, rápida degradación de la energía, seres oportunistas y plásticos...) a otra "compleja" (lenta degradación de la energía y uso más eficaz de la misma, retardo en la circulación de la materia, incremento de la biomasa y de la diversidad, progresiva complejización de la red trófica, incremento de la información acumulada en el sistema y, por tanto, potenciación de los mecanismos de regulación y control, seres más especializados...).

Bibliografía

Bibliografía citada en el texto

- ASTOLFI, J. P. (1986): "Approche didactique de quelques aspects du concept d'écosystème". Introduction. *Aster*, 3, 11-18.
- ASTOLFI, J. P., y DROUIN, A. M. (1986): "Milieu". *Aster*, 3, 73-110.
- BEGON, M.; HARPER, J. L., y TOWNSEND, C. R. (1988): *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Omega.
- CANO, M. I., y otros (1990): *Ámbito de Educación Ambiental, Diseño Curricular de la Educación Primaria*. Sevilla: Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.
- CLARKE, G. L. (1980): *Elementos de ecología*. Barcelona: Omega.
- DAGET, P. (1974): *Vocabulaire d'écologie*. Paris: Hachette.
- DAJOZ, R. (1974): *Tratado de ecología*. Madrid: Mundiprensa.
- DROUIN, J. M. (1988): "Un éxito reciente. Historia del concepto de ecosistema". En GIORDAN y, otros, *Conceptos de Biología*, tomo 1. Barcelona: Labor.
- DUVIGNEAU, P. (1978): *La síntesis Ecológica*. Madrid: Alhambra.
- GAGLIARDI, R. (1986): Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (30-36).
- GARCÍA, J. E. (1989): *Diseño curricular de la asignatura Ecología de la Educación Secundaria Obligatoria*. Sevilla: Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.
- GARCÍA, J. E., y otros (1990): "Concepciones de los alumnos relativas al concepto de interacción ecológica. Informe preliminar de una investigación en curso". *Actas de las VII Jornadas de Estudios sobre la Investigación en la Escuela*. Sevilla.
- GARCÍA, J. E., e IGNACIO, M. J. (1991): "Concepciones de los alumnos relativas a conceptos básicos en Educación Ambiental". *Actas de las I Jornadas de Educación Ambiental en Centros Educativos*. Granada.
- GARCÍA, J. E., y RIVERO, A. (1991): "Aproximación a los contenidos conceptuales de la Educación Ambiental desde la perspectiva ecológica". *Actas de las I Jornadas de Educación Ambiental en Centros Educativos*. Granada.
- GIORDAN, A., y SOUCHON, C. (1991): *Une education pour l'environnement*. Nice: Z'Editions.

-
- GÓMEZ-GRANELL, C. (1988): "Interacción y Educación Ambiental: representaciones infantiles". En MORENO M. *et al.*, *Ciencia, aprendizaje y educación*. Barcelona: Laia.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. (1981): *Ecología y paisaje*. Madrid: Blume.
- HANNOUN, H. (1977): *El niño conquista el medio. Actividades exploradoras en la escuela primaria*. Buenos Aires, Kapelusz.
- HERNÁNDEZ, J. E. (1975): *Principios básicos de Ecología*. Madrid: Universidad Politécnica.
- HERNÁNDEZ, R., y MERCADO, I. (1991): "La entrevista cualitativa como base de información previa a la elaboración de materiales de Educación Ambiental". *Actas de las I Jornadas de Educación Ambiental en Centros Educativos*. Granada.
- HOCES, R. (1990): *Interacción ecológica*. Unidades didácticas de Ciencias de la Naturaleza. CEP de Granada.
- KORMONDY, E. J. (1973): *Conceptos de ecología*. Madrid: Alianza.
- KREBS, C. (1986): *Ecología*. Madrid: Pirámide.
- MAC NAUGHTON, S. J. (1984): *Ecología general*. Barcelona: Omega.
- MARGALEF, R. (1974): *Ecología*. Barcelona: Omega.
- MARGALEF, R. (1978): *Perspectivas de la teoría ecológica*. Barcelona: Blume.
- MARGALEF, R. (1980): *La biosfera, entre la termodinámica., y el juego*. Barcelona: Omega.
- MORIN, E. (1986): *El Método I: La naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1987): *El Método II: La vida de la Vida*. Madrid: Cátedra.
- MORIN, E. (1988): *El Método III: El conocimiento del Conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- ODUM, E. P. (1972): *Ecología*. México: Interamericana.
- PEÑUELAS, J. (1988): *De la biosfera a la antroposfera*. Barcelona: Barcanova.
- ROSNEY, S. de (1977): *El macroscopio: hacia una visión global*. Madrid: A.C.
- TERRADAS, J. (1971): *Ecología hoy*. Barcelona: Teide.
- UNESCO/PNUMA. *Informes Finales de las Conferencias Intergubernamentales sobre la E. A.* (Tbilisi, 1978 y Moscú, 1987). París: editados por la UNESCO.
- YUS, R. (1989): ¿Una educación ambiental sin base conceptual? *II Jornadas Andaluzas de escuela y medio ambiente*, Matalascañas (Huelva).
- YUS, R. (1989): "El aprendizaje de la ecología". *Cuadernos de Pedagogía*, 175, 42-45.

Bibliografía recomendada

ASTOLFI, J. P. (1986): "Approche didactique de quelques aspects du concept d'écosystème". Introduction. *Aster*, 3, 11-18.

Referencia básica para profundizar en el apartado relativo a los niveles de formulación del concepto. En gran medida lo propuesto en el documento sigue las pautas marcadas por este trabajo.

CANO, M. I., y otros (1990): *Ámbito de Educación Ambiental, Diseño Curricular de la Educación Primaria*. Sevilla: Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.

Este diseño incorpora a la Educación Ambiental planteamientos y desarrollos que, hasta ahora, eran propios de la didáctica de las ciencias: tramas conceptuales, conceptos estructurantes, niveles de formulación de los contenidos, etc. También es útil como una primera aproximación a los fundamentos y objetivos de la Educación Ambiental.

DROUIN, J. M. (1988): *Un éxito reciente. Historia del concepto de ecosistema*. En Giordan y otros, *Conceptos de Biología*, tomo 1. Barcelona: Labor.

El trabajo de Drouin constituye una excelente aproximación a la historia del concepto ecosistema, aunque desarrolla poco la perspectiva sistémica del mismo. Es un material muy interesante a la hora de establecer el proceso didáctico que facilita la construcción del concepto, siempre que admitamos que hay una correspondencia entre la evolución de las ideas en la historia del pensamiento científico y en el desarrollo del individuo.

MARGALEF, R. (1974): *Ecología*. Barcelona: Omega.

De entre los diferentes tratados de ecología citados en el documento, creemos que la obra de Margalef es un clásico, recomendable para profundizar en las formulaciones más actuales de los conceptos ecológicos.

MARGALEF, R. (1978), *Perspectivas de la teoría ecológica*. Barcelona: Blume.

MARGALEF, R. (1980), *La biosfera, entre la termodinámica... y el juego*. Barcelona: Omega.

Estas dos obras resultan de lectura imprescindible si se quiere profundizar en la perspectiva sistémica de la noción de ecosistema. Al respecto, ayudan a situar dicho concepto en relación con otros conceptos estructurantes: sistema, entropía, energía, información, retroalimentación, etc.

MORIN, E. (1987): *El Método II: La Vida de la Vida*. Madrid: Cátedra.

Sin lugar a dudas, el libro de Morin constituye una aportación básica a la epistemología de la biología. Su lectura ayuda a resituar, en una nueva concepción compleja del mundo, conceptos que como los de interacción ecológica o ecosistema, utilizamos frecuentemente, sin aprovechar de forma suficiente sus grandes posibilidades explicativas de la realidad.

ROSNAY, S. DE (1977): *El macroscopio: hacia una visión global*. Madrid: A. C.

Este librito tiene la cualidad de presentar, de forma accesible a cualquier lector, la perspectiva sistémica y sus implicaciones en diversos campos del saber y de la actividad humanos.

TERRADAS, J. (1971): *Ecología, hoy*. Barcelona: Teide.

De forma sencilla y amena se exponen los conceptos más básicos de la ecología. Libro especialmente recomendable para una iniciación en dicho campo.

Yus, R. (1989): "El aprendizaje de la ecología". *Cuadernos de Pedagogía*, 175, pp. 42-45.

Este artículo sintetiza diversas aportaciones relativas a las concepciones que tienen los alumnos sobre los conceptos ecológicos. Reivindica también un mayor protagonismo de lo conceptual en la Educación Ambiental.

Diversos textos delimitan el campo de los fines y principios propios de la E. A., lo que nos puede ayudar a caracterizarla como un principio didáctico que articula y orienta las decisiones curriculares respecto a los contenidos y la metodología. De entre ellos seleccionamos los siguientes, como marco de referencia apropiado para una didáctica del concepto ecosistema:

CAÑAL, P.; GARCÍA, J. E., y PORLÁN, R. (1985): *Ecología y escuela*. Barcelona: Laia.

MARCEN, C. (1989): *La Educación Ambiental en la escuela*. Zaragoza: I. C. E. de la Universidad de Zaragoza.

NOVO, M. (1985): *Educación Ambiental*. Madrid: Anaya.

TERRADAS, J. (1979): *Ecología y Educación Ambiental*. Barcelona: Omega.

ACTIVIDADES

Sugerencias sobre actividades a realizar con los profesores asistentes al curso de actualización científica y didáctica

Para trabajar el documento se podría seguir un guión similar al siguiente:

- 1) Presentación de la problemática, con especial referencia a la perspectiva epistemológica (sistemismo) y psicológica (constructivismo) que constituyen el marco de referencia que se adopta. En todo caso, habría que contextualizar el documento, en el sentido de que es una de las hipótesis de trabajo posibles.
- 2) Detección de las concepciones de los asistentes al curso, mediante un breve cuestionario anónimo, relacionadas con los conceptos propios del campo conceptual tratado en el documento. Convendría que primero se realice una explicitación individual, para luego abrir un debate en pequeño y en gran grupo en el que se muestren los acuerdos y desacuerdos existentes. A continuación se pueden categorizar las respuestas, elaborándose así un esquema con los distintos niveles de formulación obtenidos para dichos conceptos. En este punto habría que tener en cuenta las dimensiones y los criterios utilizados en el documento.

A modo de ejemplo de cuestionario se reseña el que elaboramos para el Curso de Educación Ambiental realizado este año en Valsáin:

Cuestionario

1. Comenta la frase " los animales herbívoros necesitan de las plantas para vivir, pero las plantas no necesitan de los animales".
2. Indica tres ejemplos de relaciones entre seres vivos. Procura que dichos ejemplos sean muy diferentes entre sí.
3. Muestra tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes definiciones de ecosistema:
 - El conjunto de lo vivo y de lo no vivo presente en un cierto lugar.
 - Los organismos que viven en un cierto hábitat.
 - El conjunto de todo lo que nos rodea.
4. ¿Qué opinas de la afirmación "el agua se puede considerar contaminada cuando ya no puede ser utilizada por los seres humanos"?
5. Habrás observado en alguna ocasión como se produce la germinación de una semilla. ¿Qué es lo que causa la germinación?
6. Comenta la frase "es el medio físico el que, en último término, determina las características de los seres vivos presentes en un determinado lugar".

-
7. Lee detenidamente la lista de seres vivos que aparece a continuación y señala las relaciones posibles entre los mismos.

Hongos	Vacas	Pinos	Hierbas
Águilas	Conejos	Pulgas	Buitres

8. Determinada especie de águila se alimenta, sobre todo, de conejos. El que en un cierto momento disminuya fuertemente el número de águilas ¿podrá influir en la abundancia de hierba?
9. Es frecuente observar como las garcillas van siguiendo las líneas de surcos que deja un tractor cuando está arando un campo. También se puede ver cómo las garcillas buscan pequeños animales entre los terrones de tierra recién levantados por las cuchillas del tractor. Comenta las relaciones que aparecen en esa situación.
- 3) Contraste de los resultados obtenidos con los datos sobre concepciones del pensamiento cotidiano y científico presentes en el documento. A partir del mismo se podría elaborar una propuesta global de niveles de formulación por parte de todos los asistentes. Para este momento sería conveniente tener disponible materiales de consulta como los indicados en la bibliografía.
- 4) Aplicación de esa propuesta al análisis de libros de texto en los que aparezcan los conceptos trabajados. También podrían analizarse otros recursos didácticos.
- 5) Establecimiento de conexiones entre el trabajo realizado y los resultados obtenidos en otros módulos, sobre todo en lo que se refiere al diseño de materiales curriculares centrados en el tópico "ecosistema".



Referencias para una consulta

Disciplina: Geología

Ana María Alcalde de Oñate

Índice

1. Geología ambiental	91
Mapas	92
Audiovisuales	93
2. Tectónica de Placas	95
Mapas	97
Audiovisuales	98
3. Geología de España	99
Mapas	100

1

Geología ambiental

Las Ciencias del Medio Ambiente están experimentando en los últimos años un gran desarrollo en los países occidentales. El retraso de nuestro país en este tema es consecuencia, entre otras cosas, de la falta de profesionales y de la escasa importancia que estas materias tienen actualmente en todos los niveles del Sistema Educativo. Por ello, la Geología ambiental, que es parte integrante de las Ciencias ambientales, debe ser uno de los objetivos prioritarios en actualización. En este sentido, conviene recordar que hay diversos organismos de la Administración que tienen publicaciones muy interesantes y de diversos tipos: divulgación específica para ingenieros, etc., como son: M. O. P. T., C. E. O. T. M. A. (Ministerio de Obras Públicas, Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente), I. T. G. M. E. (Instituto Tecnológico Geo-Minero de España), Comunidades Autónomas, Ayuntamientos, Departamentos de la Universidad, etc.

Geología Ambiental. Coordinador, AYALA CARCEDO. I. T. G. M. E. 1988.

Se trata de un conjunto de monografías que forman parte de un curso sobre Geología ambiental. Destacamos el trabajo de la introducción que hace referencia a conceptos básicos de medio ambiente y ordenación del territorio y los dedicados a gestión de recursos, riesgos geológicos, corrección de impactos y cartografía geoambiental.

Riesgos geológicos. Serie: Geología ambiental. I. T. G. M. E. 1988.

Los primeros temas son de introducción general; a continuación, estudios de varios especialistas de distintos riesgos geológicos. En general tratan los riesgos en nuestro país y contienen tablas, dibujos, esquemas, fotografías, etc., muy clarificadores. Resulta interesante y de fácil lectura.

Geología y Medio Ambiente. Serie: Monografías. M. O. P. U., C. E. O. T. M. A., 1981.

Conjunto de monografías de diversos especialistas. Las primeras tratan aspectos generales y de planificación; el resto trata los recursos, los riesgos y los impactos sobre el medio.

Estabilidad de taludes y laderas. J. COROMINAS (editor). Sociedad Española de Geomorfología. N.º 3. Barcelona, 12-15 de junio de 1989.

Monografías que forman parte de un curso en el que intervienen varios especialistas. Aunque la mayor parte de ellas son muy específicas, destacamos la primera, que trata de la clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera.

Residuos radiactivos. A. L., IÑARRA, Unidades temáticas ambientales de la D. G. M. A., M. O. P. T., 1989.

La introducción y el capítulo siete tratan el problema de los residuos radiactivos y las expectativas para su resolución; el tercero y cuarto, su procedencia y clasificación.

Avenidas e inundaciones. Unidades temáticas ambientales, D. G. M. A., M. O. P. T., 1987.

Mapas de riesgos, ordenación del territorio. El último capítulo trata la metodología de estudio y gestión de un área susceptible de avenidas. Muy claro.

Contaminación de las aguas subterráneas. LÓPEZ VERA, R., M. O. P. T., 1991.

Trata la contaminación de las aguas subterráneas en España.

Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. M. O. P. T., 1989.

Erosión y desertificación en España. I. T. G. M., 1989.

Divulgativo. Esquemas y fotografías muy clarificadoras.

Dossier: La previsión de las erupciones volcánicas. Varios autores. Mundo Científico, n.º 56, 1986.

Mapas

Atlas geocientífico del medio natural. I. T. G. M. Serie: Medio Ambiente, 1988.

Se han publicado los siguientes: Alicante, Almería, Burgos, La Coruña y Madrid.

Se trata de un estudio global del medio físico necesario para evaluar impactos y adecuar las demandas humanas a las posibilidades y equilibrio de los mismos. Hay que destacar que los textos que incluyen son claros y bien ilustrados con esquemas, bloques-diagrama y fotografías. Hacen estudios generales sobre: geología, fisiografía, recursos, vegetación, geotecnia, energías renovables, arqueología, recursos geoculturales y espacios protegidos. También tratan los procesos activos en el medio geológico: peligrosidad e impactos. La última parte la constituyen mapas a escala 1:500.000 o 1:400.000, que tratan los temas del texto.

Mapa nacional del Karst (Hundimientos naturales del terreno, filtraciones de embalses). Escala 1:1.000.000. I. T. G. M. E., 1986.

Mapa geotécnico general (Condiciones de cimentación). Escala 1:100.000. I. T. G. M. E., 1973-1974.

Mapa geotécnico de la España Peninsular, Baleares y Canarias. Escala 1:1.000.000. I. T. G. M. E., 1980.

Audiovisuales

Vídeo. *La Tierra Viva*. Edita el I. T. G. M. E., 1988.

Treinta minutos de duración. Dedicado al impacto de los procesos externos e internos y su prevención. Especialmente interesante por centrarse en nuestro país.

Vídeo. *La Tierra y el Hombre*. 1990. I. T. G. M. E.

Treinta minutos de duración. Trata la Geología ambiental desde el punto de vista de la planificación y ordenación del territorio. Imágenes muy buenas de nuestro país.

Diapositivas. *Guía didáctica y colección de 125 diapositivas sobre riesgos geológicos*. 1987. I. T. G. M. E.

Ejemplos de riesgos geológicos en nuestro país. La guía didáctica tiene explicaciones claras ilustradas con esquemas y dibujos.

Diapositivas. *Guía didáctica y colección de 125 diapositivas sobre Geología y Medio Ambiente*. 1988. (I. T. G. M. E.).



Tectónica de Placas

La mayor parte de los procesos geológicos se explican actualmente en el marco de la Teoría de la Tectónica de Placas, por lo que es imprescindible conocer los puntos más importantes del nuevo paradigma que surgió en los años sesenta. La formulación de la Teoría de la Tectónica de Placas determinó que durante los años setenta y ochenta se desarrollasen muchas e importantes investigaciones en torno a este tema, que cristalizaron en numerosas publicaciones. Para este trabajo de actualización se han elegido algunos textos generales o de divulgación y artículos de las revistas *Mundo Científico e Investigación y Ciencia* (sólo los más generales en este caso). Para profundizar en diversos aspectos de la Teoría, también se incluyen audiovisuales porque son importantes para ayudar a visualizar muchos fenómenos.

Procesos internos. ANGUITA VIRELLA, F., y MORENO SERRANO, F. Ed. Edelvives Universidad.

Se trata de un texto muy general y básico que puede ser útil para los que tengan poco conocimiento sobre la Tectónica de Placas y fenómenos internos asociados.

La Tierra en movimiento. GRIBBIN. Ed. Salvat, Biblioteca Científica. 1987.

Texto muy claro, de divulgación.

El origen de los continentes y océanos. WEGENER. A. Pirámide. 1983.

Es interesante conocer la T. de la Deriva continental como punto de partida de la Tectónica de Placas y la comparación que se establece en el epílogo con ésta.

Geología de los márgenes continentales. G. BOILLOT. Masson, 1984.

Trata los procesos que tienen lugar en los distintos tipos de bordes continentales. Se debe incluir en profundización.

Plate Tectonics. How it Works. COX, A., y HART, R. B. 1986.

Se trata de un texto práctico que trata la resolución de problemas: movimientos de las placas, velocidad de desplazamiento, etc.

Mundo científico

El nacimiento de la corteza oceánica. JULEAU, T. Mundo Científico, n.º 1, págs. 27 a 30, (1981).

Los márgenes continentales pasivos. MONTADERT, L. Mundo Científico, n.º 17, págs. 840-853, (1982).

Describe los márgenes pasivos en el marco de la Tectónica de Placas y los tipos de estudio que se desarrollan para conocerlos (sísmica, sondeos). Trata también su origen y la relación con los yacimientos de petróleo.

Kaiko: la exploración de las fosas del Japón, LALLEMAND, Mundo Científico, n.º 65 (1987).

Investigación con sumergibles en la fosa del Japón. Subducción de sedimentos, volcanes, cadenas de montañas, etc.

La obducción. MICHARD, A. M. Mundo Científico, n.º 69, págs. 409-501 (1987).

La introducción trata de forma general la Tectónica de Placas. Estudia las ofiolitas y serpentinitas en cadenas montañosas antiguas. Hipótesis sobre las condiciones en que se produce la obducción basadas en el estudio de Omán.

Los fondos submarinos del tercer tipo. BOILLET, G. Mundo Científico, n.º 76 (1988).

Explica la apertura de los fondos oceánicos según la Tectónica de Placas; critica algunos de sus aspectos tras la investigación de la corteza al oeste de Galicia, de tipo "intermedio".

En busca de los volcanes perdidos. LALLEMAND, S. Mundo Científico, n.º 80, págs. 560-562 (1988).

Trata la desaparición por subducción de los volcanes oceánicos bajo una capa continental como Japón.

Los prismas de acreción. MASCLE, A. Mundo Científico, n.º 98, págs. 36-46 (1990).

Explicación de la formación de los prismas de acreción que se generan cuando los sedimentos que tapizan los fondos oceánicos no son subducidos con aquéllos y se forman relieves positivos muy deformados.

Investigación y Ciencia

Deriva continental y tectónica de placas. Selecciones del Scientific American. Ed. Blume (1974).

Aunque hoy consideramos que está en gran parte superado, constituyó un importante acontecimiento en el momento de su aparición. El conjunto de monografías que contiene explicaron y explican muchas de las características de la Tierra que determinan o pueden ser explicadas en el marco de la Teoría de la Tectónica de Placas.

Dinamismo terrestre. Número especial de Investigación y Ciencia. Noviembre de 1983.

Se trata de un conjunto de artículos que tratan diversos aspectos del Dinamismo terrestre. Destacamos dos de ellos: "La corteza oceánica", de Francheteau, J., y "La corteza continental", de Burchfield Clark, B. Ambos son muy generales y no excesivamente complicados; tratan métodos de estudio, estructura, evolución de la corteza, etc.

La Tierra. Estructura y dinámica. Selección e introducción de AGUSTÍN UDIAS. Libros de Investigación y Ciencia. 1987.

Selección de artículos de Investigación y Ciencia en la que el núcleo lo constituye el monográfico de noviembre de 1983 citado anteriormente. Especial interés los artículos del tercer bloque no incluidos en el monográfico anterior.

El crecimiento de Norteamérica. COREY, P., y BECK, M. Investigación y Ciencia, n.º 76, págs. 30-49.

Explica el crecimiento continental por acreción debido a la tectónica de microplacas (litosferoclastos).

La historia del Atlántico. SCLATER, J. G., y TAPSCOTT, C. Investigación y Ciencia, págs. 92-105. Agosto 1979.

Explicación clara e ilustrada con mapas y bloques-diagrama.

La cresta de la dorsal del Pacífico Oriental. MACDONALD, K. C., y LUYENDIK, B. P. Investigación y Ciencia, páginas 56-71. Julio 1981.

Sencilla explicación de la Tectónica de Placas en la introducción. Investigaciones geofísicas y con sumergibles.

La rotura de los continentes. BONATTI, E. Investigación y Ciencia. Mayo, 1987.

Artículo muy claro sobre la fracturación de la litosfera formando valles de fractura y su evolución posterior.

El ciclo del supercontinente. DAMIAN NANCE, R., y otros. Investigación y Ciencia. Septiembre, 1988.

Relaciona las roturas de los continentes con las variaciones climáticas y con la diversidad biológica y su evolución.

Revista *Querqus*

Actividad sísmica en la cuenca mediterránea. MELÉNDEZ HEVIA, I. Diciembre, 1990.

Artículo divulgativo sobre la pasada, la presente y la futura emersión del Mediterráneo.

Mapas

Mapa del fondo de los océanos. Hachette. Guides Bleus. París.

Audiovisuales

Planeta Tierra. IBM.

Varios capítulos de unos cincuenta minutos de duración. Episodio n.º 1: *La máquina viviente*. Episodio n.º 4: *Historia de otros mundos*. Es una ampliación de conocimientos sobre la Tectónica de Placas estudiando los cuerpos del S. Solar e impactos en la Tierra, hipótesis sobre la extinción de dinosaurios, etc. Episodio n.º 5: *Regalos de la Tierra*. Relación de los recursos minerales y energéticos con la Tectónica de Placas.

Planeta viviente. ATTEMBOURG, D.

Capítulo n.º 1: *Los hornos de la Tierra*. Duración, 45 minutos.

Volcán: Nacimiento de una montaña. Áncora, EBB.

Diapositivas: *Procesos internos*. M. E. C.

Colección de diapositivas que comprenden fotografías, dibujos y esquemas muy claros y actualizados.

3

Geología de España

Para iniciarse en el conocimiento de la variadísima Geología de nuestro país conviene comenzar consultando textos generales, por ejemplo: enciclopedias (tomo "Geología" de "Historia Natural", Ed. Carroggio), libros de texto de Geología General (Agueda y otros, de Ed. Rueda o Meléndez-Fuster) e incluso libros de texto de Geología de C. O. U., pues aunque existen numerosísimas publicaciones sobre la Geología de España, son, en la mayor parte de los casos, muy específicas y referidas a regiones concretas.

Para una posterior profundización en la que interesen temas concretos de Geología regional se pueden consultar diversas publicaciones que contienen comunicaciones y ponencias de reuniones y congresos y que por ser muy específicas y variadas no podemos incluir en este trabajo. Entre ellos citamos: *Cuadernos de Geología Ibérica*. U. C. M. *Reunión sobre Geología del oeste peninsular*. U. C. M. *Triásico y Pérmico de España*, etc.

Sin embargo, sí se incluyen mapas en este trabajo porque son elementos indispensables y que siempre debemos tener próximos cuando estamos informándonos acerca de la Geología de una zona más o menos amplia.

Geología de España. Libro jubilar de J. M. Ríos. I. T. G. M. E., 1983.

Compendio de monografías en tres volúmenes, elaboradas por geólogos de distintas especialidades y que tratan diversos aspectos de la Geología de España con distinto nivel de profundidad. Para la actualización deben de tenerse en cuenta los trabajos más generales, contenidos en los tomos I y II (el tomo III es más específico), que son los introductorios a los distintos apartados, y los que se refieran al entorno del que los consulta.

Historia geológica de España. MELÉNDEZ, I., *Quercus*, n.º 41. Julio, 1989.

Historia geológica de la Península en el marco de la Teoría de la Tectónica de Placas y en relación con el registro fósil.

Mapas

Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Escala 1:1.000.000. I. T. G. M. E., 1980.

Los mapas son el elemento indispensable de consulta en el estudio de la Geología de cualquier zona porque aportan una gran cantidad de información referida a un lugar concreto más o menos extenso. El hecho de que esta información se presente superpuesta dificulta la comprensión si no se hace una lectura cuidadosa y organizada de los datos. A partir del mapa geológico de España se puede obtener gran cantidad de información acerca de distintos aspectos de la Geología: litología (España silíceo y calcáreo, etc.), edad de los materiales, direcciones estructurales, etc.

Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. I. T. G. M. E. Escala 1:1.000.000, 1980.

En este mapa aparecen netamente diferenciadas las distintas áreas estructurales de la Península: macizo hercínico, cordilleras alpinas y cuencas sedimentarias. Aparecen también las principales direcciones estructurales hercínicas y alpinas y los sistemas de fracturas cenozoicas que pueden relacionarse con las que afectan a Europa y a Norteamérica con el fin de establecer los procesos evolutivos de la Península.

El mapa se acompaña de un texto que describe las grandes unidades estructurales. Informa acerca de las condiciones de formación de las rocas que se encuentran en cada uno de los dominios y subdominios estructurales y hace un estudio de la tectónica de fractura a lo largo del tiempo.

Mapa del Cuaternario de España. I. T. G. M. E. Escala 1:1.000.000, 1989.

Divisiones del Cuaternario de la Península, geomorfología y modelado. La memoria que acompaña al mapa explica la Geología de España en el contexto de la Tectónica de Placas.

Mapa geológico de España y Portugal. Ed. Paraninfo. Escala 1:1.250.000.

Aunque se trata de una edición muy antigua, tiene la ventaja de ser muy cómodo por la forma en que está plegado y además contiene en el reverso una explicación general de la geología regional de España y Portugal.

Mapa de síntesis geológica. I. T. G. M. E. Escala 1:200.000, 1971-1972.

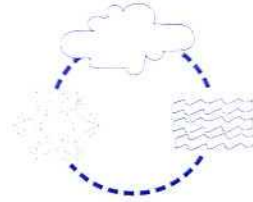
Los mapas de esta escala ayudan a conocer los grandes rasgos de la Geología de una región. Se acompañan de una memoria que trata la Estratigrafía, Tectónica y Geología Histórica.

Mapa geológico nacional, 2. Serie, 1.ª edición (MAGNA) 1973-1989. I. T. G. M. E. Escala 1:50.000.

Estos mapas son imprescindibles cuando se hacen salidas al campo, aunque todavía no están publicados en toda España. También se acompañan de una memoria que contiene los mismos apartados que en el caso anterior.

Mapas geológicos provinciales. I. T. G. M. E. Escala 1:200.000, 1964-1969.

Solamente se han publicado los de algunas provincias, entre ellas: Almería, Cádiz, Canarias, Guipúzcoa, La Coruña, Lérida, Madrid (agotado), Salamanca y Valencia.



Referencias para una consulta

Disciplina: Biología

Nicolás Rubio Sáez

Índice

Introducción	105
1. Diversidad y unidad de los seres vivos	107
2. La Educación para la Salud	111
3. Vídeos	113

Introducción

Esta breve bibliografía comentada está concebida como un material de apoyo, que pretende descubrir al profesor de Enseñanza Media (Secundaria) algunos libros que pueden haberle pasado inadvertidos en su actualización bibliográfica.

Se citan a grandes rasgos las áreas en donde podrán ser utilizados. Lejos de nuestra intención dar una guía de aplicación para apartados, temas o niveles concretos, que, por otra parte, cada profesor verá claros al ojear los textos comentados y realizar sus programaciones.

Algunos de los libros no están seleccionados según el conocido "para saber más", sino "para saber otras cosas útiles", o "para saberlas de otra manera". También se citan referencias sobre vídeos didácticos.



Diversidad y unidad de los seres vivos

Utilizamos el título del bloque 6 del Decreto de Currículo (B. O. E. 13 de septiembre de 1991) para englobar la bibliografía referida a la clasificación de los seres vivos, aspectos sobre botánica y zoología (modelos de organización, anatomía, funciones, etc.), sobre la célula como unidad de los seres vivos y biotecnología.

Cinco reinos: Guía ilustrada de los phyla de la vida en la Tierra. L. MARGULIS y K. SCHWARTZ. Ed. Labor, 1985 (1.ª edición).

El libro de Margulis y Schwartz (1.ª edición inglesa en 1982) actualiza con gran claridad la clasificación de los organismos, pasando revista a los *phyla* que constituyen los cinco Reinos en que se clasifican los seres vivos: Moneras, Protoctistas, Hongos, Plantas y Animales.

A este respecto es muy interesante y complementario el artículo "*El origen de las células eucariontes*". L. Margulis y D. Sagan Mundo Científico, n.º 46. Abril, 1985.

En este artículo se exponen los argumentos a favor de la teoría del origen endosimbionte de mitocondrias y cloroplastos. Sus cuadros de las características de procariontes y eucariontes y el de los cinco Reinos son muy válidos para el aula.

La célula viva. CHRISTIAN DE DUVE. Biblioteca Scientific American. Ed. Labor, 1988.

El autor plantea los contenidos, tras una introducción histórica, como una serie de hipotéticos itinerarios que realiza un citonauta por los alrededores y superficie de la célula, el citosol y los orgánulos citoplasmáticos y el núcleo.

Todo el texto está salpicado de analogías (la industria exportadora de la célula, músculos y huesos de la célula, etc.) que aportan multitud de ideas para aplicar en el aula. Se introduce el modelo (concepto) de unidad oxifós, generador universal de energía, para explicar los intercambios de ésta en las reacciones celulares.

La aventura del ser vivo. La fascinante saga de la biología: ¿Qué es la célula? JOEL DE ROSNAY. Ed. Gedisa, 1990.

Éste no es estrictamente un libro de estudio y, sin embargo, es sumamente práctico para el proceso de enseñanza-aprendizaje en los niveles medios. Su característica es aportar ideas y enfoques alternativos a temas clásicos, de difícil comprensión.

Atlas de Biología celular. J. C. ROLAND Y A. y D. SZÖLLÖSI. Toray-Masson, 1976.

Pese a su relativa antigüedad, este libro de 120 páginas sigue siendo imprescindible para la interpretación de micrografías electrónicas celulares. Las fotos llevan signos aclaratorios superpuestos y hay un buen número de dibujos complementarios.

Herramientas vitales: hacia una nueva Biología. Museu de la Ciència de la Fundació Caixa de Pensions. 1989.

Este libro/folleto describe de forma muy sencilla y esquemática (de inmediata aplicación en el aula) las técnicas y aplicaciones de la nueva Biología, tales como: el sistema inmunitario, las infecciones o el cáncer.

Biotecnología para todos. HOBSONS SCIENTIFIC, 1991. Distribuido por el servicio de Publicaciones del C. S. I. C.

Tras la lectura de este cuaderno, cualquier profesor de Ciencias Naturales podrá tener perfectamente claras las ideas básicas y los cambios de acción de esta nueva rama de la Biología. Son de destacar los excelentes esquemas.

Un glosario para no iniciados completa la obra.

Biotecnología. S. PRENTIS. Biblioteca Científica Salvat, n.º 67, 1989.

Este texto es un documento complementario del anterior. En él se amplían los temas, y su tratamiento tiene una mayor profundidad conceptual. Son de especial interés por su claridad los capítulos referidos a la "Ingeniería genética" y "Biotecnología y enfermedad: prevención, diagnóstico y curación".

El origen de la vida: Evolución química y biológica. A. LAZCANO-ARAÚJO. Col. El Universo de la Biología. Trillas, 1989.

Es una revisión actualizada y organizada para niveles medios, sobre todos los conceptos, procesos y circunstancias históricas del tema. Incluye un capítulo sobre actividades e investigaciones.

Introducción a la Zoología. M. A. MORÓN RÍOS. CECSA, 1989.

Se tratan de forma monográfica, esquemática y clara hechos y conceptos, marginales en otros textos, de alto grado de dificultad comprensiva para nuestros alumnos. Tales son la sucesión de formas animales, su persis-

tencia y diversidad a través del tiempo, la relación forma/función o la influencia de los factores abióticos en los organismos. Los dibujos a línea son fácilmente reproducibles. Incluye glosario y cuestionario de autoevaluación.

Atlas de estructura de invertebrados. FREEMAN & BRACEGIRDLE. Paraninfo, 1982.

Herramienta imprescindible tanto para la selección de contenidos teóricos como para el desarrollo de actividades prácticas. Se pasa revista visual a modelos de protoctistas y animales, desde los protozoos a los hemicordados. Junto a cada fotografía, unos muy buenos dibujos a línea llevan la información sobre las partes y estructuras de cada organismo.

Teoría y problemas de zoología de vertebrados. N. M. JESSOP. Interamericana-McGraw Hill, 1991.

El término Zoología del título está tomado en sentido amplio. El texto abarca desde la taxonomía hasta la ecología, pasando por la fisiología y la etología. Todos los capítulos están redactados en forma de preguntas/respuestas, que son el vehículo para la introducción de los contenidos. Muchos dan respuesta a tópicos que aparecen continuamente en las aulas.

Guía de pescados y mariscos de consumo usual en España. E. DE JUANA y J. R. DE JUANA A. Omega, 1987.

Guía sumamente práctica, tanto en el laboratorio como para actividades fuera del aula en mercados y lonjas. Se describen 288 especies de fácil adquisición para su estudio.

Atlas de estructura vegetal. BRACEGIRDLE & MILES. Paraninfo, 1982.

También esta obra mantiene el formato de fotografías complementadas con un esquema a línea. Se describen ejemplares de moneras, protoctistas, hongos y plantas. Tanto ejemplares como tejidos y órganos.

Biología vegetal. P. H. RAVEN y H. CURTIS. Omega, 1975.

Este libro abarca todos los aspectos de la Botánica desde la citología a la acción del hombre en la Biosfera. Sus numerosos cuadros y esquemas le hacen especialmente útil y de fácil manejo. Las introducciones a cada capítulo los resumen perfecta y aplicablemente de cara al aula. Amplio glosario.

2

La Educación para la Salud

La Educación para la Salud está contemplada en la Reforma como uno de los temas transversales del currículo, ya que sus contenidos aparecen en varios bloques de distintas áreas. En las Ciencias de la Naturaleza se encuentran contenidos concretos en el bloque 7 (Las personas y la salud).

En el actual Bachillerato, en 1.º, C. O. U. y sobre todo en 3.º y en las E. A. T. P., se tratan temas de salud y nutrición.

Los siguientes textos pueden ser interesantes a la hora de seleccionar y secuenciar contenidos de estos temas.

Toohy Medicina. A. BLOOM. Biblioteca de Enfermería. Salvat Editores, 1979.

Este libro de medicina es un texto clásico en los estudios de enfermería, que puede ser de gran utilidad para la Enseñanza Secundaria.

En él se tratan con detalle los factores fisiológicos y patológicos básicos, necesarios para la mejor comprensión de la naturaleza de las distintas enfermedades y sus tratamientos.

Son numerosas las fotos e interesantes los esquemas y diagramas.

Salud ambiental. FRANCISCO PEÑA. Ed. Ciencia 3. Santiago de Compostela, 1990.

Este libro estudia monográficamente algunos de los factores ambientales que pueden tener una incidencia negativa sobre la salud. En palabras del autor, el libro va dirigido *a todos aquellos profesionales interesados en el campo de la Sanidad ambiental (que hoy en día es uno de los pilares básicos y fundamentales de la Salud Pública) para que trabajen en ese gran desafío que se ha planteado la O. M. S.: "Salud para todos en el año 2000"*. Los profesores de Enseñanza Secundaria también tienen algo que decir en este campo.

El libro de la nutrición. PEDRO LÓPEZ ALEGRET. Alianza Editorial, 1990, n.º 1.460.

Este librito de Alianza compendia "todos los conocimientos que se tienen actualmente sobre la nutrición humana". Sus ideas generales sobre: alimentación y nutrición, las necesidades nutritivas en las distintas etapas de la vida y la revisión esquemática (desde el punto de vista nutricional) de los principios inmediatos y minerales, son materiales indispensables a tener a mano al trabajar en el aula con estos temas.

Nutrición y salud. F. GRANDE COVIÁN. Colección ¿Qué puedo hacer? Ediciones "Temas de Hoy", 1988.

Se aportan numerosos datos para aclarar muchas de las ideas alternativas de nuestros alumnos sobre la nutrición. Esa información práctica y útil, que no suele aparecer en los textos técnicos, nos la brinda la experiencia de Grande Covián.

Nutrición, conceptos básicos y aplicaciones. W. L. SCHEIDER. McGraw Hill, 1983.

Libro clásico y básico para buen número de profesores pioneros en estos temas. La enumeración de sus cuatro grandes bloques deja clara la amplitud de los contenidos que trata: nutrimentos que aportan energía; panorama general sobre la energía y su relación con el organismo; nutrimentos de apoyo y nutrición en el ciclo de vida.

Alimentación práctica para el hogar. C. LÓPEZ NOMDEDEU. Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo, 1984.

A pesar del título (o quizás por él), el libro contempla un amplio abanico de temas a un nivel introductorio muy accesible a los primeros cursos de la E. S. O. Incluye modelos de dietas y tablas de composición de alimentos españoles.

3

Vídeos

Son numerosos los vídeos que pueden servir de ayuda a nuestras programaciones de aula, aunque muy pocos se adaptan totalmente a las posibles unidades de los distintos niveles. Sin embargo, son muy válidas secuencias concretas, y como tal banco de ellas podemos destacar:

Vídeos de la Encyclopaedia Britannica Educational

Biovídeo. JILL BAILEY. BBC Education & Training, 1987.

El más completo material desde el punto de vista didáctico en nuestro mercado. Aporta un cuaderno con una guía de uso, guión de imagen/texto, glosario y hojas de trabajo. Se presenta en dos carpetas con dos cintas cada una: Reproducción sexual en los animales —Sentidos animales y La evidencia de la evolución— Introducción a los invertebrados.

Son, sin duda, las mejores fuentes de imágenes accesibles. Están distribuidos por Áncora, Schola y Vídeo y Planeta.

Junto a la casete se incluye un tríptico con los objetivos, puntos básicos a tener en cuenta, preguntas de análisis y discusión y actividades (para antes y después de la proyección).

Los títulos más interesantes son:

Serie Biología General: La célula viva: ADN.

Mitosis.

Meiosis.

Estudio sobre las células.

Serie Zoología: Esponjas

¿Qué es un pez?

Celenterados

¿Qué es un anfibio?

Anélidos

¿Qué es un reptil?

Moluscos

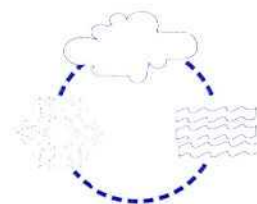
¿Qué es un ave?

Artrópodos

¿Que es un mamífero?

Equinodermos

Otras producciones a destacar son las videofilmaciones que incluyen los vídeos Insectos I y II de *Serveis de Cultura Popular*, en cuya pormenorizada guía se aportan: descripción del contenido, objetivos didácticos, recomendaciones didácticas previas al visionado y para después. Las informaciones complementarias facilitan la labor del profesor durante la proyección. También se incluyen actividades prácticas relacionadas con el tema y una breve bibliografía.



Referencias para una consulta Disciplinas Física y Química

José Antonio Martínez Pons

Índice

1. El Sistema Solar.....	119
2. Contaminación ambiental: Agua y atmósfera.....	125
3. Nuevas energías y aprovechamiento racional de las existentes.....	131
4. Teoría de la relatividad.....	137
5. Macromoléculas y Plásticos.....	141
6. Aspectos físico-químicos de algunas Bellas Artes.....	145
7. Relaciones oscilantes, caos y sistemas dinámicos.....	151

1

El Sistema Solar

El estudio de los astros ha fascinado desde antiguo a los amantes del saber, ya sea por sí, ya para buscar posibles correlaciones entre el comportamiento de éstos y el devenir humano. En los últimos lustros la técnica ha permitido el envío de naves exploradoras hasta los últimos confines de nuestro sistema y ha sido necesario revisar muchos conceptos que se tenían, a la luz de los informes que estas sondas nos han enviado, así como los obtenidos por otras técnicas, como la exploración por radar. Así, se han descubierto, anillos en planetas distintos de Saturno, se han hallado satélites desconocidos en los planetas gigantes, se ha estudiado de cerca la composición y el comportamiento de muchos de los astros de nuestro sistema.

Evidentemente, estos descubrimientos han dejado anticuados la mayoría de textos clásicos, que se impone actualizar.

Existen magníficas revistas especializadas en temas astronómicos, de todos los niveles, desde la divulgación a muy profundas; por citar alguna, *Tribuna de Astronomía*. Sin embargo, se ha buscado una bibliografía para no especialistas entresacando artículos y trabajos entre revistas y libros de alta divulgación, pero no especializados en el tema.

Normalmente las obras dedicadas al estudio del Universo, e incluso los Atlas, suelen incluir un capítulo dedicado, con mayor o menor fortuna, al estudio del Sistema Solar. Sin embargo, por lo dicho más arriba, se impone ser muy cuidadoso con la fecha de edición de las obras.

Libros

Cosmos, Gran Atlas de Salvat. Tomo 5, Barcelona, 1981.

Este tomo se dedica al estudio general del Universo. Sin embargo una buena parte del mismo se refiere al Sistema Solar con muy buenas y sucintas explicaciones de los conceptos fundamentales, un breve resumen histórico de los descubrimientos y las teorías, ampliamente ilustrado con cartografías de la Luna, muy completa y que incluye su cara oculta y de Marte.

El Sistema Solar. ROMAN SMOLUCHOSWSKY. Prensa Científica. Barcelona.

Excelente descripción actualizada y profusamente ilustrada del Sistema Solar, no solamente limitada a éste, sino también al espacio próximo y a los orígenes de la vida, así como la posibilidad de su existencia en otros lugares del Cosmos.

El nuevo Sistema Solar. CAMERON A. G. y otros. Barcelona, 1984.

Puesta al día sobre el Sistema Solar, incluyendo los últimos descubrimientos a la fecha de su publicación. Buena base de datos.

¡Que viene el cometa! CALDER N. Salvat. Barcelona, 1985.

Se trata de un libro iconoclasta, que con gran sentido del humor pero con todo rigor científico, trata el tema de los cometas, su historia y su evolución.

El cometa Halley guía para su observación. J. L. COMELLAS y M. RUIZ. Aula Abierta Salvat. Temas Clave n.º 102, 1986 (2.ª Edición).

Conciso resumen sobre la historia, naturaleza evolución y comportamiento con especial incidencia en el famoso Halley. Puede ser de interés para los aficionados a este tipo de cuerpos astrales, aunque contiene datos que pueden facilitar al observador aficionado, la tarea de localizar puntos de referencia en el firmamento nocturno.

De Saturno a Plutón. ASIMOV, ISAAC. Alianza Editorial, 2.ª Edición. Madrid, 1986.

Con su habitual estilo, casi novelesco, pero con todo rigor, Asimov hace un recorrido de los principales descubrimientos que nos han permitido un conocimiento e interpretación de nuestro sistema, que va describiendo astro a astro.

Estrellas, galaxias y planetas. FAVERO, GIANCARLO. Ediciones generales Anaya. Madrid, 1985.

No se trata de un libro específico sobre el Sistema Solar, al que dedica, no obstante, una buena parte de la obra, sino de una buena introducción a la astronomía, observación astronómica elemental. Contiene excelentes tablas astronómicas e incluso un mapa de la Luna, así como un completísimo glosario de términos astronómicos y relacionados con la astronomía. La traducción del original italiano, de Ana María Márquez, es correcta.

El nuevo Sistema Solar. Selección de RAMON CANAL. Libros de *Investigación y Ciencia*. Prensa Científica. Barcelona, 1985.

Compendio de 17 artículos publicados previamente en *Investigación y Ciencia* que tratan desde el origen del Sistema Solar hasta la descripción de los astros que lo constituyen. Como se ha dicho en casos semejantes, de interés para quienes no poseen la colección de la revista o desean mantener agrupados los artículos en forma monográfica.

Artículos

Investigación y Ciencia

"Sol cambiante". PETER V. FOUKAL, n.º 163. Abril, 1990.

Los campos magnéticos que se crean en la superficie solar manifiestan un astro turbulento y dinámico, cuyas variaciones pueden influir sobre el tiempo meteorológico terrestre.

"Superficie de Venus". R. STEPHEN SAUNDERS, n.º 173. Febrero, 1991.

A partir de fotografías de la sonda "Magellan" se analiza la superficie de Venus y sus especiales características.

"La superficie de Venus". GORDON H. PETTINGIL y otros, n.º 49. Octubre, 1980.

No obstante su relativa proximidad, la superficie de Venus era desconocida por los observadores terrestres, debido a la espesa capa de nubes que envuelve el planeta. Nuevas técnicas, no sólo a la sonda exploradora, sino a radar entre 12 y 70 cm. de longitud de ondas, han permitido en gran parte desvelar el misterio de la superficie del planeta.

"La superficie de Marte". RAYMOND E. ARDIVISON y otros, n.º 20. Mayo, 1978.

Descripción de la superficie de Marte, gracias a los datos tomados por la nave "Viking"

"Io". T. V. JOHNSON y L. A. SODERBLOM, n.º 89.

Descripción del satélite de Júpiter Io, el cuerpo volcánico más activo de nuestro Sistema Solar

"Planetas con anillos". IGNACIO R. FERRIN, n.º 43. Abril, 1980.

Los célebres anillos de Saturno no son privativos de este planeta, sino que también aparecen en Júpiter, Urano y Neptuno.

"Urano". ANDREW P. INGERSOLL, n.º 126. Marzo, 1987.

Las informaciones recogidas por el Voyager 2 permiten un conocimiento mayor de este gigante de color verde-azulado.

"Los satélites de Urano". TERRENCE V. JOHNSON y otros, n.º 129. Junio, 1987.

Complemento del anterior.

"Los satélites de Urano, Neptuno y Plutón". R. H. BROWN y DALE P. CRUIKSHANK, n.º 108. Septiembre, 1985.

Este artículo, escrito cuando Voyager no había llegado a culminar sus objetivos, puede ser una buena introducción a los trabajos escritos con fundamento en los descubrimientos llevados a cabo por estas sondas

"Neptuno". JUNE KINOSHITA, n.º 160. Enero, 1990.

Descripción del planeta Neptuno a la luz de la información enviada por la sonda Voyager 2. Excelentemente ilustrado.

"Plutón". RICHARD P. BINZEL, n.º 167, Agosto, 1990.

Plutón y su gran satélite Caronte, son objeto de este artículo que desvela muchas peculiaridades del noveno planeta.

"El telescopio espacial". J. N. BAHCALL y L. SPITZER JR. n.º 72. Septiembre, 1982.

Una de las formas de evitar la perturbación atmosférica en la exploración astronómica es situar el telescopio fuera de ella, por ejemplo, en un satélite en órbita sobre la Tierra.

"Objetos Apolo". GEORGE W. WETHERILL, n.º 32. Mayo, 1979.

Los objetos Apolo son extraños cuerpos siderales cuya órbita corta la terrestre.

Otros artículos de *Investigación y Ciencia* que completan la información sobre el tema

"Venus en el espejo". Ciencia y sociedad, n.º 185. Febrero, 1992.

"Volcanes y nubes en Venus". RONALD G. PRINN, n.º 104. Mayo, 1985.

"Las fulguraciones solares". J. I. GARCÍA DE LA ROSA, F. HERRERA y M. VÁZQUEZ. n.º 75. Diciembre, 1982.

"La gran mancha roja de Júpiter". AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA, n.º 168. Septiembre, 1990.

"Los satélites galileanos de Júpiter". LAWRENCE A. SODERBLOM, n.º 42. Marzo, 1980.

"Anillos en el Sistema Solar". JAMES B. POLLACK y JEFFREY N. CUZZI, n.º 64. Enero, 1982.

"La búsqueda de vida en Marte". NORMAN H. HOROWITZ, n.º 16. Enero, 1978.

"Fobos y deimós". J. VEVERKA, n.º 7. Abril, 1977.

"El clima en Marte". ROBERT M. HABERLE, n.º 118.

"Los satélites de Saturno". LAURENCE A. SODERBLOM, n.º 66. Marzo, 1982.

"Galileo observa Neptuno". STILLMAN DRAKE y CHARLES T. KOWAL, n.º 53. Febrero, 1981

"Imágenes de radar de la Tierra desde el espacio". CHARLES ELACHI, n.º 77. Febrero, 1983.

"¿Desencadenó una supernova la formación del Sistema Solar?" DAVID N. SCHRAMM, n.º 27.

Mundo Científico

"El Sol de 24 en 24 horas". SERGE KOUTCHMY y JEAN-CLAUDE VITAL, n.º 100. Marzo, 1990.

Muy buen artículo para el estudio del Sol.

"La estructura interna del Sol". G. BETHOMIEU, M. CASSÉ y D. VIGNAUD, n.º 114. Junio, 1991.

Gracias a las nuevas técnicas hoy es posible observar el interior del Sol, obteniéndose conclusiones poco menos que sorprendentes.

"El nacimiento de Mercurio". WILLY BENZ, n.º 111. Marzo, 1991.

Aunque a este pequeño planeta no se le ha dedicado excesiva atención, todo indica que su composición es notablemente diferente de los demás, al estar formado en sus dos terceras partes por hierro. ¿Cómo pudo formarse tan cerca del Sol un planeta de estas características?

"Venus volcanes bajo un cielo naranja". A. REPAIROUX, n.º 17.

"Venus un planeta volcánico". O. G. ISRAEL, n.º 51.

En estos dos artículos se estudia la actividad volcánica del planeta Venus, cuya superficie hasta hace poco era casi desconocida para los observadores de la Tierra, debido a la espesa capa de nubes que recubre el planeta.

"Acometida a la Luna, segundo acto", n.º 99. Febrero, 1990.

Dossier interesantísimo que incluye: "La Luna, veinte años después del Apolo 11" por Philippe Masson y "Proteger la Luna" por Maurice Bonnet. Ambos muy interesantes, pero especialmente el primero por la cantidad de datos que aporta.

"La odisea de Fobos: ¿fracaso o éxito?". C. DE BREG, A. AMMAR e Y. LANGEVIN, n.º 103. Junio, 1990.

No obstante su relativo fracaso, la misión soviética de exploración de Marte ha permitido obtener resultados científicos muy interesantes.

"Dirac, la gravitación y las sondas Viking". A. MAEDER, n.º 39.

En este artículo se aclara el debate suscitado, allá por 1937, por Paul Dirac acerca de la variabilidad en el tiempo de la "constante" de gravitación universal. Al realizar medidas muy precisas de la distancia Tierra-Marte permite fijar los límites de variación de esa constante.

“Geología del planeta Marte”. PHILIPPE MASSON, n.º 55. 1986.

Los datos recogidos por las sondas “Viking” han permitido nuevos conocimientos sobre el planeta rojo.

“Los hielos extraterrestres”. JÜRGEN KLINGER, n.º 41. 1985.

El hielo que existe en lugares del Sistema solar, alejados del sol, donde existen unas condiciones de presión y temperatura adecuadas para que la materia extraterrestre se condense. El estudio de estos hielos proporciona un medio más para la reconstrucción de la historia del Sistema Solar.

“Los pequeños planetas”. Pierre Thomas, n.º 78. Marzo, 1988.

Algunos pequeños cuerpos del Sistema Solar como Mercurio, la Luna, Calixto, Rhea Umbriel, etc., pueden considerarse como planetas fósiles. Sus superficies acribilladas de cráteres, parecen haber permanecido intactas pero no es así. Muchos de ellos tienen una actividad geológica importante, algunos han cambiado de volumen y casi todos de forma. Sin embargo, pueden ser eslabones en la evolución de nuestro sistema.

Otros artículos de *Mundo Científico* que completan la información sobre el tema

“La distancia Tierra-Luna hasta los centímetros”. C. VEILLET, n.º 69. 1987.

“La superficie de la Luna”. Y. LANGEVIN, n.º 21.

“La geología del planeta Marte”. P. MASSON, n.º 55. 1986.

“Un hombre en Marte”. J. E. OBERG, n.º 59. 1986.

“Los asteroides”. Ch. FROESCHLÉ y C. FROESCHLÉ, n.º 66. Febrero, 1987.

“Los anillos de los planetas”. ANDRÉ BRAHIC, n.º 56. 1986.

“Encuentro Voyager-Saturno”. A. BRAHIC, n.º 1.

“Los cometas”. M. FESTOU y P. LAMY, n.º 2.

“Los satélites de Júpiter y Saturno”. P. MASSON y A. BRAHIC, n.º 3.

“Exploración del Sistema Solar: EE. UU. da marcha atrás”. A. REPAIROUX, n.º 5.

“En los confines del Sistema Solar: Plutón y Caronte”. F. MIGNARD y D. BONNEAU, n.º 6.

“El encuentro de Voyager 2 con Saturno”. A. BRAHIC, n.º 10.

“Urano el planeta de los nueve anillos”. B. SICARDY, n.º 23.

“Los asteroides”. C. FROESCHLÉ, n.º 66. 1987.

“El origen de la Luna”. A. BOSS. W. BENZ, n.º 67. 1987.

“Estructura de la cola de los cometas”. JOHN BRANDT, n.º 114. Marzo, 1989.



Contaminación ambiental: Agua y atmósfera

Uno de los temas de mayor sensibilización social es la contaminación de la atmósfera y de las aguas, tanto continentales como marítimas. Pero al mismo tiempo, es uno de los temas más sujetos a informaciones tendenciosas, que envuelven en un halo de ciencia lo que no es sino demagogia, en un sentido u otro. De ahí que el criterio seguido en la selección sea semejante al que se ha tomado en el tema anterior.

Libros

El planeta amenazado. JOHN GRIBBIN (coordinador). Pirámide. Madrid, 1987.

Extensa (367 págs.) recopilación de artículos publicados en el semanario británico *New Scientist* durante los años 1975 a 1985, bajo el título en su edición inglesa *El planeta que respira*, tal vez más descriptivo de su contenido. Se trata de un conjunto de trabajos relacionados con la atmósfera y las agresiones que a ella se hacen, desde un análisis del clima y sus fluctuaciones al impacto de los aerosoles sobre la capa de ozono o al efecto invernadero debido al aumento de la concentración de dióxido de carbono, procurando recoger en todos los temas trabajos de todas las tendencias y opiniones, incluso buscando la confrontación para que, en última instancia, sea el lector quien se forme su propia opinión y al mismo tiempo pueda formarse una idea clara de la evolución en el tiempo de los distintos puntos de vista.

La contaminación acústica. Universitat de Valencia. AMANDO GARCÍA.

Uno de los factores de contaminación ambiental más importante es el ruido. En este trabajo se estudian y analizan las fuentes más importantes de contaminación sonora así como las estrategias más adecuadas, ya sea desde el punto de vista técnico como institucional, para su control.

Artículos

"El agujero del ozono". E. GARCÍA-CONDE. Diario ABC. Madrid, 8 de mayo de 1992.

Aunque no es norma citar publicaciones de la prensa diaria, se cita este artículo puesto que su autor, basándose en información bastante sólida, refuta las tesis, según las cuales, los CFC producidos por la actividad humana son los principales responsables del "agujero de ozono", cuya existencia permanente pone en duda.

Investigación y Ciencia

"El desafío de la lluvia ácida". VOLKER A. MOHNEN, n.º 145. Octubre, 1988.

Una de las formas de contaminación ambiental más lesivas es la lluvia ácida. En este trabajo se estudia su formación y sus efectos basándose en rigurosas medidas. Incluye un apéndice sobre la lluvia ácida en España, original de Manuel Crespo Veigas.

"La protección de la piedra". K. LAL GAURI, n.º 23. Agosto, 1978.

Uno de los efectos más inmediatos de la contaminación química de la atmósfera es el deterioro de la piedra, con la cual se construyeron muchas de las maravillas arquitectónicas del mundo. Existen métodos químicos para retrasar al máximo este deterioro.

"Nubes estratosféricas polares y empobrecimiento de ozono". OWEN B. TOON y RICHARD P. TURCO, n.º 179. Agosto, 1991.

En este trabajo se estudian las causas del agujero de ozono de la Antártida y por qué este agujero se "abre" cada primavera.

"El agujero de ozono en la Antártida". RICHARD S. STOLARSKY, n.º 138. Marzo, 1988.

Interesante trabajo de un modo especial por el análisis químico de los mecanismos por los que los Clorofluocarbonados pueden coadyuvar a destruir la capa de ozono.

"Cambio climático global". RICHARD A. HOUGHTON y GEORGE M. WOODWELL, n.º 153. Junio, 1989.

Los datos recogidos demuestran que la intervención del hombre en la producción de metano y dióxido de carbono han comenzado a alterar el clima global de la Tierra, y, de no tomarse medidas drásticas y urgentes, el problema puede ser gravísimo.

“El monóxido de carbono y la Tierra en llamas”. R. E. NEWELL, H. G. REICHEL y W. SEILER, n.º 159. Diciembre, 1989.

Uno de los contaminantes industriales es el CO; sin embargo, también la combustión de la pluviselva —que como es sabido es la selva que recubre las zonas ecuatoriales de la Tierra—, y de la sabana influyen en su presencia en la atmósfera y las recientes mediciones desde el espacio muestran puntos de alta concentración relativa, en lugares no esperados según los modelos habituales.

Otros artículos de *Investigación y Ciencia* que completan la información sobre el tema

“Atmósfera y contaminación atmosférica”. MANUEL PUIGSERVER, n.º 37. Octubre, 1979.

“Tendencias hacia el calentamiento global”. PHILIP D. JONES y TOM M. L. WIGLEY n.º 169. Octubre, 1990.

“Efectos climáticos de una guerra nuclear”. R. P. TURCO y otros, n.º 97. Octubre, 1984

“Liberaciones catastróficas de energía nuclear”. STAVEN A. FETTER y KOSTA TSIPIS, n.º 57. Junio, 1981.

“Dióxido de carbono y clima mundial”. ROGER REVELLE, n.º 73. Octubre, 1982.

Mundo científico

“¿Punto final al proceso de dioxina?” MOHAMED L. BOUGUERRA, n.º 46. Abril, 1985.

Breve análisis del peligroso contaminante dioxina, sus efectos biológicos y la posibilidad de su eliminación a través de su destrucción química.

“Dónde enterrar los residuos nucleares”. MARTINE BARRERE, n.º 49. Julio, 1985 .

Uno de los problemas más inquietantes de la utilización pacífica de la energía nuclear son los residuos, especialmente los de largo periodo. En este artículo se exponen las líneas básicas desde los puntos de vista técnico, económico, político y social, de la aplicación de la forma más común de su “eliminación”, el enterramiento.

“Efectos de las radiaciones nucleares a pequeñas dosis”. MAURICE ERRERA, n.º 51. Octubre, 1985.

Es cierto que el hombre de hoy no está expuesto a grandes dosis de radiación, como las que sufrieron, por ejemplo, los sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki en 1945; sin embargo, hay actividades humanas, como la industria o la investigación nucleares, la radiología médica, la televisión o la pantalla de los ordenadores, etc., que aumentan la cantidad de radiación ambiental. La incidencia de esta radiación, aún en sus pequeñas dosis, es analizada por el autor, que explica las posibles consecuencias y las posibilidades de su peligro real.

“El desmantelamiento de las centrales nucleares”. PIERRE TANGUY, n.º 70. Junio, 1987.

Las centrales nucleares tienen un tiempo de utilidad al cabo del cual hay que desmantelarlas. El artículo trata de dar respuesta a las tres preguntas: ¿Qué hacer con una central parada? ¿Cuándo pararla? ¿Cómo pararla?

“El agua”, n.º 104. Julio-agosto, 1990.

Es éste un número monográfico sobre el agua en el que se trata el tema desde muchos y muy variados puntos de vista. No parece interesante destacar ninguno de los artículos, sino recomendar la lectura del número completo .

“La contaminación por los nitratos”. PIERRE FRITSCH y GEORGE DE SAINT BLANQUANT, n.º 52. Noviembre, 1985.

Los nitratos son hoy día imprescindibles en agricultura. Sin embargo, pasan a las aguas y son ingeridos por los seres humanos en cuyo organismo pueden convertirse en nitritos, que en dosis elevadas son tóxicos; pero además, ciertos estudios parecen sugerir que también pueden reaccionar con sustancias orgánicas originando nitrosaminas, altamente cancerígenas. Sin embargo, la contaminación de las capas freáticas por nitratos es un proceso lento y aún estamos a tiempo para controlarlo.

“La biodegradación de los hidrocarburos”. A. SIRVINS y B. TRAMIER, n.º 54. Enero, 1986.

Una de las plagas de nuestro tiempo son las “Mareas negras” y, en general, los vertidos de hidrocarburos a las aguas, ya sea intencionada o accidentalmente. Los autores exponen la posibilidad de usar bacterias capaces de “comerse” estos hidrocarburos, degradándolos y, por tanto, neutralizando sus efectos nocivos.

“La controversia del ozono”. PATRICK ALMADIEU, n.º 79. Abril, 1979.

En 1985 se publicaba en Nature el hecho constatado que desde 1979 la cantidad de ozono presente en la estratosfera había disminuido de modo significativo. Dada la importancia de este gas en el control de las radiaciones ultravioleta, el asunto debería haber sido preocupante. Hoy se ha comprobado sin ningún género de dudas la incidencia de los Clorofluocarbonados en la formación de este “agujero”, así como que estos productos y otros muchos, como el dióxido de carbono, resultantes de nuestra sociedad de consumo y despilfarro, son causantes del efecto invernadero, cuyas consecuencias para el clima y para la vida en la Tierra pueden, a muy corto plazo, ser catastróficas.

En un extenso dossier P. Almadieu analiza pormenorizadamente la evolución de los hechos, sus razones científicas, los efectos científicos, económicos e incluso políticos y el “status actual de la situación”.

“Capa de ozono: los miniagujeros árticos”. PATRICK ALMADIEU, n.º 111. Marzo, 1991.

También en el Ártico aparecen nuevos agujeros en la capa de ozono cuyo mecanismo de formación parece distinto al mecanismo de los agujeros antárticos.

“El plomo en la atmósfera”. CLAUDE BOUTRON, n.º 81. Junio, 1988.

El uso creciente de los motores de gasolina, la mayoría con aditivos antidetonantes con plomo, está induciendo un aumento alarmante de la concentración de plomo. El artículo trata sobre los peligros de este contaminante letal así como de las medidas para su control.

“El aumento del dióxido de carbono en la atmósfera”. JOSEP PEÑUELAS, n.º 106. Octubre, 1990.

Ante la evidencia incontestable del aumento del CO₂ a razón de 1,5 ppm. anuales, —que de acuerdo con los modelos de que se dispone puede suponer un aumento para mediados del siglo próximo de unas 600 ppm., lo que significaría profundos cambios climáticos y de otros órdenes—, se estudian las fuentes de este gas así como las posibles medidas de corrección y de prevención.

Otros artículos de *Mundo Científico* que completan la información sobre el tema

“Las lluvias ácidas un holocausto ecológico”. R. VIE LA SAGE, n.º 15.

“Las mareas negras: consecuencias a largo plazo”. LUCIEN LAUBIER (Dossier), n.º 116.

“El azufre en la atmósfera”. BONSANG B, n.º 20.

“La radioactividad atmosférica”. LAMBERT G, n.º 41.

“La capa de ozono víctima de partículas atmosféricas”. CLAIRE GRANIER y GUY BRASSEUR, n.º 122.

“Modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos”. J. M. BALDASANO, L. CREMADES y J. CALBÓ, n.º 114. Junio, 1991.

“Los efectos psicológicos del ruido”. ANNIE MOCH, n.º 86. Diciembre, 1988.

“Medio siglo de residuos nucleares en EE.UU.”. MICHEL DAMIAN, n.º 101.

3

Nuevas energías y aprovechamiento racional de las existentes

Posiblemente el bien actual máspreciado es la energía. Las formas de obtención a gran escala de este bien se basan en general o en la combustión de combustibles fósiles —carbón o hidrocarburos— o en el aprovechamiento de la energía de los ríos a través de embalses y pantanos o usando la energía nuclear de fisión del uranio. Tanto la primera como la última de las fuentes están limitadas por el carácter finito de las reservas de su materia prima y su desigual distribución sobre la Tierra, y, además, por su grave incidencia sobre el medio natural, ya sea a través de gases contaminantes o de residuos radiactivos.

La energía hidráulica "mas limpia" está limitada por el propio carácter de los ríos, y, en el mejor de los casos, convierte un ambiente fluvial en palustre, elevando la temperatura media de las aguas, amén de otros cambios del medio, por lo que no se puede considerar una energía 100% no contaminante, además de estar sometida a las fluctuaciones meteorológicas.

En la bibliografía que sigue se tratan formas alternativas de energía, sin embargo:

- 1) No se han reseñado textos sobre la energía nuclear de fusión, posiblemente una de las fuentes energéticas con más futuro, pero hoy todavía lejos de estar disponible de forma práctica.
- 2) Se ha procurado buscar trabajos asépticos desde el punto de vista de ideologías, cosa difícil por razones de sobra conocidas. El juicio de valor queda para el lector.

-
- 3) Existen vídeos en abundancia sobre la materia, sin embargo, la mayoría de los que hemos visto o tienen un nivel científico deleznable o son tendenciosos hasta el punto de tergiversar la verdad científica, o ambas cosas.

Libros

Energía eólica. DESIRÉ LE GOURGIÈRES. Masson. Barcelona, 1983.

En este denso volumen de 290 páginas su autora expone con claridad, rigor, concisión y casi de modo exhaustivo, los puntos más importantes a los que se ha llegado en la tecnología de aprovechamiento de la energía eólica. No se trata de un libro propiamente dicho de divulgación, aunque por su claridad puede ser fácilmente comprendido, al menos en sus aspectos cualitativos, por quienes tengan una mínima base de conocimientos físico-matemáticos.

Tras una breve reseña histórica, pasa a un amplio capítulo titulado "El Viento", en el que se exponen los conceptos básicos: origen del viento, su medida, circulación atmosférica, curvas estadísticas para su aplicación a la energía eólica, etc.

En los capítulos siguientes se estudian las máquinas de eje horizontal y vertical, los fundamentos de la aerodinámica, cálculo de palas y rotores, bombeo de agua, etc., con ejemplos de cálculo, análisis de sistemas y programas de aprovechamiento de la energía eólica llevados a cabo en distintos países, y sus perspectivas de futuro.

El libro figura con algunos anexos. En uno de ellos se exponen seis listados de programas en FORTRAN, (como se sabe, fácilmente traducibles a Basic o a Pascal), una breve descripción de los clásicos molinos mallorquines, en el cual se ha incluido, en la versión castellana, una referencia a los proyectos actuales en España (Tarifa, Central ciclónica J. V. Zapata y chimenea solar de Manzanares) y una amplia bibliografía. De obligada lectura, a pesar de su nivel y de algunos errores de traducción fácilmente subsanables, para quienes se dediquen o deseen iniciarse en el estudio de esta forma alternativa de producción energética.

La energía eólica. Tecnología e Historia. JUAN CARLOS CÁDIZ DELEITO y JUAN RAMOS CABRERO. Hermann Blume. Madrid, 1984.

El libro se divide en dos partes. En la primera se exponen las bases técnicas para la utilización de la energía eólica: energía del viento, circulación, mapas de circulación, etc. Distintos tipos de máquinas captadoras de esta energía y fundamentos de su diseño. Aplicación y tecnologías diversas.

La segunda parte trata de la evolución histórica del molino de viento, desde la antigua Persia hasta los actuales aerogeneradores de la NASA.

Más de doscientos dibujos de J. Ramos Cabrero ayudan a la comprensión del ya de por sí claro texto de la obra.

Energía solar. PEDRO PORTILLO. Ediciones Pirámide. Madrid, 1985.

Entre la gran variedad de libros dedicados al uso y aprovechamiento de la energía solar, éste, escrito por un autor español vinculado al tema y a la docencia durante bastantes años, se destaca por tratarse de una obra de elevado nivel científico pero a la par didáctica y práctica.

El libro está dividido en tres partes. En una primera hace referencia a las distintas fuentes energéticas, conocidas como "alternativas" o "renovables", así como una revisión de conceptos fundamentales de física: termodinámica y óptica y los movimientos Sol-Tierra. En su segunda parte describe con detalle y resaltando las aplicaciones prácticas, los captadores de agua (con breve referencia a los de aire), sistemas de almacenamiento y distribución, y apartados relativos a conexionado y cálculo de superficies necesarias. La tercera parte incluye abundantes esquemas de sistemas de uso en distintos tipos de instalaciones y para distintos fines y se cierra con un resumen de la legislación española al respecto.

Las nuevas energías. Editorial Fontalba. Barcelona, 1990.

Recopilación de artículos sobre el tema publicados en Mundo Científico. Interesante para quienes no disponen de la colección completa de la revista o desean consultar rápidamente este tema.

El libro de la energía. BARRACHINA GÓMEZ MIGUEL y diez autores más. Forum Atómico Español. Madrid, 1990 (2.ª Edición).

Magnífica obra de divulgación sobre la energía en general y sobre sus fuentes a gran escala en particular. El libro se divide en una introducción sobre energía y bienestar, quince capítulos en los que con todo rigor y lujo de datos estadísticos se tocan todos y cada uno de los aspectos de la producción y distribución de la energía. Aunque, por razones obvias, la parte del león de la obra se dedica a la energía nuclear, se tocan con toda honestidad científica tanto esta energía como las posibles alternativas. El libro concluye con cuatro apéndices: un vocabulario, una tabla de constantes físicas, una breve disgresión sobre el uso de "atómico" y "nuclear" y, finalmente, el último apéndice se dedica a controles de calidad.

Como se dijo antes el libro está tratado con un lenguaje simple pero de alto rigor, viene profusamente ilustrado y acompañado de abundantes tablas estadísticas y de datos actualizados. De uso muy recomendable, al margen de juicios de valor que puedan formarse, para alumnos y profesores de enseñanzas medias. Su distribución es gratuita por el FAE. C/ Boix y Morer 6. 28003. Madrid.

Existe también una versión reducida del libro, titulada "El cuaderno de la energía" muy adecuada para alumnos de primeros cursos de E.G.B. o del primer ciclo de la futura E.S.O.

Artículos

Investigación y Ciencia

"Energía para la Tierra". Noviembre, 1990.

Extraordinario monográfico de Investigación y Ciencia. Constituye un muestrario de trabajos sobre el tema de la energía en sus múltiples facetas. No se refiere exclusivamente a las energías no renovables, aunque sí al uso racionalizado de éstas.

“Combustibles procedentes del Sol”. ISRAEL DOSTROVSKY, n.º 185. Febrero, 1992.

El problema fundamental de la energía solar es su almacenamiento y transporte. En el artículo se trata sobre la posibilidad de producir, gracias a la energía solar, combustibles químicos, inocuos para el medio, que se usen a voluntad y de acuerdo con la necesidad.

“Células solares muy eficientes”. A. LUQUE, n.º 177. Junio, 1991.

En España se han conseguido células fotovoltaicas con un rendimiento de hasta un 35% de conversión de energía solar en eléctrica. En este trabajo se describen las investigaciones realizadas en este importante campo, en el que la ciencia española está a la altura de las más desarrolladas.

“Energía solar fotovoltaica”. LUIS CASTAÑER, n.º 56. Mayo, 1981.

Estudio detallado de los fundamentos físicos de la conversión directa de energía solar en eléctrica y su aplicación, así como las posibilidades de esta técnica en nuestro país.

“Energía extraída del mar”. T. PENNEY y D. BHARAATHAN, n.º 126. Marzo, 1987.

Una forma alternativa y no contaminante podría ser aprovechar la diferencia de temperatura entre las aguas profundas y las superficiales, especialmente en mares de zonas tropicales. El método podría ser una fuente alternativa para producir energía eléctrica en zonas costeras.

“Sistemas para almacenar energía”. R. FRITZ KALHAMMER, n.º 41. Febrero, 1980.

Uno de los problemas de la energía es su almacenamiento, especialmente en las llamadas energías no convencionales; en este artículo se describen distintas técnicas de almacenamiento de este bien.

Otros artículos de *Investigación y Ciencia* que completan la información sobre el tema

“Energía fotovoltaica”. Y. HASMAKAWA, n.º 129. Junio, 1987.

“El metanol combustible alternativo”. CHARLES L. GRAY y JEFFREY J. ALSON, n.º 160. Enero, 1990.

“El programa de alcohol en Brasil”. J. R. MOREIRA. J. GOLDEMBERG, n.º 61. Octubre, 1981.

“Los modernos molinos de viento”. P. MORETTI, n.º 119. Agosto, 1986.

Mundo Científico

“El gas natural, materia prima del futuro”. J. SAINT-JUST, J. M. BASSET., J. BOUSQUET y G. A. MARTÍN n.º105. Septiembre, 1990.

El gas natural es una fuente de riqueza de primera magnitud, no sólo como combustible sino como base de una poderosa industria de productos derivados.

"La electricidad solar". M. CLAVERIE y B. DESSUSN, n.º 107. Noviembre, 1990.

Estudio de la situación actual de conversión directa de energía solar en eléctrica a través de células fotovoltaicas y de su viabilidad y conveniencia cara al futuro.

"El motor flexible". MICHEL DORBON y ANDRÉ DOUAUD, n.º 48. Junio, 1985.

En este artículo se describe un motor capaz de usar casi cualquier tipo de carburante: gasolina, alcohol ligero, o mezclas ambos, con la ventaja añadida de no usar plomo y reducir el índice de contaminación de sus gases.

"¿Tiene futuro el coche eléctrico?". ALEXANDRE NICOLON, n.º 50. Septiembre, 1985.

Las ventajas del coche eléctrico, principalmente silencio y limpieza de funcionamiento, se ponen de manifiesto cada vez que una crisis amenaza la ruptura en el aprovisionamiento de los combustibles fósiles o las graves amenazas a la atmósfera ponen en entredicho la utilización del motor térmico, sea de Otto o de Diesel. En un amplio dossier se pasa revista a la historia la situación actual y la esperanza de nuevas tecnologías que en un futuro más o menos próximo pueden significar que el vehículo de tracción eléctrica autónoma, independiente de tomas de tensión eléctrica, con unas prestaciones y una autonomía equiparables a los actuales de motor térmico, pueda usarse de modo práctico y a gran escala.

4

Teoría de la relatividad

Sin lugar a dudas uno de los hitos en la historia de la física y, en general, en la historia del saber humano, lo constituye la teoría de la relatividad. Es más, sus conclusiones en bocas de charlatanes ignorantes, se prestan a singulares interpretaciones muchas veces erróneas, cuando no absurdas, rodeadas del halo que la personalidad de Einstein genera. No es raro, ya no sólo en películas o novelas de ciencia ficción, sino en declaraciones de personajes más o menos extraños, justificar absurdos científicos en la teoría de la relatividad, sobre todo en sus aspectos de contracción del tiempo.

La bibliografía sobre el tema es infinita, tanto en libros de texto, como de profundización o de divulgación.

Se van a relacionar algunos fundamentalmente en aras de su claridad y de su rigor conceptual. La mayor parte de textos de Física general dedican algún capítulo al tema, por no hablar de libros especializados. De entre todos ellos por la claridad conceptual y facilidad de lectura quizás sea oportuno reseñar:

Libros

Física. GEORGE GAMOV y JOHN M. CLEVELAND. Versión española de Albino Yusta Almarza. Aguilar. Madrid 1974.

Se trata de un libro de Física excelente en general para quienes deseen aprender los fundamentos de la Física en plan casi autodidacta. En algunos aspectos está anticuado pero es una magnífica obra para aclarar conceptos. No requiere un conocimiento matemático profundo.

Dedica su capítulo 18 a la teoría de la relatividad restringida. Parte de la paradoja del éter y explica el experimento de Michelson y Morley, ilustrándolo con ejemplos y símiles de la vida práctica para llegar a los postulados de Einstein, y sus consecuencias en orden a las reglas de adición de velocidades, aumento relativista de la masa y las concepciones de espacio y tiempo que se derivan, siempre en un lenguaje ameno y con abundantes símiles que hacen, en lo que cabe, comprensibles las ideas. El capítulo termina con una colección de ejercicios numéricos cuya solución permite afianzar las ideas básicas expuestas.

El capítulo 19 se dedica, dentro de la misma línea metodológica, a la relatividad general, deteniéndose en el concepto de gravedad y de la curvatura del espacio y de la línea geodésica. No incluye ejercicios numéricos en este capítulo.

¿*Qué es la teoría de la relatividad?* L. LANDAU y Y. RUMER. Traducido del ruso por V. Llanos Más. Ricardo Aguilera Editor. Madrid, 1968.

Se trata de un opúsculo (75 págs. en octava) en el cual los autores, físicos teóricos de gran talla, intentan y consiguen, introducir las ideas fundamentales de la relatividad restringida.

A partir de una metodología basada en símiles y experimentos reales o teóricos, explica la relatividad del espacio, del tiempo, la constancia de la velocidad de la luz y el problema del éter, y las célebres paradojas que de todo ello se derivan.

ABC de la relatividad. BERTRAND RUSSELL. Traducción castellana de PEDRO RODRÍGUEZ SANTIDRIÁN. Colección Biblioteca de divulgación científica de *Muy interesante*. Ediciones Orbis. Barcelona, 1985.

Se trata de una obra del filósofo y matemático británico, cuya primera edición data de 1925, aunque la obra en cuestión corresponde a la tercera edición (1958). En este libro se analizan desde un prisma más filosófico, aunque con todo rigor físico, los aspectos fundamentales de la teoría, con especial detenimiento en sus implicaciones cosmológicas. Es de fácil lectura.

La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno. A. EINSTEIN., A. GRÜNBAUM, A.S. EDINTONG y otros. Selección de L. Pearce Williams. Versión española de Miguel Paredes Larrucea (Alianza Universidad). Alianza Editorial. Madrid, 1973, 75, 77, 78.

El libro pretende una ubicación de la teoría en el contexto de toda la Física, a través de una cuidada selección de artículos o trabajos de libros de autores a lo largo de la época de la física iniciada con Isaac Newton de quien es el primer texto, extraído de los "Principia", en el que se exponen los conceptos newtonianos de tiempo, espacio, lugar, movimiento y su distinción entre absoluto y relativo. Hasta A. Einstein y algún comentarista a su obra, sin olvidar escritos de autores, no precisamente físicos, como Ortega y Gasset, que ilustran la importancia que en todo el pensamiento humano ha tenido la teoría de la relatividad. El libro se divide en cuatro apartados.

Primera parte. Orígenes de la teoría de la relatividad, con escritos de Newton, Mach, Michelson y Morley, Lorentz, Poincaré y el propio Einstein, que establecen la situación de la física teórica en el momento de la aparición del primer trabajo sobre la relatividad de Einstein.

La segunda parte es del propio Einstein, "Sobre la teoría especial y general de la relatividad". Trabajo de divulgación en el que el autor explica, en un lenguaje sencillo y sin el complicado aparato matemático de su teoría, los aspectos básicos, y que constituye uno de los mejores artículos de divulgación sobre el tema.

La tercera parte es un repaso histórico a la génesis de la teoría.

La cuarta parte es un conjunto de trabajos escritos por autores procedentes de distintos campos del conocimiento que glosan algunos aspectos de la influencia de la teoría de la relatividad en el devenir humano. Merece destacarse el trabajo final, de Ortega y Gasset, "El sentido histórico de la teoría de Einstein", donde Ortega una vez más da muestras, al mismo tiempo, de su erudición y de su aguda interpretación de su sociedad.

Filosofía y Ciencia Moderna. J. RIAZA. BAC. Madrid, 1961.

Se trata de un libro bastante antiguo en el que el autor pasa revista a las teorías físicas y matemáticas recientes. Dedicar un especial apartado a las geometrías no euclidianas (Riemann y Lobatchewsky) y a la teoría de la relatividad, que expone con claridad y rigor.

Principio de relatividad. BLAS CABRERA. Edición presentada por JOSÉ MANUEL SANCHEZ RON. Altafulla y Mundo Científico. Barcelona, 1986.

Reedición de la obra del gran físico español, editada por la *Residencia de estudiantes* en 1923, precisamente el año de la visita de Einstein a España, cuyo título completo era *Principio de relatividad, sus fundamentos experimentales y filosóficos y evolución histórica*, y, que pese a los años transcurridos, no ha perdido su actualidad y su estilo directo y ágil, tal vez consecuencia de su origen, como el muchos libros de divulgación de grandes científicos, en las conferencias pronunciadas por Don Blas. Permite una lectura reflexiva evitando, sin pérdidas de rigor, y sin razonamientos matemáticos excesivamente complicados. De especial utilidad para profesores de Física y para estudiantes universitarios de esta disciplina del saber.

Artículos

"El renacimiento de la relatividad general". THILBAUD DAMOUR. *Mundo Científico*, n.º 72. Septiembre, 1987.

Nadie duda de la importancia de la teoría general de la relatividad y de su riqueza conceptual, sin embargo durante mucho tiempo ha estado sumida en un "espléndido" aislamiento del cual, los agujeros negros, la gravitación experimental y el descubrimiento del pulsar binario han contribuido sobremanera a sacarla. Estos hechos y el futuro de la que posiblemente, al margen de otras consideraciones, sea una de las más hermosas creaciones del talento humano, son objeto del estudio que hace el Prof. Damour.

"Las dimensiones ocultas del espacio tiempo". D. Z. FEEDMAN y P. VAN NIEUWENHUIZEN. *Investigación y ciencia*, n.º 104.

Buena introducción a un espacio tiempo multidimensional, que parece ser exigido por teorías de unificación.

5

Macromoléculas y Plásticos

Desde los primeros intentos de conseguir polímeros artificiales, allá por 1850, hasta la situación actual, que ha llevado a muchos a llamar a nuestra era la “edad de los plásticos”, el desarrollo y la aplicación de estos materiales sintéticos ha alcanzado límites insospechados. Por otra parte su variedad es inmensa, como inmensas son sus posibilidades y sus perspectivas. En la bibliografía que sigue se ha buscado más incidir en las aplicaciones y utilidad que en conceptos puramente químico-teóricos.

Libros

Química y Física de los altos polímeros y materias plásticas. MARTÍNEZ DE LAS MARÍAS, P. Ed. Alhambra. Madrid, 1972.

Es una obra muy completa que refleja la química y la física de los materiales poliméricos. Conviene, no obstante, actualizar algunas cuestiones concretas con los avances acaecidos en estos últimos veinte años.

Macromoléculas. HORTA ZUBIAGA, A. Unidades didácticas de la UNED. Publicaciones UNED. Madrid, 1982.

Esta obra en dos tomos, preparada para los alumnos de último año de licenciatura, es un excelente compendio de la química que subyace tras los “plásticos” y las restantes macromoléculas. Al tratarse de un texto para estudiar sin profesor sus explicaciones son claras y concisas. Incluye ejercicios resueltos al final de cada unidad.

Macromoléculas: estructura y función. FINN WOLD. Alhambra. Madrid, 1979.

Este libro se refiere únicamente a las macromoléculas de interés biológico, no lo que conocemos por plásticos. Sin embargo, dado lo completo y riguroso del libro, así como su fácil lectura, parece oportuno recomendarlo. En él se estudian las principales moléculas orgánicas naturales, sus funciones y los mecanismos de sus reacciones. Especial interés hay que dar a los capítulos dedicados a las enzimas y al dedicado a los mecanismos de control de las síntesis enzimáticas, así a como la descripción que se hace de los virus.

Artículos

Investigación y Ciencia

"La Química percloroorgánica". MANUEL BALLESTER, n.º 3. Diciembre, 1976.

Descripción y análisis de la Química de los cloruros de carbono, que son precursores de una química orgánica diferente de la convencional. Se relaciona por sus concomitancias con la síntesis de nuevos materiales.

"Perspectivas en Química macromolecular". JUAN A. SUBIRANA, n.º 13. Octubre, 1977.

Este trabajo es una buena introducción al estudio de las macromoléculas, no sólo "los plásticos" sino las macromoléculas biológicas como las proteínas y los ácidos nucleicos. Útil tanto desde el punto de vista químico como biológico.

"Nuevos polímeros". ERIC BAER, n.º 123.

Dentro del monográfico dedicado a los nuevos materiales, Eric Baer describe los últimos logros en la síntesis de los plásticos y su aplicaciones.

"Plásticos que conducen la electricidad". RICHARD B. KANER y ALAIN G. MACDONALD, n.º 138. Marzo, 1988.

Artículo en la misma línea que el anterior, algo más extenso y con una profundidad mayor, aunque su lectura sea algo más difícil.

Otros artículos de Investigación y Ciencia que completan la información sobre el tema

"Superconductores orgánicos". KLAUSS BECHGAARD y DENIS JÉROME, n.º 72. Septiembre, 1982.

"Polímeros inorgánicos". ISSA KATIME AMASHATA y J. A. PÉREZ ORTIZ, n.º 55. Abril, 1981

"La tecnología de las membranas sintéticas". HARRY P. GREGOR y CHARLES D. GREGOR, n.º 24. Septiembre, 1978.

Mundo Científico

“Polímeros conductores”. FRANCIS GARNIER, n.º 76. Enero, 1988.

Tradicionalmente se ha considerado que los polímeros, los “plásticos”, son dieléctricos, e incluso esta propiedad se ha aprovechado abundantemente en la tecnología y la industria. Sin embargo, desde relativamente poco tiempo a esta parte, se han conseguido polímeros cuya conductividad es equivalente a la de muchos metales, como el mercurio y el hierro. Las técnicas para ello y sus aplicaciones actuales y futuras se analizan en este artículo.

“Nuevos materiales orgánicos conductores”. NAZARIO MARTÍN y CARLOS SEOANE, n.º 116.

Trabajo más moderno y más profundo que los anteriores, en el que se trata no sólo de las propiedades especiales de estos polímeros, composición química y aplicaciones, sino los mecanismos que regulan sus propiedades y e incluso sus síntesis.

“El silicio orgánico”. J. DUNOQUÉS, n.º 82. 1988.

Quien piense que el silicio sólo es importante por su uso en electrónica e informática ignora una buena parte de este elemento, especialmente a través de las siliconas.

“El injerto de los polímeros sobre los metales”. C. BOIZEAU y G. LACAYON. Octubre 1988.

Proteger los metales de la corrosión es uno de los problemas aún no resueltos totalmente. Una capa de polímero sólidamente adherida al metal puede proteger a éste de forma efectiva, cortar su envejecimiento. Los mecanismos físico-químicos de esta unión se estudian en este trabajo.

“Sólidos supramoleculares en la confluencia de dos Químicas”. PATRICK BATAIL. n.º 78.

La búsqueda de nuevos materiales con propiedades cada día más exigentes ha conducido al estudio de nuevos compuestos en los que se aúnan compuestos de “inorgánicos” con “compuestos orgánicos”.

“Polímeros termoestables”. BERNARD SILLION y GUY RABILLOUD, n.º 109. Enero, 1991.

La posibilidad de ciertos polímeros de resistir elevadas temperaturas a la par que la posesión de propiedades mecánicas comparables a las del acero, por ejemplo, permite prever para ellos un gran futuro en el campo de la electrónica y de la industria aeroespacial, así como adhesivos y aislantes.

Revista de plásticos modernos

Esta revista especializada, que edita el CSIC, incluye bastantes artículos cuyo carácter los hace perfectamente asequibles a los no especialistas. Se citan algunos como muestra de lo que en esta revista se puede encontrar.

Estado actual de los termoplásticos de altas prestaciones. R. B. SEYMOUR, n.º 471. Julio, 1991.

Es un estudio, casi desde el punto de vista económico, de la situación actual de la producción y distribución de plásticos termoestables. Es muy interesante para ilustrar los aspectos sociales de las materias poliméricas.

Historia del desarrollo de polímeros estables. R. B. SEYMOUR, n.º 471.

Se trata de un trabajo presentado por su autor al MSR Symposium en Anaheim, en abril de 1991. Es un resumen del desarrollo de los polímeros estables en sus distintas clases sin hacer excesivo hincapié en la físico-química de los procesos de polimerización. Viene acompañado de una abundante bibliografía.

6

Aspectos físico-químicos de algunas Bellas Artes

La Física y la Química están presentes en todas las actividades del ser humano, también en sus manifestaciones artísticas. Sin embargo hay algunas de estas Bellas Artes cuya relación con la Física, con la Química o con ambas es más relevante si cabe.

Se han elegido como modelos la Fotografía, que sintetiza ambas, Física en la captación de la imagen y Química en su almacenamiento y reproducción, la Pintura que en muchos aspectos se parece bastante a la Fotografía, sustituyendo la cámara por el ojo del artista y las emulsiones por los pigmentos, mordientes y disolventes y la Música, por ser la más físico-química de las Artes, según muchos autores.

No se han buscado artículos artísticos sino eminentemente científicos.

Libros

Conceptos técnicos para la fotografía artística. RICARDO DIEZ y JOSÉ A. DE SAJA. Ediciones "Arte fotográfico". Madrid, 1981.

Se reseña este libro por la amplia información que contiene sobre los aspectos físico-químicos de la Fotografía. Sus autores son profesores universitarios de Química y Física respectivamente, además de excelentes artistas de la cámara.

Fotografía en color. D. A. SPENCER. Editorial Hispano Europea. Barcelona, 1976.

Extenso libro destinado a principiantes en el arte de la Fotografía, pero que como el anterior, contiene amplia y rigurosa información sobre los aspectos físicos y químicos de la luz, la cámara, el impresionado y el positivado.

El libro de la Fotografía. ALEJANDRO PRADERA. Alianza Editorial. Madrid, 1990.

Los sonidos de la música. JOHN R. PIERCE. Biblioteca de Scientific American. Labor. Barcelona, 1989.

Fue Pitágoras el primero en relacionar la música con las proporciones de los números. Este libro, que se acompaña de grabaciones en disco de vinilo, de forma amena explora las relaciones entre música, física y matemáticas.

Artículos

Mundo Científico

“El cine en relieve. Promesas de la holografía”. PAUL SMIGIELSKI, HUBERT FAGOT, FÉLIX ALBE, n.º 51. Octubre, 1985.

Se describen las posibilidades de la holografía por rayo láser en la creación de “cine en relieve” para el gran público.

“La restauración de las primeras fotografías sobre papel”. ANNE CATIER-BRESSON, n.º 51. Octubre, 1985.

Tras una breve descripción de las primeras fotografías sobre papel a partir de un negativo, técnica inventada en Inglaterra por W.H.F. Talbot en 1839 y perfeccionada por numerosos investigadores, se exponen los fundamentos químicos y las técnicas empleadas en los albores de este arte, las causas del deterioro de las obras de los viejos fotógrafos y las posibilidades actuales de su restauración.

“El revelado fotográfico”. JACQUELINE BELLONI-COFLER, JEAN AMBLARD y otros, n.º 100. Marzo, 1990.

La Fotografía, ciencia y arte, tiene siglo y medio. Desde entonces no ha cesado de evolucionar y de perfeccionarse; sin embargo, aún hoy día quedan misterios teóricos por desvelar. En este trabajo se explica a la luz de las más recientes investigaciones los mecanismos físico-químicos que posibilitan el revelado final de las imágenes.

“La fotografía magnética en primer plano”. J. F. COLONNA, n.º 110. Febrero, 1991.

Es posible que en un futuro muy próximo el soporte magnético sustituya al químico en la Fotografía. Las posibilidades, ventajas e inconvenientes de esta técnica se exponen en este trabajo.

“El arma secreta de los cantantes de ópera”. NICOLE SCOTTO DI CARLO, n.º 101. Abril, 1990.

A partir de una sucinta descripción de la anatomía de los órganos fonadores humanos, se explican los “trucos” que los cantantes usan para controlar la afinación de su instrumento, dado que no pueden confiar únicamente en su oído para ello.

“La química de los frescos romanos”. FRANÇOIS DELAMARE, n.º 41. Noviembre, 1984.

Las viejas pinturas al fresco romanas se han conservado de un modo poco común. En este artículo se analizan las técnicas pictóricas, así como la composición química de los pigmentos utilizados por aquellos artistas.

“Las redes del color”. M. HENRY, n.º 1.

Interesante artículo sobre el color de los objetos y sus causas.

“Cuando el artista pintor se hace informático”. MONIQUE NAHAS y MARIE-HELENE TRAMUS, n.º 48. Junio, 1985.

Se describen algunas de las posibilidades que la informática brinda y puede brindar en el futuro a los artistas, que sustituyen sus pinceles y colores por programas informáticos. No incluye técnicas concretas con las que los aficionados pueden experimentar

“La acústica del gong”. THOMAS D. ROSSING n.º 113.

Investigación y Ciencia

“Un procedimiento para producir imágenes en color sobre papel en blanco y negro”. “Taller y Laboratorio”. D. MAN-KIT LAM y otros, n.º 184.

De interés para “experimentadores” en el laboratorio casero. Consigue curiosos efectos de color sobre soporte “blanco y negro”

“Microfotografías claras y brillantes con un equipo sencillo y económico”. “Taller y laboratorio”. JEARL WALKER, n.º 30. Marzo, 1979.

Con la claridad habitual, Jearl Walker propone un método sencillo para obtener fotografías de microscopio con un equipo muy simple. Aunque su utilidad es más propia para profesores de ciencias biogeológicas, se expone por su curiosidad

“Las primeras fotografías en color”. GRANT B. ROMER y JEANETTE DELAMOIR, n.º 161. Febrero, 1990.

Estudio de los primeros intentos de reproducción fotográfica del color y de sus técnicas.

“Acústica musical”. Selección de JOAQUIM AGULLÓ.

Conjunto de 11 artículos publicados en Investigación y Ciencia sobre el fascinante mundo de la música, contemplada fundamentalmente desde sus aspectos físicos.

“Matemáticas de la escala musical”. IAN STEWARD, n.º 167. Agosto, 1990.

Ameno y riguroso trabajo, forma parte de la sección “juegos matemáticos”, en el que se explican las relaciones matemáticas de la escala musical occidental.

“Música por ordenador”. PIERRE BOULEZ y ANDREW GERSZO, n.º 141. Junio, 1988.

Los autores, director y compositor y flautista, respectivamente, exponen cómo puede integrarse el ordenador en el conjunto de los instrumentos musicales.

“La acústica del clavicémbalo”. EDWARD L. KOTTICK, KENNETH D. MARSHALL y THOMAS J. HENDRICKSON, n.º 175. Abril, 1991.

Estudio de este hermoso instrumento, de cuerdas pinzadas, preterido por el piano de mayor sonoridad, sin embargo poseedor de una riqueza tímbrica y de un sonido característico cuyas razones físicas analizan los autores.

“El sonido de la campana”. “Taller y laboratorio”. JEARL WALKER, n.º 96. Noviembre, 1984.

Dentro del aspecto práctico de los artículos de esta sección, se propone un método para el estudio físico de los sonidos de una campana, fácilmente realizable con los medios de que se dispone en un laboratorio de EE. MM.

“Vibraciones acopladas en las cuerdas del piano”. GABRIEL WEINREICH, n.º 30. Marzo, 1979

Interesante estudio de la física de las cuerdas del piano, las cuales no están afinadas exactamente a la misma frecuencia, lo que es causa del particular sonido del instrumento.

“Física de los tubos de órgano”. NEVILLE H. FLETCHER y SUSZANNE THAWAITES, n.º 78. Marzo, 1983.

“La física de los timbales”. THOMAS D. ROSSING, n.º 76. Enero, 1983.

“Acústica de las tablas del violín”. CARLEEN MALEY HUTCHINS, n.º 63. Diciembre, 1981.

Riguroso estudio físico de las características del violín, desde la forma hasta el barniz final, y de la influencia de estas características en el sonido del instrumento.

“La acústica del canto”. JOHAN SUNDBERG, n.º 8. Mayo, 1977.

Desde un punto de vista mecanicista, la voz humana es un instrumento musical más, cuya física es tan complicada como la de cualquier otro instrumento. En este trabajo se analiza la anatomía de los órganos fonadores y su aplicación a la producción de sonidos afinados.

“Música por ordenador”. PIERRE BOULEZ y ANDREW GERSZO, n.º 141. Junio, 1988.

Los autores, director y compositor y flautista, respectivamente, exponen cómo puede integrarse el ordenador en el conjunto de los instrumentos musicales.

“Reproducción digital del sonido”. JOHN MONFORTE, n.º 101. Febrero, 1985.

Desde la invención del fonógrafo, la reproducción del sonido con la máxima calidad y fidelidad al original ha sido una de las aspiraciones de la técnica. Con la grabación en forma de un conjunto discreto de números leídos por un rayo láser, parece que se han alcanzado cotas de calidad jamás logradas por las técnicas analógicas.

"La música de Frederic Chopin". "Temas metamágicos". DUGLAS R. HOFSTADTER, n.º 69.

Curioso análisis de la música del maestro polaco desde el punto de vista de la belleza plástica y visual de sus partituras.

"Física de la Danza". "Taller y laboratorio". JEARL WALKER, n.º 71. Agosto, 1982.

Al margen de consideraciones estéticas, la Danza implica casi un tratado de mecánica, para justificar las piruetas, saltos y equilibrios que los danzarines deben realizar. Dentro del estilo habitual de esta sección se estudia la danza bajo este aspecto físico. Una vez más el trabajo puede ser base de una aplicación didáctica con alumnos con unos mínimos conocimientos de mecánica.

"Las causas del color". KURT NASSAU, n.º 51.

Se trata de describir las causas del color de los cuerpos, que pueden ser muchas pero que en su raíz todas coinciden en una, *la existencia de electrones en la materia, con sus respuestas a las longitudes de onda.*

"Diferencias de color". ROBERTO D. LOZANO, n.º 39. Diciembre, 1979.

Medir objetivamente algo subjetivo, como es el color que se percibe, requiere el conocimiento y la interpretación de los mecanismos físicos, visuales y psicológicos en los que se apoya.

"Deslumbrantes exhibiciones con láser en las que se vierte luz sobre luz". "Taller y laboratorio". JEARL WALKER, n.º 49. Octubre, 1980.

Se trata de algunas espectaculares experiencias, realizables con un simple laser de laboratorio y algunos accesorios fáciles de obtener que permiten, por ejemplo, "ver la música".

7

Reacciones oscilantes, caos y sistemas dinámicos

Reacciones oscilantes

Fascinantes para unos, contradictorias para otros, violación de las leyes físicas para algunos, las reacciones oscilantes son sin duda algo que el físico y el químico no pueden menos que observar, al menos con curiosidad.

La explicación o, al menos la justificación teórica de las mismas, es complicada, requiere un aparato matemático de muchas ecuaciones diferenciales no lineales, y todo el fenómeno en sí se centra en el vasto campo de la termodinámica de procesos irreversibles, lejos del equilibrio, cuyo estudio iniciara Ilya Prigogine, de la Universidad Libre de Bruselas, premio Nóbel de Química en 1977.

Poca bibliografía sobre el tema existe en castellano pero los artículos que se citan son, no obstante su claridad y sencillez, de un muy alto nivel. Además se incluye una reseña en lengua inglesa porque lo más interesante para el no especialista en la materia es verlas y, afortunadamente, muchas de estas reacciones tienen un protocolo suficientemente sencillo para poder ser reproducido en las condiciones de un laboratorio elemental.

Libros

Chemical demonstrations. (vol 2) SHAKHASHIRI. W.B.Z. Winesconsin University Press. 1985.

Esta excelente obra contiene una amplia serie de demostraciones químicas con un capítulo teórico de introducción para cada uno de los bloques que contiene y una descripción pormenorizada de experiencias.

Concretamente en el tema de las reacciones oscilantes se incluye un excelente trabajo teórico y, a continuación, se describen los procedimientos prácticos para la realización efectiva de las más interesantes, realizables en reactor agitado. Está redactado en lengua inglesa y no se sabe que haya sido traducido al castellano, sin embargo su lectura no es difícil a poco conocimiento que se tenga de esa lengua. Imprescindible para quien desee experimentar las reacciones oscilantes.

Chemical oscillations, waves and turbulence. Y. KURAMOTO. Springer-Verlag. Berlín, 1984.

Este libro, en lengua inglesa es una muestra de lo publicado sobre reacciones oscilantes. No es un libro de divulgación, sino un profundo análisis del fenómeno, tratado desde un punto de vista matemático. Se incluye en esta bibliografía como ejemplo de publicación de alto nivel.

Ecuacions de Gibbs generalitzades i extensió de la termodinàmica dels processos irreversibles. DAVID JOU I MIRABENT. Institut d'estudis catalans. Barcelona, 1984.

Se trata de un conjunto de trabajos publicados por el autor entre 1977 y 1982 por los que fue galardonado con el premio Eduard Fonserè 1982. En general se trata de un libro de alto nivel científico, con un alto grado de formalismo matemático, no recomendable para principiantes en el estudio de la termodinámica de procesos irreversibles. Sin embargo constituye una muy completa exposición de la teoría y de su aplicación a distintos sistemas, así como evaluar las correcciones disipación-fluctuación en estados estacionarios alejados del equilibrio. Contiene una amplísima referencia bibliográfica. Su redacción en lengua catalana no constituye un obstáculo para el lector aunque no la domine.

Artículos

Investigación y Ciencia

"Taller y laboratorio, Sistemas químicos que permiten oscilar de un color a otro". JEARL WALKER. Septiembre 1978.

Se describe detalladamente la forma de conseguir las reacciones oscilantes más habituales: Belusov-Zabotinsky, Briggs-Rauscher y alguna variante, tanto en su aspecto de reacciones en reactor agitado como de "ondas viajeras" bi o tridimensionales. Especifica claramente el procedimiento a seguir en cada caso, así como las proporciones de los reactivos, indicando las precauciones precisas para preparar las disoluciones y los cuidados a tener en cuenta a la hora de proceder. De inestimable valor para quienes deseen ensayar la experimentación en este campo.

"Reacciones químicas oscilantes". IRVING R. EPSTEIN, KENNETH KUSTIN, PATRICK DE KEEPER y MIKLOS ORBAN. Mayo, 1983.

Trabajo teórico escrito por algunos de los principales estudiosos del tema, uno de los cuales, Orban, ha colaborado con quien, hoy por hoy, tal vez sea la principal autoridad en el tema, Endre Körös de la Universidad de Eötvös. Se hace un breve desarrollo histórico y se describe el modelo teórico general de este tipo de reacciones, se clasifican las conocidas y se estudia la posibilidad de nuevos osciladores químicos, y se propone un posible mecanismo para la reacción de Belusov-Zabotinsky.

"Taller y Laboratorio. Osciladores salinos", n.º 15. Diciembre, 1978.

Se incluye este trabajo, más que por su relación con el tema, por su curiosidad. Es posible realizar osciladores entre recipientes conteniendo agua de distinta salinidad. El experimento o los experimentos, de muy fácil realización, encierran un alto contenido físico para explicarlos.

"Estructuras supraespirales". VICENTE PÉREZ MUÑAGORRI, n.º 189. Junio, 1992.

El investigador español V. Pérez explica la formación de estructuras superespirales en la reacción de Belusov-Zabotinsky, la forma de provocarlas, su análisis matemático e informático y las implicaciones teóricas e incluso prácticas que se derivan, siempre dentro de la línea de los procesos de la termodinámica no reversible. Quizás fuese interesante una explicación más detallada de los protocolos experimentales sobre todo para quienes deseen reproducir las estructuras descritas y analizadas.

Mundo Científico

"Cuando las imágenes flotan sobre ondas químicas". Por LOTHAR KUHERT, n.º 98. Enero, 1990.

Breve trabajo en el que se explica la posibilidad de aplicación de una reacción tipo Belusov-Zabotinsky, en la que el indicador de hierro, ferroína, ha sido sustituido por otro de rutenio, sensible a la luz, lo que genera un medio fotosensible en el que las ondas químicas son producidas por variación de la intensidad luminosa. A partir de ahí se especula con la posibilidad incluso de llegar a una memoria fotoquímica que podría llevar a un "ordenador químico" e incluso a un sistema experto, si se descubren reacciones autocatalíticas adecuadas.

"Las ondas químicas". CHRISTIAN VIDAL, n.º 99. Febrero, 1990.

Completísimo trabajo del profesor Christian Vidal de la Universidad de Burdeos I, premio Le Bel 1986 de la Sociedad francesa de Química por sus trabajos sobre el comportamiento de sistemas químicos fuera del equilibrio. Describe de forma muy rigurosa y clara este tipo de reacciones basándose en la típica de B-Z, sin recurrir a los mecanismos de reacción ni al planteamiento de las complejas ecuaciones que más o menos las explican. Pasa después a explicar las situaciones de caos determinista que, al parecer, se dan en estas reacciones y la creación y propagación de ondas químicas que se producen en capa fina, para concluir en las posibles implicaciones de este tipo de fenómenos a la hora de conseguir experimentalmente la formación de estructuras de Turing (distribuciones inhomogéneas, estacionarias y no propagativas de componentes químicos), hasta hoy no conseguidas, e incluso la importancia que estas reacciones pueden tener en múltiples procesos biológicos, incluida la aparición de la vida.

Caos y Sistemas Dinámicos

Libros

L'ordre dans le chaos. Vers une approche déterministe de la turbulence. P. BERGÉ, Y. POMMEAU, Christian Vidal Hermann. Paris, 1983.

Dentro del estudio del caos determinista, uno de los ejemplos de evoluciones temporales complicadas, Francia ha desempeñado un papel preponderante, de ahí que se cite como ejemplo un manual, todavía no traducido al castellano, pensado como introducción elemental, dirigido a estudiantes de Física, cuya claridad, presentación, limpieza de exposición y riqueza gráfica, le hacen especialmente asequible a poco conocimiento que se tenga de la Lengua francesa.

Orden y caos. ANTONIO FERNÁNDEZ RAÑADA (selección e introducción). Libros de *Investigación y Ciencia*. Prensa Científica. Barcelona.

Recopilación de 13 artículos publicados en *Investigación y Ciencia* sobre el tema. La mayoría de ellos son objeto de recesión en este trabajo. Tiene interés para quienes deseen una información sobre el tema y no tengan acceso a la colección de *Investigación y Ciencia*.

¿*Tan solo una ilusión?* Ilya Prigogine. Cuadernos Íntimos 111. Tusquets Editores. Barcelona, 1983.

El premio Nóbel de Química de 1977, por sus trabajos sobre la formulación general de la termodinámica de los procesos irreversibles, expone en este volumen su visión general del mundo, que explora —el subtítulo del libro es suficientemente esclarecedor, “Una exploración del orden al caos”—, a la luz de sus investigaciones y desde su punto de vista crítico con la física tradicional: “He tratado de destacar que en nuestro tiempo nos hallamos muy lejos de la visión monolítica de la Física clásica. Ante nosotros se abre un mundo del que apenas comenzamos a entrever las estructuras”, dice. En todo el libro trata de exponer sus ideas no sólo en temas exclusivamente científicos, sino en todo el conjunto de hechos que le relacionan con su entorno físico y social, abriendo caminos que desde su rigor y lucidez, se adentran en dominios que tradicionalmente corresponden al filósofo, al antropólogo o incluso al sociólogo o al psicólogo. De lectura recomendada no sólo al interesado en el tema del caos sino también de la Filosofía de la ciencia.

Artículos

Investigación y Ciencia

“El caos cuántico”. MARTIN C. GUTZWILLER. Marzo, 1992.

En este artículo se pretende explicar cómo el caos puede también alcanzar a los sistemas cuánticos. Tras una introducción donde se expone con bastante claridad cómo se llegó históricamente al concepto de caos clásico y explicados sus fundamentos, pasa a preguntarse si el concepto de caos y de sistema dinámico puede ocurrir en el mundo de los sistemas cuánticos. Partiendo de la idea inicial de Eugene P. Wigner sobre espectros de sistemas caóticos cuánticos, pasa a analizar distintas situaciones típicas de la mecánica cuántica en las que al parecer aparece el caos.

“Cómo generar el caos en casa”. “Taller y Laboratorio”. DOUGLAS SMITH. Marzo, 1992.

Trabajo de alto interés en el que se describe cómo generar un sistema caótico en un laboratorio sencillo, usando los siguientes elementos: osciloscopio; generador de funciones; resistencias óhmicas de 200 ohm; inductan-

cia de 100 microhenrys; diodos y simples conectores de cobre con pinza de cocodrilo (todo este material excepto, tal vez, los diodos, se encuentra en los laboratorios de los centros de EE. MM. españoles). Sugiere variaciones al experimento básico y describe las situaciones caóticas que se producen. Altamente interesante para los aficionados a la exploración experimental

"Anticaos y adaptación". STUART A. KAUFFMAN, n.º 184. Enero, 1992.

Se incluye este trabajo puesto que su tesis es demostrar cómo sistemas complejos pueden tender hacia un orden, todo ello basándose en modelos matemáticos de ordenador. De ser cierto, podría significar una interpretación nueva de la evolución, no rigida sólo por la selección natural.

"La Física del Botafumeiro". J. R. SANMARTÍN. Losada, n.º 161. Febrero, 1990.

El movimiento del artilugio, que puede ser uno de los primeros ejemplos de caos determinista conocidos, instalado hace siete siglos en la catedral compostelana, es objeto de un detallado estudio.

Otros artículos de Investigación y Ciencia que completan la información sobre el tema

"Caos y fractales en la fisiología humana". ARY L. GOLDBERG, DAVID RIGNEY y BRUCE WEST, n.º 163. Abril, 1990.

"Caos". J. CRUTCH FIELD y otros, n.º 125. Febrero, 1987.

Excelente trabajo de introducción al tema.

"Movimiento caótico". A. FERNÁNDEZ RAÑADA, n.º 114. Marzo, 1986.

Mundo Científico

"¿Cómo descubrí los fractales?", n.º 58. Mayo, 1986.

Interesante entrevista con Benoît Mandelbrot, padre de estas estructuras conocidas como fractales y sus implicaciones en el campo de la ciencia e incluso de las artes.

"El orden caótico". MONIQUE DUBOIS, PIERRE AFTEN y PIERRE BERGÉ, n.º 68.

El determinismo, como dogma intangible, ha presidido desde sus inicios el mundo de la física. Gracias a él es posible predecir la evolución de un sistema en el tiempo; sin embargo, sistemas en apariencia muy sencillos como un péndulo simple oscilando en un campo magnético, pueden adoptar un comportamiento que hace imposible predecir su comportamiento temporal, es el caos. En este artículo los autores introducen los conceptos fundamentales. El caos, aplicado e ilustrado con ejemplos que van desde el péndulo al que hemos hecho mención hasta el movimiento de una quisquilla. Excelente trabajo, por su claridad para la introducción en el tema y para la explicación de términos, como fractal, atractor, sensibilidad a las condiciones iniciales, etc.

"Explorar el caos a la luz de los láseres". PIERRE GLORIEUX y ELISABETH GIACOBINO, n.º 98, Enero, 1990.

Los impulsos erráticos de los láseres sí siguen las leyes del caos determinista. Los estudios en ellos son muy ricos y muy sencillos.

"La intermitencia o el orden destruido por oleadas". F. DAVIAUD, n.º 107, Noviembre, 1990.

Trata de la aparición de caos determinista en turbulencia, por ejemplo generados por líquidos en flujo de convección.

"El caos determinista". HERMANN HAKEN y ARNE WUNDERLIN, n.º 108.

Es uno de los mejores trabajos de divulgación sobre el caos determinista. Tras una introducción histórica se explica el concepto y se estudian diversas situaciones de caos determinista. En sus últimos párrafos se insinúa la posibilidad de extrapolar a ciencias como la Economía, en las cuales es imposible una previsión a largo plazo. Excelentes ilustraciones acompañan el trabajo.

"La ciencia del caos", n.º 115, Julio-agosto, 1991.

Se trata de un número monográfico dedicado al caos y sus implicaciones en Física, Química, Matemáticas Biología y Geología. No se destaca ninguno de los trabajos sino que dada la exhaustividad del número, se recomienda su lectura a todos los interesados en el conocimiento e incluso profundización del tema.

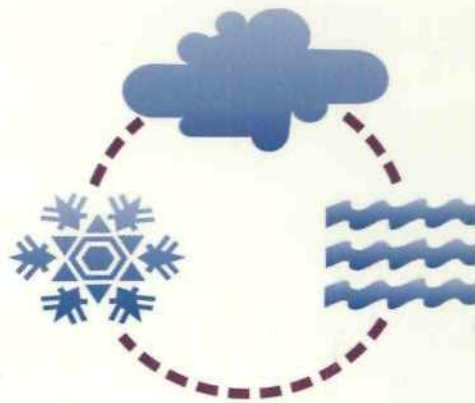
"La gramática del caos". PIERRE GLORIEUX, n.º 118.

Enfoque inspirado en la lingüística para explicar el caos.



DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección GENERAL
de FORMACIÓN DEL PROFESORADO

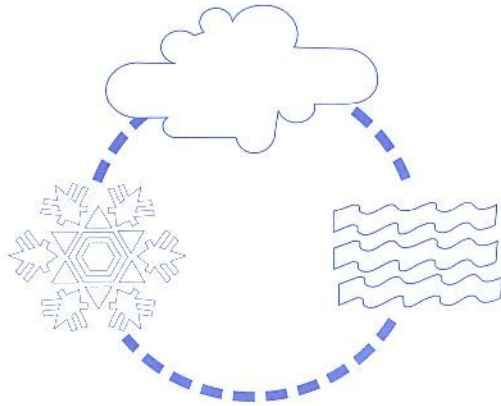


Orientaciones teórico-prácticas
para la elaboración
de Proyectos Curriculares

Curso de actualización científica y didáctica



Ministerio de Educación y Ciencia



Orientaciones para la
elaboración de Proyectos
curriculares

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O.: 176-92-015-6
I. S. B. N.: 84-369-2264-6
Depósito legal: M-25590-1992
Imprime: MARÍN ÁLVAREZ HNOS.

Prólogo

Los cursos ACD —A— pretenden contribuir a generar una tradición de formación basada en la reflexión sobre la acción docente, el trabajo en equipo y la incorporación de nuevos conocimientos. De ahí que los problemas profesionales relacionados con el diseño, desarrollo y evaluación de unidades didácticas constituyan un hilo conductor permanente en el proceso formativo. En la implantación de la Reforma, la elaboración de Unidades Didácticas en relación con las decisiones adoptadas por los equipos de profesores en el proyecto curricular constituyen el tercer nivel de concreción curricular, aquel en el que los profesores son los protagonistas fundamentales. Así, estos cursos pretenden favorecer la propia reflexión de los participantes en el proceso formativo, la integración de las diferentes informaciones que el curso proporciona y el trabajo en grupo, como experiencia necesaria en la construcción de un centro educativo capaz de dar respuestas propias en el marco de una mayor autonomía institucional.

Los módulos de carácter práctico “Orientaciones teórico-prácticas para la elaboración de unidades didácticas” y “Orientaciones teórico-prácticas sobre el modo de concebir y realizar un Proyecto de Centro” han de servir, por una parte, para orientar la realización de esa unidad didáctica; por otro, para facilitar una visión global sobre las posibilidades y necesidades que tienen los centros educativos en la actualidad y el sentido que para ellos pueden adquirir las propuestas que impulsa la Reforma. Su contenido específico está presente en todas las actividades del curso y aparece interconectado con otras informaciones y reflexiones que se proporcionan en los demás módulos y fases, si bien nunca se presenta de manera global.

El presente texto aspira en este marco a proporcionar una visión global de lo que puede ser la tarea colectiva en un centro educativo. La realización del Proyecto Curricular aparece así como un reto y síntesis de la respuesta que se da a la autonomía institucional reconocida. La primera parte ubica el Proyecto Curricular de Etapa dentro del conjunto de decisiones que se deben tomar, desarrolla los diferentes apartados que contiene y proporciona orientaciones sobre su proceso de elaboración¹. La segunda parte sitúa el Proyecto Curricular de Etapa en el marco de una concepción determinada del centro educativo y de su papel en la sociedad, y de manera complementaria a la primera parte, señala algunos aspectos relativos a sus características básicas y a su realización.

El texto ofrece, por tanto, dos partes bien diferenciadas en su desarrollo aunque no en su contenido. La intención es, en último extremo, proporcionar elementos variados para el análisis individual y colectivo. Si se consigue la reflexión del profesorado y eso le incita a la acción, podríamos decir que se ha obtenido el éxito que se deseaba.

¹ Este documento forma parte de los que componen los “Materiales para la Reforma” de Educación Secundaria que han sido enviados a aquellos centros que anticipan la implantación del 2.º ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria.

Índice

1. Proyecto Curricular.....	7
2. Proyecto Curricular en el marco de una escuela renovadora.....	97



Proyecto curricular

Índice

1. La autonomía de los centros	11
El Proyecto curricular dentro del conjunto de decisiones que debe tomar un centro	11
El Proyecto educativo de centro	12
La Programación general del centro	18
2. El Proyecto curricular: qué pretende y qué decisiones se toman en él	19
El sentido del Proyecto curricular	19
Finalidades del Proyecto curricular	19
Fuentes para la elaboración del Proyecto curricular	22
Objetivos generales de la etapa	25
Secuencia de objetivos y contenidos de área por ciclos o cursos	28
Secuencia por ciclos	28
Secuencia y organización en cada ciclo	31
Criterios para establecer la secuencia	32
Decisiones relativas al cómo enseñar	37
Principios metodológicos generales	38
Opciones metodológicas propias de cada área	39
Criterios para el agrupamiento de los alumnos	40
Organización de los espacios y los tiempos	41
Selección y criterios de uso de materiales y recursos didácticos	42
Decisiones relativas a la evaluación	46
¿Qué evaluar en el proceso de aprendizaje de los alumnos?	46
¿Cómo evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos?	50

¿Cuándo evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos?.....	53
La evaluación de la práctica docente	54
Evaluación integradora y criterios de promoción.....	57
Orientación y Tutoría	59
Orientación educativa.....	60
Orientación académica y profesional	61
Medidas de atención a la diversidad	63
Optatividad	64
Diversificación curricular.....	65
Organización de los recursos personales y materiales dirigidos a los alumnos con necesidades educativas especiales	66
Programas específicos	68
3. El proceso de elaboración del Proyecto curricular	71
¿Quién elabora el Proyecto curricular?	71
Estrategias de elaboración del Proyecto curricular	72
Estrategias de elaboración	74
¿Cómo empezar la elaboración del Proyecto curricular?.....	77
Anexos	
Anexo I : Resolución de la Secretaría de Estado sobre Proyectos curriculares	82
Anexo II : Orden de implantación anticipada del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria	85

1

La autonomía de los centros

El proyecto curricular dentro del conjunto de decisiones que debe tomar un centro

¿Qué decisiones debe tomar un centro escolar?

Planificar y llevar a cabo el proceso educativo supone que los distintos miembros de la comunidad escolar en la que se inserta el centro tomen una serie de decisiones compartidas. El funcionamiento armónico del centro hace necesaria la existencia de unas bases comunes de actuación, sin las cuales no quedaría suficientemente garantizada una coherencia mínima en la formación del alumnado. Este conjunto de decisiones se diferencian entre sí fundamentalmente por su *finalidad y naturaleza*, por el *momento* en que se establecen y por las *personas* que en cada caso son responsables de definir las y revisarlas.

A partir de la nueva normativa que se establece en la Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) y su posterior desarrollo normativo se pueden distinguir tres grandes procesos de toma de decisiones:

1. El Proyecto Educativo de Centro.
2. El Proyecto Curricular de Etapa.
3. La Programación General del Centro, de carácter anual.

A continuación abordaremos los procesos de toma de decisiones en el Proyecto educativo y en la Programación general del centro.

El Proyecto educativo de centro

Uno de los aspectos en los que la Reforma ha hecho mayor hincapié ha sido en la necesidad de dar autonomía a los centros educativos, reconociéndolos como la unidad y pieza clave del sistema educativo. Esta autonomía es precisa porque el proceso educativo no puede ni debe ser necesariamente el mismo en todos ellos, sino que tendrá que responder al contexto socioeconómico y cultural en el que se encuentre ubicado, a las peculiaridades de su alumnado y a la concepción educativa que los docentes, los alumnos y los padres mantengan.

La reflexión sobre estas necesidades específicas, que cualquier centro escolar tiene, debe dar las pautas para establecer las señas de identidad que permitan ir dotando al centro de un **estilo educativo propio**. Es bueno que toda institución escolar tenga sus propias opciones como lo es que las tenga cada docente e igualmente la Administración, aunque en este caso deben ser lo suficientemente amplias como para que en ellas se reconozca la mayoría del profesorado y de la sociedad.

La Ley Orgánica del Derecho a la Educación (LODE) establece como una de sus líneas básicas que:

“En la medida en que no constituya discriminación para ningún miembro de la comunidad educativa, y dentro de los límites fijados por las leyes, los centros tendrán autonomía para establecer materias optativas, adaptar los programas a las características del medio en que estén insertos, adoptar métodos de enseñanza y organizar actividades culturales escolares y extraescolares.”

Es bien cierto que la escuela pública viene ya caracterizada por una serie de principios básicos, pero son lo suficientemente amplios como para configurar un marco dentro del cual caben modelos educativos peculiares. Y es enriquecedor que todos los centros ofrezcan a la sociedad una reflexión explícita sobre las opciones y finalidades que rigen su intervención educativa, dentro del respeto a los valores constitucionales.

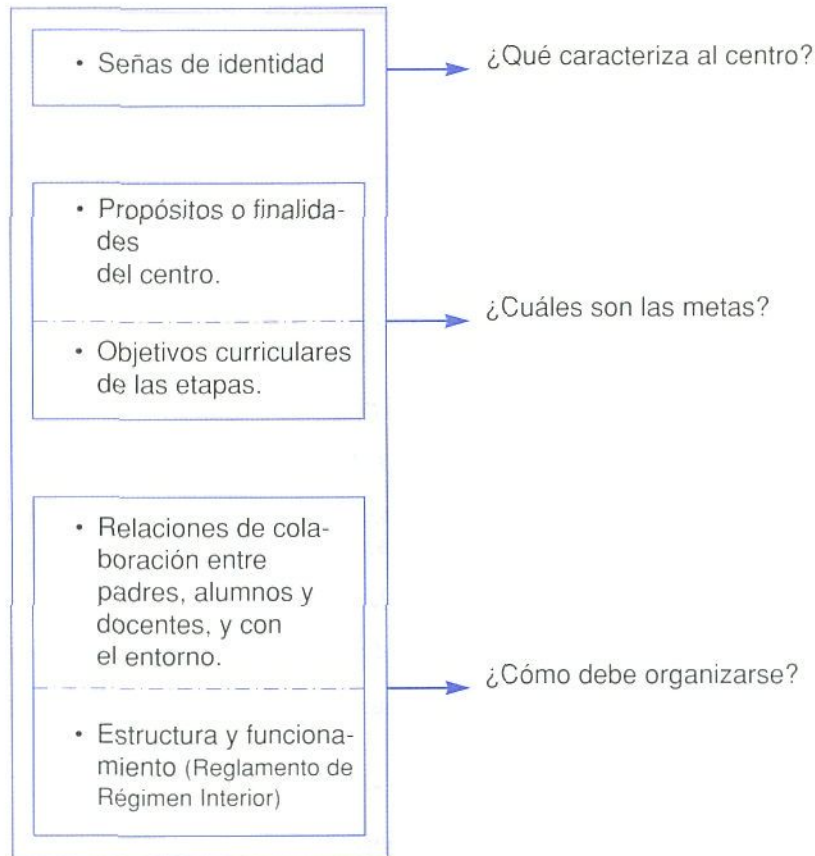
El Proyecto educativo es el documento que recoge este conjunto de decisiones, es decir, aquellas ideas, asumidas por toda la comunidad escolar, respecto a las opciones educativas básicas y la organización general del centro.

Decisiones del P. E. C.

En el Proyecto educativo, y a través del análisis del contexto socio-cultural y económico en el que se encuentra ubicado, se establecerán, por tanto, las siguientes decisiones que permiten responder a las preguntas relativas a **¿qué caracteriza al centro?, ¿cuáles son las metas?, ¿cómo debe organizarse?:**

- Las señas de identidad.
- Los propósitos o finalidades del centro en los que se concretan esas señas.

- La revisión de los objetivos generales del currículo de las etapas que se impartan en el centro.
- Las relaciones de colaboración entre todos aquellos implicados en poner en funcionamiento los objetivos.
- La estructura organizativa que los hará posibles, que se concreta en el Reglamento de Régimen Interior.



Decisiones del Proyecto Educativo de Centro.

¿Qué caracteriza al centro?

Todo centro tiene una serie de rasgos que configuran sus **señas de identidad**, desde las más evidentes — como ser un centro público o privado, ubicado en una zona urbana o rural, con un alumnado de unas determinadas características socioculturales—, a otras, que se refieren a las opciones más relevantes que configuran su concepción educativa.

La institución escolar asume y formula en las señas de identidad aquellos aspectos, pocos, con los que más se identifica. No se trata de agotar todos los elementos de una posible concepción pedagógica, sino de destacar los que se comparten por el conjunto de las personas que forman la comunidad escolar y que son prioritarios.

Las principales opciones educativas que se consideran básicas para el conjunto del alumnado, en coherencia con los valores de la Constitución y de la LODE, se concretan posteriormente en la LOGSE, en donde aparecen recogidas en el artículo 2.º:

La actividad educativa se desarrollará atendiendo a los siguientes principios:

- a) Formación personalizada que propicie una educación integral en conocimientos, destrezas y valores morales de los alumnos en todos los ámbitos de la vida, personal, familiar, social y profesional.*
- b) La participación y colaboración de los padres o tutores para contribuir a la mejor consecución de los objetivos educativos.*
- c) La efectiva igualdad de derechos entre los sexos, el rechazo a todo tipo de discriminación y el respeto a todas las culturas.*
- d) El desarrollo de las capacidades creativas y del espíritu crítico.*
- e) El fomento de los hábitos de comportamiento democrático.*
- f) La autonomía pedagógica de los centros dentro de los límites establecidos por las leyes, así como la actividad investigadora de los profesores a partir de su práctica docente.*
- g) La atención psicopedagógica y la orientación educativa y profesional.*
- h) La metodología activa que asegure la participación del alumnado en los procesos de enseñanza y aprendizaje.*
- i) La evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, de los centros docentes y de los diversos elementos del sistema.*
- j) La relación con el entorno social, económico y cultural.*
- k) La formación en el respeto y defensa del medio ambiente.*

El Proyecto educativo debería reflexionar sobre estas opciones desde la peculiaridad de las señas de identidad —que en su contexto puedan resultar significativas—, como pueden ser prestar especial atención a ciertos temas transversales que muestren especiales carencias en el centro o incluir determinadas actividades que faciliten la integración de alumnos con distintas culturas.

¿Cuáles son las metas?

Para que las señas de identidad establecidas sean realmente operativas es conveniente concretarlas en **propósitos o finalidades educativas** que el centro en su conjunto quiere conseguir. Un ejemplo sería el siguiente:

“El centro prestará especial atención a la diversidad de sus alumnos y alumnas con respecto tanto a sus capacidades físicas e intelectuales como a sus diferencias en relación a su cultura o religión, adoptando medidas entre las que se encuentra incorporarse al Programa educativo de integración de alumnos con necesidades educativas especiales.”

En este ejemplo, el centro retoma un valor básico de la educación como es la atención a la diversidad y lo convierte en una finalidad concreta a través del compromiso de incorporarse al Programa de integración.

Otro ejemplo, sobre cómo un centro establece ciertas prioridades en su Proyecto educativo, sería el siguiente:

“El centro, en función de las condiciones deficientes de atención a la salud y la higiene de la zona en la que está enclavado, prestará especial atención al desarrollo de las condiciones que promuevan la creación de un centro saludable.”

Estas prioridades del centro deben, desde luego, concretarse posteriormente en una **revisión de los objetivos generales de las distintas etapas** que se impartan y que se recogen en los respectivos *Reales Decretos de currículo*, ya que éstos configuran precisamente las intenciones educativas que el conjunto de los colectivos implicados en la función educativa del centro tiene para con su alumnado. Son, por tanto, las metas en las que en último término deberán plasmarse la concepción pedagógica y los objetivos del centro de carácter más general. En este sentido, el Proyecto educativo debe incluir la revisión que de estos objetivos se haga a la luz de las señas de identidad establecidas. Es fundamental que padres, alumnos, docentes y miembros representativos de la comunidad asuman de forma consensuada las capacidades que consideren conveniente ayudar a desarrollar en los alumnos y alumnas del centro. En esta decisión los docentes, dado que son los que tienen más experiencia en el tema, suelen tomar la iniciativa presentando al resto del Consejo Escolar una primera propuesta.

¿Cómo debe organizarse?

Llegar a conseguir los propósitos que un centro se ha planteado supone establecer posteriormente las **relaciones de colaboración entre los distintos colectivos que intervienen en la educación**. Por ello, el Proyecto educativo debe incorporar también las líneas básicas que regirán el papel de los padres en el proceso educativo, las decisiones relativas a las asociaciones de alumnos, así como las conexiones que se establecerán con otras instituciones de la comunidad. El centro debe estar abierto al entorno, y los recursos que él puede ofrecer, así como los que puede recibir del resto de la comunidad, deben establecerse en el Proyecto educativo.

Por último, llegar a conseguir los propósitos que se hayan establecido supone asimismo que el centro decida a través de qué **estructura** va a hacerlo y con qué **procesos de funcionamiento**. Y éste es el último tipo de decisiones que deben tomarse en el Proyecto educativo. Se trataría de definir en sus líneas básicas qué organización es la que más claramente puede favorecer la consecución de las finalidades marcadas, y concretar en cuál o cuáles miembros de la estructura va a recaer la responsabilidad de esta tarea, así como señalar el funcionamiento que se considere más oportuno. Todas estas decisiones, que acaban normalmente concretándose en normas, configuran el Reglamento de Régimen Interior.

En el caso del propósito referido al Programa de integración, estos dos últimos tipos de decisiones llevarían, por ejemplo, a que el Consejo estableciera las grandes líneas de organización de los distintos profesionales que

intervendrán con los alumnos con necesidades educativas especiales: tutores, profesores de apoyo, Departamento de orientación, equipo interdisciplinar de sector, etc.

Por lo que se refiere al segundo de los ejemplos, sobre Educación para la Salud, esta decisión del Proyecto educativo debe complementarse estableciendo el compromiso que cada colectivo del Consejo Escolar asume. Así, los responsables del mantenimiento del centro deben asegurar el funcionamiento de los servicios higiénicos básicos (aseos, papel higiénico, jabón y toallas, control de las medidas que se exigen en el bar del centro, la limpieza del centro en general, etc.). Asimismo se debe valorar la participación de los servicios locales de salud en la actividad educativa del centro. Los padres del Consejo deben asumir las acciones que puedan realizarse para difundir y hacer tomar conciencia de este objetivo prioritario al resto de los padres del centro. Los profesores serán los responsables de concretar las actuaciones didácticas, a través del Proyecto curricular y de las Programaciones, que permitan desarrollar en el alumnado las capacidades y los contenidos, sobre todo de tipo actitudinal, que conlleva establecer la prioridad de este tema transversal de Educación para la Salud. Ello podría llevar, por ejemplo, a las áreas de Ciencias de la Naturaleza y de Educación Física a destacar los temas de nutrición o a que el centro ofrezca una optativa sobre este tema.

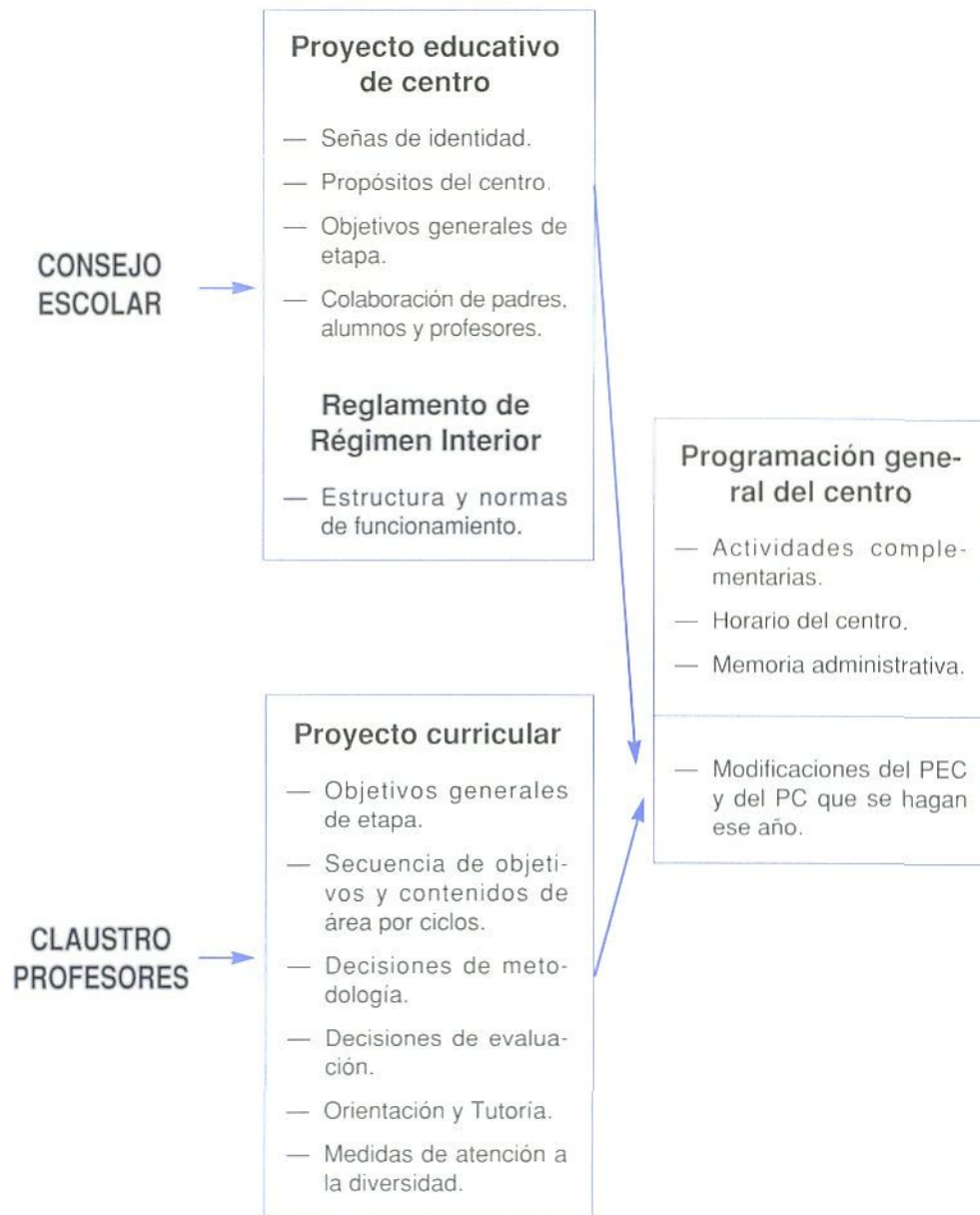
Aprobación y evaluación del Proyecto Educativo de Centro

La responsabilidad de la aprobación y evaluación del Proyecto educativo es del **Consejo Escolar**. En el Consejo Escolar están representados los distintos grupos que componen la comunidad educativa, y es fundamental que se sientan implicados en las decisiones que se establecen en el Proyecto educativo del centro. Para ello es necesario que los diversos representantes discutan con sus colectivos y recojan sus opiniones. De lo contrario se corre el riesgo de que los objetivos definidos no se asuman realmente por personas que se sientan ajenas al proceso.

En el caso de los centros privados, el artículo 22 de la LODE adjudica la responsabilidad de definir el Carácter Propio al Titular del centro.

La elaboración del Proyecto educativo es un **proceso dinámico**, y como tal, siempre inacabado y sujeto a revisión. Sin embargo, no debe interpretarse este rasgo definitorio del Proyecto educativo como una dificultad que bloquee el trabajo de los equipos docentes. Sería pernicioso intentar agotar todas las posibles reflexiones que cabrían bajo el ámbito de definición de la línea educativa de un centro. La identidad se va adquiriendo poco a poco a través de la experiencia y la práctica. En ese sentido, es más el fin de un proceso que su punto de partida, describe más bien el ideal de la educación que desea un centro que su realidad, una realidad que habrá que ir construyendo de manera progresiva. Y es así como debe interpretarse por parte de quienes lo elaboren, consiguiendo con ello una agilidad imprescindible para que estos procesos de toma de decisiones cumplan su función y no se conviertan en meros documentos burocráticos. En todo caso, el Ministerio de Educación y Ciencia no va a solicitar de los centros que anticipan la Reforma que elaboren el Proyecto educativo durante el curso 1992-93. No sería necesario contar con él hasta que el conjunto de la Educación Secundaria Obligatoria se hubiera implantado en el centro. Si bien, y dado que la elaboración es un proceso largo, los Consejos Escolares podrían ir trabajando desde el curso 1992-93.

El Proyecto educativo de centro tiene **vocación de estabilidad**, como se acaba de indicar. Ello no significa, no obstante, que no deba someterse a revisión. Será necesario que el Consejo Escolar evalúe las decisiones toma-



Relaciones entre los procesos de toma de decisión en un centro escolar.

das en él introduciendo las modificaciones que se considere necesarias. En la Programación general del centro, que a comienzo de cada curso deben remitir los centros dependientes del Ministerio de Educación y Ciencia a la Dirección Provincial correspondiente, **se comunicarán los cambios que se hayan producido**. No es necesario, por tanto, elaborar anualmente el Proyecto educativo. Tan sólo es preciso estar atento a su revisión para evitar que se produzca un distanciamiento entre las intenciones educativas y la práctica real.

Las decisiones que se hayan establecido en el Proyecto educativo, cuya naturaleza responde a opciones y principios generales, deben concretarse posteriormente en el Proyecto curricular donde estos principios se traducen en acuerdos didácticos que responderán al *qué, cómo y cuándo enseñar y evaluar*. Las siguientes partes de este documento desarrollarán estos aspectos del Proyecto curricular.

La Programación general del centro

La Programación general del centro se configura con dos tipos de información:

- a) Las decisiones que por su naturaleza variarán cada curso.
- b) Las decisiones fruto de la revisión del Proyecto educativo y del Proyecto curricular.

En este sentido la Programación general anual incluiría los siguientes elementos:

- Las actividades complementarias que el centro vaya a realizar.
- El horario general del centro.
- La memoria administrativa.
- Las modificaciones o nuevas decisiones que se considere oportuno introducir en el Proyecto educativo y en el Proyecto curricular.

De esta manera, los centros educativos dependientes del Ministerio de Educación y Ciencia no tendrán que elaborar todos los años el Proyecto educativo y el Proyecto curricular, limitándose a revisar anualmente aquellos aspectos que en la evaluación del centro consideren necesarios.



El Proyecto curricular: qué pretende y qué decisiones se toman en él

El sentido del proyecto curricular

Finalidades del Proyecto curricular

El *Proyecto curricular* es el proceso de toma de decisiones por el cual el profesorado de una etapa educativa determinada establece, a partir del análisis del contexto de su centro, una serie de acuerdos acerca de las estrategias de intervención didáctica que va a utilizar, con el fin de asegurar la coherencia de su práctica docente.

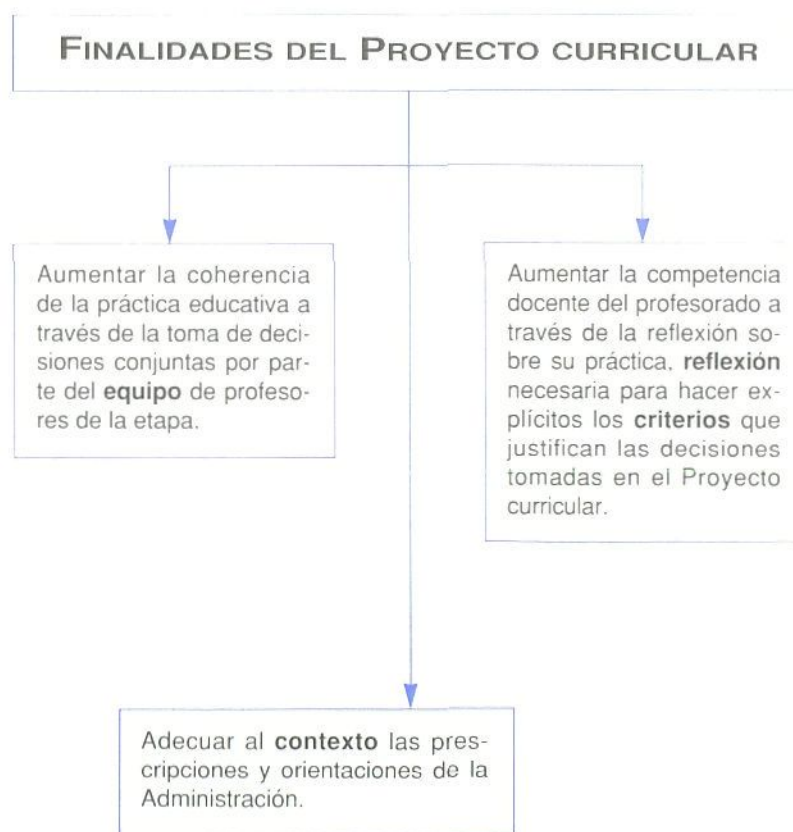
La necesidad de establecer este nuevo elemento de reflexión en los centros surge del convencimiento de que la actividad docente ve incrementada considerablemente su eficacia cuando es el fruto de una serie de decisiones discutidas y asumidas colectivamente por los **equipos** de profesores de los centros. Y de que, por el contrario, el modelo de funcionamiento basado en una estructura básicamente individual en el que cada profesor o profesora organiza su enseñanza para su grupo de alumnos disminuye significativamente la calidad de la educación escolar. De ahí que la Reforma destaque, como un elemento clave para la mejora del Sistema Educativo, la *consolidación de los equipos docentes*, a la que puede colaborar, junto con otras medidas, la elaboración del Proyecto curricular.

Sin embargo, no es ésta la única razón que avala el sentido de este Proyecto. Hay otro gran principio pedagógico que señala que la competencia docente aumenta claramente a través de los procesos de **reflexión** sobre la práctica educativa. Cuando el profesorado tiene que tomar decisiones sobre aspectos del proceso de enseñanza

que no le vienen determinados desde la Administración se ve obligado a reflexionar sobre las distintas opciones posibles confrontándolas con sus conocimientos y con su experiencia, haciendo explícitos los **criterios** que le lleven a decidirse en cada caso.

Este proceso es enormemente enriquecedor, sobre todo si se lleva a cabo por el conjunto de profesores que intervienen sobre un mismo colectivo de alumnos o sobre un mismo ámbito de conocimiento, trabajando en equipo. Es un *proceso formativo en sí mismo* que ayuda a incrementar y actualizar los conocimientos de los docentes, mejorando con ello su práctica en el aula.

Por último, el sentido del Proyecto curricular se justifica también por el convencimiento de la Administración de que los centros no deben ser idénticos entre sí, ya que no lo es su alumnado. Sino que, por el contrario, para que todos ellos consigan las mismas finalidades educativas, principio éste irrenunciable para garantizar el derecho a la igualdad de oportunidades, deberán ajustar su respuesta educativa a las peculiaridades de cada **contexto**. La adecuación que el Proyecto curricular supone a estas necesidades específicas es, por tanto, su tercera finalidad.



Para alcanzar estas tres finalidades es por lo que la Reforma ha optado por un modelo curricular más abierto y flexible del que hasta este momento estaba vigente. Un modelo que se caracteriza por el hecho de que las Administraciones educativas establecen un nivel de prescripción menor, favoreciendo con ello la autonomía de los equipos docentes.

Niveles de concreción

En el Proyecto curricular se concretan y contextualizan las prescripciones de la Administración teniendo en cuenta las peculiaridades de cada centro, como se establece en la *Resolución de la Secretaría de Estado por la que se regula la elaboración de Proyectos curriculares para la Educación Secundaria Obligatoria*, que se recoge en el Anexo I de este documento. Esta concreción se realiza para cada una de las etapas que se impartan en el centro, ya que éste es el tramo educativo para el que la Administración ha establecido el currículo. Los objetivos que se persiguen con el proceso de enseñanza y los contenidos que es necesario trabajar para alcanzarlos vienen definidos en los **Reales Decretos de currículo** para el conjunto de cada una de las etapas (véase el *Decreto de Currículo*, B. O. E. 13 de septiembre de 1991). Con lo cual la coherencia y conexión entre ellas está ya en gran parte definida. Son entonces *decisiones internas a la etapa* las que deben establecerse en el Proyecto curricular.

Los propósitos o finalidades que se hayan definido en el Proyecto educativo de centro irán tomando cuerpo de manera peculiar en cada etapa a través de los acuerdos sobre estrategias didácticas a los que se llegue en los correspondientes **Proyectos curriculares**. Así, por ejemplo, un centro que, a partir de la nueva estructura del sistema, escolarice alumnos desde los doce hasta los dieciocho años tendría un único Proyecto educativo, común para todo el centro, y dos Proyectos curriculares: uno de Secundaria Obligatoria y otro de Bachillerato, aunque ambos deban elaborarse de manera conjunta cuidando que los principios que los articulen sean coherentes entre sí.



De las "Enseñanzas mínimas" a las programaciones de aula

Por otra parte, el Claustro del centro en su totalidad es el responsable de la aprobación de los Proyectos curriculares de cada etapa, como se explica en detalle en la tercera parte de este documento: “El proceso de elaboración del Proyecto curricular”.

Una vez establecido el Proyecto curricular, y en el marco de los acuerdos tomados en él por parte del conjunto del profesorado de la etapa, organizado en torno a los Seminarios o Departamentos, se elaborarán las **Programaciones de aula**. En este tercer nivel de concreción, los profesores y profesoras de cada Departamento ajustarán las decisiones tomadas en el Proyecto a cada grupo concreto de alumnos.

Fuentes para la elaboración del Proyecto curricular

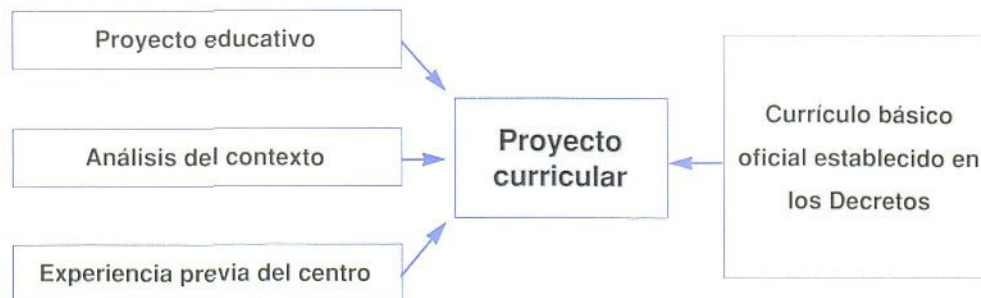
Para elaborar el Proyecto curricular debe partirse de cuatro grandes fuentes de información:

- El Proyecto educativo.
- El análisis del contexto.
- El currículo básico que se prescribe desde la Administración.
- La experiencia derivada de la práctica docente del centro.

El **Proyecto educativo** orientará en tanto en cuanto en él se han definido los rasgos de identidad del centro y las grandes finalidades que se quiere presidan la práctica docente.

El **análisis del contexto** es fundamental, ya que el Proyecto curricular lo que pretende es concretar y adecuar a las necesidades peculiares de cada centro las decisiones que la Administración educativa ha establecido para todos los centros, y que, por tanto, son generales y poco contextualizadas.

Parte del análisis del contexto ya se ha hecho al elaborar el Proyecto educativo, pero en aquel momento se estaba pensando en el conjunto de los alumnos del centro, y en cambio en el Proyecto curricular el análisis se precisa para el alumnado de cada etapa, que suele tener rasgos distintivos. Por otra parte, en el Proyecto educativo



Fuentes para la elaboración del Proyecto curricular

este análisis estaba al servicio de una reflexión muy amplia sobre las grandes líneas maestras del proceso de educación, y en el Proyecto curricular las necesidades que se deriven del contexto se analizan desde la traducción que deben tener en decisiones mucho más concretas, como son las opciones metodológicas, de evaluación o la mejor manera de organizar la secuencia de capacidades y contenidos en cada ciclo.

Otra de las fuentes a partir de las cuales se elabora el Proyecto curricular, y una de las más importantes, es la **experiencia previa** del centro, que se habrá plasmado de manera más o menos explícita en sus programaciones. Es fundamental partir del análisis de este material con el fin de recoger la tradición del centro y hacer rentable el "capital" de experiencias educativas que ya posee.

Por último, será también necesario que los equipos docentes tengan en cuenta el Real Decreto por el que se establece el **currículo de su etapa**¹, ya que debe tomarse como el punto de referencia para establecer las decisiones. Los equipos docentes deben estudiar las opciones básicas de la Reforma y cómo éstas se han plasmado en las características más innovadoras de los elementos curriculares, para utilizarlos como referente de contraste con la práctica que hasta ese momento haya estado presente en el centro.

El currículo que la Administración presenta supone la definición de las intenciones que el Sistema Educativo tiene para con su alumnado. Es decir, lo que se quiere que un alumno o una alumna hayan desarrollado como consecuencia de la intervención escolar. Resulta cada día más evidente que la educación no es patrimonio exclusivo de las instituciones escolares. Muy por el contrario, son múltiples los agentes sociales que educan a los adolescentes en la sociedad en la que nos desenvolvemos (familia, grupos de iguales, medios de comunicación...). Es necesario que la institución escolar defina qué capacidades de desarrollo y qué contenidos culturales, de entre todos los posibles, van a ser objeto de su intervención, ya que es imposible pretender que la educación escolar abarque todo lo que una persona puede y debe aprender. Esta selección es la que se efectúa a través de la definición de un currículo determinado.

Resulta, por tanto, evidente que estas intenciones educativas, plasmadas en los Reales Decretos de currículo, deben ser conocidas y discutidas por los equipos docentes, constituyendo el referente de contraste de las restantes fuentes para la elaboración del Proyecto curricular.

Estas fuentes de información ayudan al profesorado de la etapa a tomar una serie de decisiones que se recogen en el cuadro siguiente y que son las que constituyen el Proyecto curricular. Este cuadro será el referente básico, por tanto, de los capítulos que se desarrollan a continuación.

¹ Véase el documento *Decreto de Currículo* (B. O. E. 13 de septiembre de 1991).

DECISIONES DEL PROYECTO CURRICULAR

¿Qué enseñar?

Objetivos generales de la etapa

¿Cuándo enseñar?

Secuencia de objetivos y contenidos de área que se trabajarán en cada ciclo o curso

¿Cómo enseñar?

Estrategias metodológicas:

- principios metodológicos generales
- opciones metodológicas propias de cada área
- agrupamientos
- tiempos
- espacios
- materiales

¿Qué, cómo y cuándo evaluar?

Estrategias y procedimientos de evaluación:

- qué evaluar
- cómo evaluar
- cuándo evaluar
- criterios de promoción

Orientación y Tutoría

- orientación educativa a los Seminarios
- orientación académica y profesional
- organización de la acción tutorial

Medidas de atención a la diversidad

- optatividad
- diversificación curricular
- organización de los recursos materiales y personales para alumnos con necesidades educativas especiales

Objetivos generales de la etapa

Los *objetivos generales de la etapa* establecen las capacidades que se espera que al final de la Educación Secundaria Obligatoria haya desarrollado una alumna o un alumno, como consecuencia de la intervención educativa que el centro ha planificado intencionalmente.

Los objetivos generales, junto con los contenidos, responden a la pregunta acerca de *¿qué deben aprender los alumnos? y, por tanto, ¿qué es preciso enseñar?* La lectura de estos objetivos generales ofrece un perfil del tipo de persona que se quiere conseguir como fruto del proceso educativo. Ahora bien, eso supone una aproximación a los rasgos generales y comunes a la mayoría de la población de su edad, que deben ser reinterpretados en el centro contrastándolos con los del tipo de alumnos y alumnas que el equipo docente pretende contribuir a desarrollar. Este proceso de contraste entre el tipo de persona predefinido en los objetivos generales de la etapa y el tipo de alumno que se desea formar es la finalidad que se pretende con la primera fase de toma de decisiones del Proyecto curricular.

Es un elemento fundamental, ya que es muy importante que todo el equipo docente de una determinada etapa comparta los mismos objetivos, independientemente del ciclo o área que imparta. Solamente así podrá facilitarse una formación global y coherente de los alumnos. Estos objetivos generales han de orientar y vertebrar la actuación educativa en todas las áreas, a lo largo de la etapa.

La reflexión que sobre estos mismos objetivos se haya realizado en el Proyecto educativo por parte de los distintos colectivos representados en el Consejo Escolar deberá ser el punto de partida del trabajo del equipo docente, que terminará de adecuar al contexto las intenciones educativas de la etapa. La presencia de este elemento como *decisión común a ambos proyectos*, educativo y curricular, debe ser un instrumento importante para la necesaria coherencia que debe existir entre ambos documentos.

Los objetivos cumplen tres *funciones* que justifican su importancia: definen las metas que se pretende alcanzar; si se enuncian con claridad, ayudan a seleccionar los contenidos y medios didácticos que pueden permitir conseguirlos; y, por último, constituyen el referente indirecto de la evaluación.

El nivel con el que se expresan las capacidades, es decir, el grado en el que se espera que se hayan adquirido las capacidades, está definido para el final de la Educación Secundaria Obligatoria, aproximadamente para los quince y dieciséis años de edad. Sin embargo, son objetivos que tienen una clara intención de marcar el *proceso de desarrollo de la capacidad* y no el aspecto terminal de la misma. Sólo llegarán los alumnos a alcanzar ese nivel de capacidad si el proceso de enseñanza que se programa a lo largo de los dos ciclos de la Educación Secundaria Obligatoria está planificado para asegurar ese grado de aprendizaje.

Características

Cuando el equipo docente esté realizando esta reflexión sobre los objetivos es importante que preste atención a las características más novedosas de este elemento del currículo, ya que son las que tienen mayor capacidad de innovar la práctica educativa. El aspecto clave de los objetivos es que están expresados en términos de **capacidades**. Es decir, se considera que lo que la institución escolar debe ayudar a desarrollar no son tanto comportamien-

tos específicos iguales para todo el alumnado, sino capacidades generales, competencias globales que después se ponen de manifiesto en actuaciones concretas que pueden ser distintas en cada alumno aunque se deban a la misma capacidad. Lo que se encuentra en el análisis de los objetivos son estas capacidades que resultan necesarias para el desarrollo de la persona, en cuya consecución debe centrarse la intervención escolar.

Se ha tenido buen cuidado en la definición de los objetivos de que las capacidades se refieran al **conjunto de los ámbitos del desarrollo**, ya que muchas veces la enseñanza ha estado excesivamente desequilibrada hacia capacidades de tipo intelectual y no ha prestado la misma atención a capacidades afectivas, capacidades de interacción con otros, capacidades necesarias para la inserción y actuación social o capacidades de tipo motor.

Sólo la actuación sobre el conjunto de estas capacidades puede ayudar al desarrollo armónico del alumnado. De lo contrario se puede estar colaborando a educar personas con una buena capacidad intelectual, pero con pocas destrezas sociales, con problemas de inmadurez afectiva, inseguros, irritables, etc., o incapaces de actuar de manera crítica y activa sobre el entorno social en el que se desenvuelvan.

Características de los objetivos generales

- Están definidos en términos de capacidades y no de comportamientos.
- Capacidades que se refieren al conjunto de los ámbitos del desarrollo (intelectual, motor, equilibrio personal, relación interpersonal, inserción y actuación social).
- En un mismo objetivo se recogen capacidades de distintos ámbitos con el fin de destacar las relaciones que existen entre sí.

Una de las estrategias que precisamente puede ayudar a llevar adelante este proceso de lectura de los objetivos, teniendo en cuenta el contexto, es ir identificando las distintas capacidades que hay en cada objetivo de la etapa y discutir acerca de las interrelaciones que pueden existir entre ellas, ya que esa trabazón se debe tener en cuenta a la hora de organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje. El siguiente ejemplo ilustra este proceso:

“Analizar los mecanismos básicos que rigen el funcionamiento del medio físico, valorar las repercusiones que sobre él tienen las actividades humanas y contribuir activamente a la defensa, conservación y mejora del mismo como elemento determinante de la calidad de vida” (Objetivo “i” de la Educación Secundaria Obligatoria).

Las distintas capacidades, en *cursiva* en el texto, ponen de manifiesto que son varias las intenciones que se pretenden en esta etapa con respecto al conocimiento del medio físico. Por una parte encontramos capacidades de tipo cognitivo, ya que se quiere que el alumno *analice* los mecanismos que rigen el funcionamiento del medio físico, pero se quiere igualmente que desarrolle capacidades que tienen más que ver con el ámbito de la inserción y actuación social, ya que se pretende que tras *valorar* las repercusiones de las actuaciones humanas *contribuya* activamente a su defensa.

Quedan otros muchos matices en el posible análisis de este objetivo, pero debería bastar con el que hasta aquí se ha hecho para poner de manifiesto la **interrelación de las capacidades** y su repercusión en otras decisiones didácticas del Proyecto curricular.

Adecuación de los objetivos

La identificación y discusión acerca de las capacidades presentes en los objetivos habrá posibilitado una comprensión de los mismos que permitirá al equipo docente adecuarlos a las peculiaridades de su centro. Esta adecuación puede hacerse de distintas maneras: matizando, dando prioridad, desarrollando más alguna idea, añadiendo aspectos que no se consideren recogidos... En último término, todas estas posibilidades conducen a un mismo fin: ajustar las intenciones educativas generales a lo que cada centro escolar considera que debe ayudar a conseguir en su alumnado.

En el siguiente ejemplo se indican ciertas matizaciones al objetivo “a” de Secundaria Obligatoria, relativo a las capacidades lingüísticas, llevadas a cabo en un centro en el que se observa una pobreza de lenguaje considerable, debido al contexto sociocultural en el que se encuentra ubicado. El texto del objetivo establece que el alumno debería ser capaz de:

“Comprender y producir mensajes orales y escritos con propiedad, autonomía y creatividad en castellano, en su caso, en la lengua propia de su Comunidad Autónoma, y al menos en una lengua extranjera, utilizándolos para comunicarse y para organizar los propios pensamientos, y reflexionar sobre los procesos implicados en el uso del lenguaje.”

En el comentario que el equipo docente hizo a este objetivo estableció las siguientes matizaciones:

“Cuando se trabaje este objetivo se deberá hacer especial hincapié en los siguientes aspectos:

- El aprendizaje de la lengua deberá ser una prioridad del conjunto del profesorado que trabaje en la etapa y no sólo del responsable del área de Lengua y Literatura.
- En el área de Lenguas Extranjeras se hará especial hincapié en resaltar aquellos aprendizajes que son comunes a cualquier lengua y, por tanto, al Castellano, lo cual exigirá una estrecha colaboración entre ambos seminarios.
- Durante todos los cursos de la etapa se ofrecerá una optativa dirigida a consolidar los aspectos más funcionales de la lengua.”

En este proceso de adecuación de los objetivos debe prestarse especial atención a lo que ha venido llamándose en el currículo “temas transversales”, es decir, aquellos contenidos que están presentes en todas o muchas de las áreas curriculares, con una gran carga actitudinal, y que, precisamente por ello, pueden llegar a vertebrar el proceso de enseñanza. El Real Decreto en el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria se refiere a ellos en el artículo quinto²:

² Véanse los distintos documentos referidos a los *temas transversales* de los Materiales para la Reforma.

“La educación moral y cívica, la educación para la paz, para la salud, para la igualdad entre los sexos, la educación ambiental, la educación sexual, la educación del consumidor y la educación vial estarán presentes a través de las diferentes áreas a lo largo de toda la etapa, tal como se especifica en el anexo del presente Real Decreto.”

También debe tenerse muy en cuenta la presencia de alumnos y alumnas con necesidades educativas especiales en el caso de los centros de integración. La adecuación del propio Proyecto curricular a este alumnado es una estrategia muy potente de normalización, ya que si se ajusta la intervención educativa a las peculiaridades de estos alumnos en todas aquellas decisiones que son posibles en este segundo nivel de concreción, se podrán evitar algunas adaptaciones individuales en el aula que apartarían más al alumno del currículo ordinario.

La forma de recoger todas las decisiones tomadas en este primer elemento del Proyecto curricular debe abordarse como un tema menor, en el sentido de que lo importante son las matizaciones que se lleven a cabo y no tanto el modo en que se plasmen. Desde este punto de vista, puede que la revisión de los objetivos de la etapa lleve a reformularlos propiamente, o puede que se haga mediante un comentario a los enunciados que aparecen en el Real Decreto de currículo. Debe cuidarse que estos aspectos formales no bloqueen o dificulten el proceso de toma de decisiones, que es lo auténticamente valioso.

Cualquiera que sea el formato en que se exprese, lo importante es que la reflexión sobre los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria lleve a que todo el equipo docente de la etapa comprenda, y lo que es más importante, **asuma las intenciones educativas** que en el proceso de adecuación se hayan concretado como guía de su intervención en el aula.

Secuencia de objetivos y contenidos de área por ciclos o cursos

Secuencia por ciclos

El Real Decreto de currículo de la Educación Secundaria Obligatoria establece los objetivos, contenidos y criterios de evaluación para el conjunto de los cuatro años escolares de la etapa y no define lo que sería propio de cada uno de los ciclos. Esto es así porque se considera que las decisiones sobre cómo secuenciar los objetivos y contenidos del aprendizaje responden a una serie de criterios que toman valores distintos, dependiendo de características peculiares del contexto de enseñanza. Así, las distintas concepciones que tengan los docentes acerca de la lógica interna de las disciplinas objeto de su enseñanza, los conocimientos previos de los alumnos con los que en concreto se esté trabajando, o ciertas opciones metodológicas justificarían diferentes propuestas de secuencia.

Sirva, como ilustración, el caso del área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia, en la que pueden convivir opciones de secuencia que obedezcan a criterios distintos. Puede, por ejemplo, organizarse la progresión de los contenidos geográficos en torno a la escala, trabajando todo lo relativo a España en el ciclo 12-14, y a Europa y el Mundo en el ciclo 14-16. Se puede, por el contrario, considerar más conveniente mantener siempre presente las diferentes escalas, con el fin de que el alumnado entienda mejor los procesos precisamente a través del contraste,

y optar por una secuencia que elija como eje vertebrador la diferencia entre Geografía física o Geografía humana. Y existen, cómo no, otra variedad de situaciones intermedias, todas ellas en principio válidas, siempre que durante toda la etapa se mantenga la lógica didáctica que de cada una se deriva.

Siendo, por tanto, el conjunto de la etapa el tramo educativo para el cual se establece el currículo oficial, es necesario tomar en el Proyecto curricular las decisiones que permitan caracterizar lo propio de la enseñanza de las distintas áreas en cada uno de los dos ciclos de la Educación Secundaria Obligatoria, y en el caso del segundo ciclo, en cada uno de sus cursos.

El **ciclo** es la unidad temporal que organiza la enseñanza durante toda la educación obligatoria. Y lo es porque permite una planificación de la enseñanza en períodos que, al ser más amplios que el curso, admiten ritmos de aprendizaje diferentes, ya que hay más tiempo para poder alcanzar los objetivos marcados. Por otra parte, que el profesor o la profesora se mantenga con el grupo durante los dos años del ciclo hace posible un conocimiento de los alumnos y un seguimiento de su aprendizaje que redundará en un mejor ajuste del proceso de enseñanza.

Siendo esto cierto, hay que tener en cuenta las peculiaridades de la etapa de Secundaria Obligatoria. El segundo ciclo de este tramo educativo rompe en gran parte su estructura de ciclo al establecerse que los alumnos y alumnas en el cuarto curso tienen que elegir dos de entre cuatro áreas básicas (Ciencias de la Naturaleza, Educación Plástica y Visual, Música y Tecnología) y elegir entre las dos opciones distintas de Matemáticas. Esto supone organizar el currículo en este segundo ciclo por cursos básicamente. Sin embargo, durante el primer ciclo —y siempre que se pueda en el segundo—, para las restantes cuatro áreas (Ciencias Sociales, Geografía e Historia; Educación Física; Lengua y Literatura, y Lengua Extranjera) sería muy conveniente mantener la estructura de ciclo.

Por tanto, las primeras decisiones de este elemento del Proyecto curricular deben centrarse en la *secuencia interciclos*, es decir, en la ordenación de los objetivos y contenidos de cada área establecidos en el decreto en dos momentos graduados entre sí, y, en el caso del segundo ciclo, con especificaciones para cada curso. Esta ordenación supone, como acaba de indicarse, establecer grados de aprendizaje, sucesiones de contenidos distribuidos de tal modo que permitan ir alcanzando las capacidades que se establezcan en los objetivos de cada ciclo, con el grado o nivel de aprendizaje que en ellos se indique.

Establecer esta secuencia exige entonces reflexionar conjuntamente sobre los dos elementos del currículo que responden a qué enseñar: objetivos y contenidos. Es necesario revisar las capacidades que aparecen en los objetivos de área establecidos para el conjunto de la etapa, e ir decidiendo si deben trabajarse en cada ciclo y con qué grado. Sin embargo, esta reflexión no puede llevarse a cabo sin tener en cuenta en ella los contenidos sobre los que se van a trabajar las capacidades, ya que muchas veces el grado que finalmente caracterizará una capacidad determinada en un ciclo concreto vendrá dado en parte por el contenido sobre el que se aplique y no tanto por la capacidad en sí misma, que podría ser igual en varios tramos educativos.

La reflexión sobre la *capacidad de comprensión de textos*, propia de las áreas de Lengua y Literatura y de Lenguas Extranjeras especialmente, pero presente en último término en todo el currículo, es un buen ejemplo de este proceso, ya que aparece como un objetivo a lo largo de toda la Secundaria Obligatoria. La diferencia de grado vendría entonces marcada no tanto por la capacidad en sí misma, cuanto por los contenidos concretos sobre los que se aplica en cada caso. Así, en el primer ciclo, se podrían analizar textos expositivos, mientras que en el

NÚMEROS	
Primer ciclo	Segundo ciclo
<ul style="list-style-type: none"> — Números enteros, decimales y fraccionarios. <ul style="list-style-type: none"> • Manejo y significado como expresión de distintas situaciones. — Operaciones. Prioridad. <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmos de las operaciones: lápiz y papel, calculadora, cálculo mental. — Expresión de medidas y cantidades con la aproximación decimal adecuada. Redondeos. — Relaciones de ordenación y divisibilidad. — Actitud positiva hacia la utilización de los números para distintas funciones: ordenar, expresar cantidades, relaciones medidas, etc., así como hacia las propiedades numéricas. — Relación de proporcionalidad. <ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de relaciones de proporcionalidad. • Obtención de cantidades proporcionales. — Iniciación al lenguaje algebraico: <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de símbolos para expresar regularidades, relaciones, enunciados verbales, etc. • <i>Interpretación de expresiones sencillas</i> escritas en forma simbólica. — Valoración del lenguaje simbólico como forma de expresión. 	<ul style="list-style-type: none"> — Extensión del campo de aplicación de los números. <ul style="list-style-type: none"> • Nuevas notaciones. • Destrezas de cálculo utilizando propiedades de las operaciones o cualquier estrategia válida. — Números no exactos. <ul style="list-style-type: none"> • Control de la aproximación. • Elección de la aproximación numérica adecuada. — Actitud positiva hacia los números y los conocimientos de naturaleza numérica, y conciencia de su utilidad para expresar distintas situaciones. — Relación de proporcionalidad. <ul style="list-style-type: none"> • Utilización de las diferentes formas de manejar la relación de proporcionalidad. — Apreciación de la utilidad de la relación de proporcionalidad. — Lenguaje algebraico: <ul style="list-style-type: none"> • Resolución de ecuaciones por métodos intuitivos y utilizando los algoritmos de resolución algebraica. • <i>Destrezas relacionadas con la transformación</i> de expresiones algebraicas. — Actitud positiva hacia el lenguaje simbólico como una herramienta potente para expresar distintas situaciones y para resolver problemas.

Tomado de la Secuencia de objetivos y contenidos por ciclo del área de Matemáticas que aparece en la Resolución de 5 de marzo, de la Secretaría de Estado de Educación (B. O. E. 25-III-92).

segundo se daría paso a los argumentativos que presentan un estructura textual de mayor complejidad. Por otra parte, el nivel de comprensión vendría marcado para el primer ciclo por el reconocimiento del contenido esencial del discurso diferenciándolo de lo más secundario, y ya en el segundo ciclo se podría pedir al alumno la identificación de elementos contextuales, la identificación del mensaje según su intencionalidad, así como el tipo de registro. Por último, también se podría dar grado a la capacidad a partir del nivel de reflexión gramatical que se trabajara en cada ciclo, limitando el primero a la identificación de los elementos formales del texto en los diferentes planos, y dejando para el segundo el análisis de esos factores en cada estructura textual y en diferentes contextos.

Resulta, por tanto, aconsejable establecer este elemento reflexionando simultáneamente sobre objetivos y contenidos, aunque el punto de partida de la reflexión deban ser las capacidades del área que se pretende ayudar a construir en cada ciclo.

Un ejemplo de este primer paso de secuencia, entre primer y segundo ciclo, es el que se recoge en el cuadro anterior para el área de Matemáticas.

Secuencia y organización en cada ciclo

La primera decisión del Proyecto curricular que contesta a la pregunta de **cuándo enseñar** es establecer la secuencia entre los dos ciclos de la etapa y cada curso del segundo ciclo. Sin embargo, son períodos lo suficientemente largos como para que sea necesario realizar algunas previsiones sobre **la secuencia interna al ciclo o curso**, en la que se especifique bien el orden de enseñanza de algunos de los contenidos, bien el momento en el que va a introducirse un nuevo aprendizaje.

Es preciso que el conjunto del profesorado del Seminario o Departamento se ponga de acuerdo en torno a las líneas maestras de esta organización, como ya lo hace ahora en su *Programación de Seminario*. Debe, por tanto, establecerse la secuencia o progresión interna en la que se irán trabajando los grandes núcleos de contenido, haciendo una previsión general sobre su temporalización que permita planificar de manera equilibrada los períodos adjudicados en cada caso, previsiones que a lo largo del curso tendrán que ir revisándose y concretándose de manera más ajustada.

No se considera necesario realizar la identificación de las unidades didácticas mediante las cuales terminará estructurándose el proceso de enseñanza, en el sentido de elegir el tema concreto en torno al cual se va a articular un determinado conjunto de contenidos, dado que la coherencia en la práctica docente, objetivo prioritario como ya se ha señalado del Proyecto curricular, se refiere más al respeto de las relaciones existentes entre los contenidos que a los núcleos temáticos o centros de interés en torno a los cuales se organice finalmente el aprendizaje. En este sentido, no sería necesario que todo el profesorado de un ciclo trabajara a través de las mismas unidades didácticas, aunque puede ser una decisión adecuada siempre que un equipo determinado lo considere oportuno.

Así, por ejemplo, una vez establecido el acuerdo del momento dentro de la secuencia del curso en el que debe trabajarse “la energía”, las unidades didácticas concretas pueden organizarse de manera muy distinta: mediante una unidad de calefacción y refrigeración; en torno al estudio de los recursos naturales; a través del uso de la energía en el ámbito doméstico; en un tema sobre energías tradicionales y alternativas, o bien en una unidad sobre trabajo y energía mecánica.

En esta organización interna al ciclo o curso habría que prestar especial atención a aquellos contenidos para los que se sabe, por la experiencia práctica, que **una secuencia concreta resulta más aconsejable que otra**, o bien aquellos contenidos que **se abordan desde más de un área**. Un ejemplo del primer caso podría ser la discusión que se mantiene en el área de Ciencias de la Naturaleza acerca de si trabajar la Cinemática antes o después de introducir las fuerzas, o en el caso de Ciencias Sociales, Geografía e Historia, la polémica sobre si lo más “cercano” al alumno, y por tanto lo que debe introducirse antes, es lo “física o temporalmente próximo” o en algunas ocasiones el interés o la motivación por ciertos temas alejados en la dimensión temporal y espacial los hacen, sin embargo, sumamente “cercanos”, decisiones éstas sobre las que se mantienen distintas posturas.

El segundo tipo de contenidos, cuya secuencia es preciso especificar con mayor detalle, lo constituyen aquellos que forman parte, y parte importante, de distintas áreas del currículo. Valgan como meros ejemplos los siguientes: el caso del estudio del cuerpo que se comparte en Educación Física y Ciencias de la Naturaleza; los múltiples contenidos matemáticos que posteriormente necesitan ser utilizados en Tecnología y Ciencias de la Naturaleza; la coincidencia del eje cronológico en Lengua y Literatura y Ciencias Sociales, que puede aconsejar hacer coincidir el estudio de determinados períodos siempre que se haya elegido el enfoque cronológico como organizador de la secuencia; todos aquellos aprendizajes referidos al estudio del territorio que forman parte conjuntamente de Ciencias Sociales y de Ciencias de la Naturaleza; los contenidos referidos a “medios de comunicación de masas” que se recogen en Lengua y Literatura, Educación Plástica y Visual y Música, o las innumerables conexiones presentes entre Lengua y Literatura y Lengua Extranjera.

Revisar la coherencia de este tipo de decisiones es una de la tareas que deben llevarse a cabo en el Proyecto curricular por parte de la *Comisión de coordinación pedagógica* en la que están representados todos los Seminarios, como se explica con detalle en la tercera parte de este documento: “El proceso de elaboración del Proyecto curricular”, y es un ejemplo que ilustra cómo muchas de las decisiones, que se establecen en este nivel de concreción del currículo, trascienden el estricto marco del área y necesitan de una perspectiva del conjunto de la etapa.

Crterios para establecer la secuencia

A la hora de secuenciar y de organizar los contenidos entre sí, y con objeto de favorecer aprendizajes significativos, conviene tener en cuenta una serie de principios de naturaleza distinta que se exponen a continuación³:

Pertinencia con el desarrollo evolutivo y los aprendizajes previos del alumnado, fruto de su historia educativa

Se trata de establecer un nivel de aprendizaje que respete el principio de distancia óptima entre lo que el alumno sabe y lo que puede aprender, para evitar volver sobre contenidos que ya posee, pero también para no presentar aprendizajes que se alejen demasiado de sus posibilidades reales de comprensión.

3 Estos criterios están tomados de los trabajos de DEL CARMEN, L., y ZABALA, A. *Guía para la elaboración y seguimiento de los proyectos curriculares de centro*. Madrid: CIDE, 1990.

Coherencia con la lógica de las disciplinas a las que pertenecen los contenidos de aprendizaje

Los contenidos que se quiere lleguen a aprender los alumnos pertenecen a diferentes ámbitos disciplinares que poseen una determinada lógica interna y cuya evolución se explica por una serie de rasgos metodológicos propios que han permitido ir generando conocimiento. Estas redes de contenido deben tenerse en cuenta a la hora de establecer secuencias para respetar las relaciones, tanto de jerarquía como de dependencia mutua, que existan entre sí.

Elección de un tipo de contenido como eje vertebrador de la secuencia

Dependiendo de la naturaleza del área que se esté secuenciando puede ser más conveniente elegir un tipo u otro de contenidos para establecer en torno a él la progresión del aprendizaje. Por ejemplo, áreas como las de Lengua y Literatura, Educación Física o Tecnología se prestan en mayor medida a ser organizadas a partir de los contenidos de procedimiento, mientras que Ciencias de la Naturaleza o Ciencias Sociales pueden muy bien estructurarse tomando como eje vertebrador los conceptos.

Delimitación de las ideas eje

La coherencia y congruencia de la secuencia depende, entre otras cosas, de la elección de una serie de ideas claves en el área a partir de las cuales se pueden organizar los restantes contenidos. Estas ideas deben sintetizar los aspectos fundamentales que se pretende enseñar. Pueden emplearse como ideas eje los bloques en que aparecen agrupados los contenidos del currículo oficial, o bien, pueden crearse otro tipo de agrupaciones que resulten claras al profesorado y que le faciliten la reflexión.

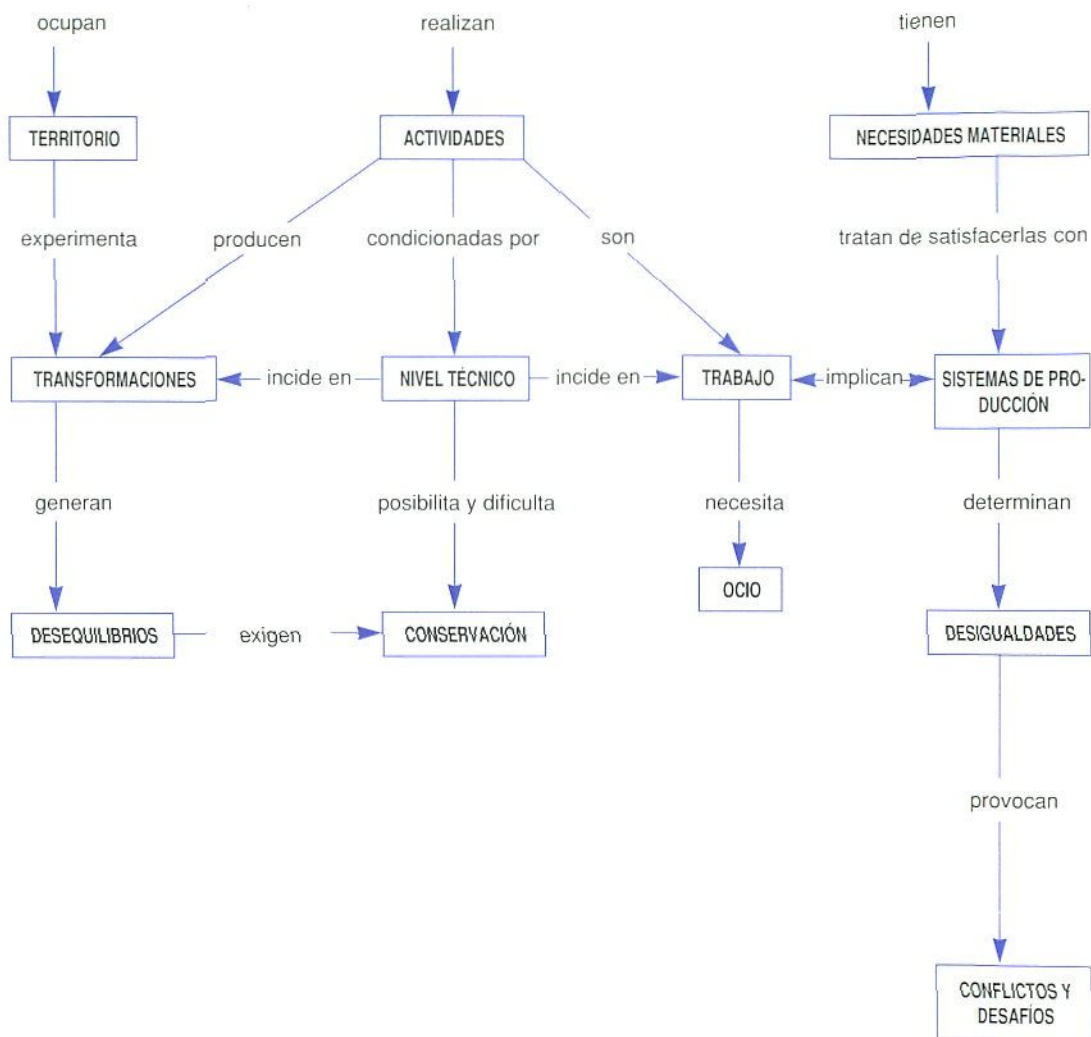
Por ejemplo, los contenidos del área de Ciencias de la Naturaleza se pueden secuenciar en torno a los *conceptos fundamentales* que actúan como eje del desarrollo de los contenidos: materia, energía, interacción y cambio, presentándolos de manera que haya un predominio del primero, la materia, en los inicios de la etapa y que ganen relevancia el resto de los conceptos estructurantes en el transcurso de la misma. Así se ha procedido en la propuesta que se recoge en la Resolución de la Secretaría de Estado sobre Proyectos curriculares. Podrían asimismo utilizarse otras ideas ejes como *la búsqueda de regularidades en la diversidad* para el primer ciclo, y *el dinamismo en la Naturaleza y la física clásica como revolución científica*, para el segundo⁴.

En el caso de Lengua Castellana y Literatura la secuencia puede abordarse desde los bloques de contenido del decreto de currículo (“Usos y formas de la comunicación oral”, “Usos y formas de la comunicación escrita”, “Análisis y reflexión sobre la propia lengua” y “Sistemas verbales y no verbales de comunicación”), o bien a partir de otros ejes como: “Usos y formas de la lengua en situaciones de comunicación”, “La reflexión sistemática sobre los usos” y “La literatura como un uso lingüístico específico”.

4 Este es el caso de la propuesta de secuencia, elaborada por GIL, D., y GAVIDIA, V., que el Ministerio de Educación y Ciencia coeditará próximamente junto con otras del área de Ciencias de la Naturaleza.

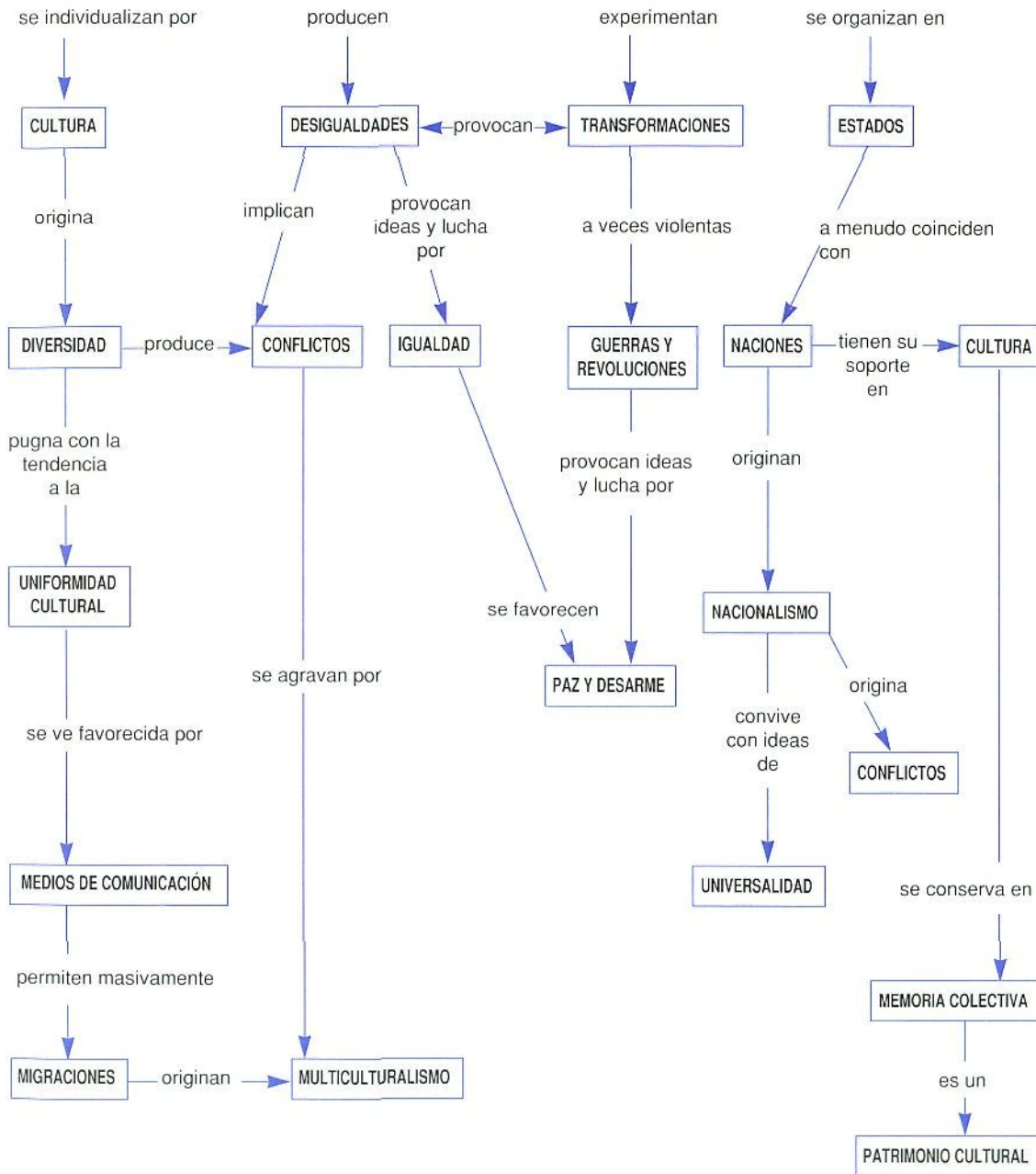
SOCIEDADES HUMANAS

SOCIEDADE



Mapa conceptual tomado del libro *Propuestas de Secuencia del área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia de la Educación Secundaria Obligatoria*. Autores: Grupo CRONOS (Salamanca). (En edición).

HUMANAS



Continuidad y progresión

Los contenidos deben ordenarse de tal manera que exista una continuidad a lo largo de la etapa para que los alumnos puedan relacionarlos y progresar adecuadamente, retomando cada aprendizaje nuevo allí donde lo dejaron anteriormente. El conocimiento nunca está completamente construido, sino que supone aproximaciones sucesivas a los contenidos que van reelaborando lo que ya se sabe, permitiendo con ello construir conocimientos progresivamente más complejos y ajustados a la realidad.

Equilibrio

En la elaboración de la secuencia hay que prestar atención a que los distintos contenidos y capacidades reciban un peso ponderado. Las intenciones educativas expresadas en el Real Decreto de currículo abarcan diferentes ámbitos de desarrollo, como se indicó en el capítulo anterior. Se debe revisar la secuencia con el fin de asegurarse de que todas las capacidades de los objetivos del área están recogidas de forma equilibrada.

Interrelación

Los diferentes tipos de contenidos, conceptos, procedimientos y actitudes deben estar convenientemente trabados entre sí en la secuencia que se establezca. En un primer momento puede ser necesario reflexionar sobre cada uno de ellos por separado, ya que su distinta naturaleza aconseja una ordenación y progresión que obedecerá a criterios diferentes en cada caso. Sin embargo, en un segundo momento es preciso establecer las relaciones que existen necesariamente entre los tres tipos de contenido para asegurar su interconexión en el proceso de enseñanza.

Es igualmente necesario revisar si las posibles conexiones con otras áreas, algunas de las cuales se han ejemplificado anteriormente, han quedado convenientemente establecidas.

Presencia de los temas transversales

Las enseñanzas transversales que se identifican en el currículo son de enorme relevancia para la Educación Secundaria Obligatoria. Por ello hay que prestar especial atención a que queden recogidas adecuadamente en la secuencia que se establezca en el Proyecto curricular.

Queda claro, a partir de estas consideraciones, que establecer una secuencia no es exclusivamente ordenar en el tiempo, sino también organizar los contenidos entre sí. Para ambas tareas resulta de enorme utilidad partir de la elaboración de mapas de contenidos que presenten de forma resumida las relaciones entre los principales aspectos del área. El mapa anterior es un ejemplo de este análisis elaborado para el área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia.

La decisión acerca de la secuencia con la que se va a trabajar en una etapa es una de las más complejas del Proyecto curricular; por ello, puede resultarle útil al equipo docente consultar varias propuestas de secuencia que le ayuden a establecer la suya propia. En este sentido el Anexo de la Resolución de la Secretaría de Estado, por la que se establece una secuencia de objetivos y contenidos por ciclos, documento que se recoge en la segunda

parte del texto de cada una de las áreas, así como las *Propuestas de secuencia* que diferentes autores han elaborado, y que el Ministerio de Educación y Ciencia coeditará próximamente, pueden ser orientadoras para los equipos de profesores que impartan esta etapa en cada centro. Por otra parte, existen ya en el mercado editorial materiales curriculares que responden al conjunto de la etapa, y lo que es más importante, los nuevos libros de texto y materiales en general incorporarán de manera explícita las decisiones, entre otros aspectos de secuencia, que explican las propuestas de cada editorial. Pueden ser entonces muchos los apoyos con los que el profesorado cuente a la hora de elaborar su propia secuencia, que necesariamente será peculiar para poder responder a las características específicas de su alumnado.

La secuencia que finalmente se decida deberá mantenerse constante en sus líneas maestras para el grupo de alumnos que empezó la Educación Secundaria Obligatoria con ella, con el fin de evitar que posibles cambios posteriores produzcan lagunas en la enseñanza de los alumnos. Esto no quiere decir que no pueda modificarse nunca la secuencia elaborada. Se podrá variar, si se considera necesario, para los sucesivos grupos de alumnos. Así se recoge en el Real Decreto de currículo:

“Los proyectos curriculares de etapa incluirán asimismo la distribución por ciclos de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de la etapa. Dicha distribución no deberá variar, para un mismo grupo de alumnos, a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria.”

Decisiones relativas al cómo enseñar

Las decisiones que se refieren a la metodología que se considera más adecuada y a otras cuestiones que responden, en general, al *cómo enseñar*, tampoco vienen prefijadas en el decreto de currículo, ya que se considera que no hay necesariamente un método mejor que otro en términos absolutos, sino que la “bondad” de los métodos depende, en último término, del ajuste que consiguen en la ayuda pedagógica. Así, hay unos métodos mejores para unos alumnos que para otros, más adecuados para unos contenidos que para el resto, o que se ajustan mejor a un determinado momento evolutivo.

Por tanto, es la elaboración del Proyecto curricular el momento en el que se establecen ciertos acuerdos sobre las **estrategias didácticas** que se utilizarán a lo largo de la etapa. Dentro de este elemento del Proyecto se puede distinguir una serie de aspectos cuya envergadura les confiere entidad propia, pero que, a su vez, están tan íntimamente relacionados que no resulta fácil razonar sobre uno de ellos al margen de los demás. Por ello, la enumeración de las decisiones que configurarían este punto del Proyecto debe tomarse exclusivamente como una presentación analítica y no como una estructura rígida que empobrezca la reflexión conjunta sobre todo aquello que define las opciones relativas a *cómo enseñar*.

Como puede observarse en el cuadro que aparece a continuación, en este elemento también aparece el doble nivel de decisiones: las propias de cada área, y las decisiones que trascienden el área y afectan al conjunto del centro.

Decisiones metodológicas

- Principios metodológicos generales.
- Opciones metodológicas propias de cada área.
- Agrupamientos.
- Tiempos.
- Espacios.
- Materiales.

Principios metodológicos generales

El primero de los ámbitos indicado en el cuadro anterior se refiere a la conveniencia de que el conjunto del profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria discuta acerca de los grandes principios metodológicos, que por su generalidad son comunes a todas las áreas, con el fin de intercambiar las distintas concepciones que los profesores y profesoras de la etapa mantengan, intentando llegar a una visión compartida en mayor medida por todos, que permita que los alumnos reciban una enseñanza lo más coherente posible.

La discusión teórica es, por tanto, el punto de partida, pero no el de llegada. De poco valdría lucubrar sobre grandes ideas si éstas no llegaran a convertirse en acuerdos sobre estrategias didácticas concretas que se adoptarán en la práctica cotidiana. Se trata, entonces, de traducir los principios, una vez discutidos y asumidos, en opciones lo más precisas y viables posible.

Así, por ejemplo, si tras la reflexión llevada a cabo, en la que la experiencia diaria debe tener un papel importante, el equipo docente comparte la convicción de que la interacción entre los propios alumnos es uno de los factores que favorece el aprendizaje, sería necesario concretar qué se va a hacer tanto en el conjunto del centro como en cada una de las aulas para favorecer esta interacción. La decisión de trabajar mediante grupos cooperativos puede ser un ejemplo de cómo poner en práctica este principio. O, igualmente, sería importante que el profesorado acordara qué tipo de evaluación inicial va a llevar a cabo para poner en práctica la necesidad de partir de los conocimientos previos del alumnado.

Aprendizaje significativo

La concepción educativa que subyace a la Reforma que ahora se pone definitivamente en marcha, propone una serie de principios muy básicos que confluyen en la idea nuclear de que la educación es un proceso de construcción en el que tanto el profesor como el alumno deben tener una actitud activa que permita aprendizajes significativos. Estos principios básicos, en torno a los cuales sería conveniente articular la discusión, se recogen en el Anexo del Real Decreto de currículo y se resumen en el cuadro siguiente:

Principios del aprendizaje significativo

- Partir del nivel de desarrollo del alumnado y de sus aprendizajes previos.
- Asegurar la construcción de aprendizajes significativos a través de la movilización de sus conocimientos previos y de la memorización comprensiva.
- Posibilitar que los alumnos y las alumnas realicen aprendizajes significativos por sí solos.
- Proporcionar situaciones en las que los alumnos deban actualizar sus conocimientos.
- Proporcionar situaciones de aprendizaje que tengan sentido para los alumnos, con el fin de que resulten motivadoras.
- *Proporcionar situaciones de aprendizaje que exijan una intensa actividad mental del alumno que le lleve a reflexionar y justificar sus actuaciones.*
- Promover la interacción en el aula como motor del aprendizaje.

Estos principios tienen como objetivo llevar a cabo un proceso de enseñanza y aprendizaje lo más ajustado posible a las necesidades y maneras de aprender de cada alumno, con lo cual se estará dando respuesta a la finalidad fundamental de la Educación Secundaria Obligatoria, que es a su vez la mayor de sus dificultades: *la atención a la diversidad del alumnado*. No obstante, puede que sea necesario debatir además entre el profesorado otros aspectos metodológicos que respondan a esta misma finalidad mediante medidas más específicas, tales como refuerzos, desdobles, agrupamientos flexibles, recuperaciones, etc.

Puede ser también necesario establecer dentro de esta discusión acuerdos acerca de ciertas opciones metodológicas relevantes, como pueden ser: estrategias didácticas más adecuadas para enseñar cada tipo de contenidos (conceptos, procedimientos, actitudes); el trabajo que se va a realizar para introducir las actitudes que son comunes a todas las áreas (tolerancia, actitudes de valoración y respeto a la diferencia, trabajo en equipo, sensibilidad...); opciones metodológicas como trabajo por proyectos, por planes de trabajo que controlan los alumnos, etc. Es importante tener en cuenta que lo fundamental es llegar a acuerdos compartidos, lo cual no significa que tengan que ser homogéneos para toda la etapa. Se podrán, y normalmente se deberán, establecer distintos criterios para cada ciclo, pero criterios asumidos por el conjunto del equipo docente.

Asimismo, habrá que prestar especial atención, en el caso de los centros que integren alumnos con necesidades educativas especiales, a la elección de estrategias metodológicas que compensen sus dificultades (métodos específicos para trabajar sistemas de comunicación, técnicas de modelado, enseñanza tutorada, etc.).

Opciones metodológicas propias de cada área

Los principios que hasta aquí se han comentado tienen evidentes repercusiones en las opciones metodológicas de las áreas, pero no las agotan. Quedan otras decisiones, como las que actualmente se toman en la *Programa-*

ción de Seminario, que también es necesario acordar: primero entre el profesorado de cada Seminario o Departamento y posteriormente en la Comisión de coordinación pedagógica; en este último caso, con el fin de revisar la coherencia entre áreas.

Se trataría de decisiones como las que se ilustran a continuación: decidir, por ejemplo, en el caso del área de Matemáticas, si el cálculo se va a trabajar al hilo de los restantes contenidos, o si, por el contrario, conviene dedicarle unidades didácticas propias. En el área de Educación Física puede plantearse la opción entre una metodología de tipo "instrucción directa", frente al modelo basado en el descubrimiento guiado. Para el profesorado de Ciencias de la Naturaleza tiene gran importancia establecer el trabajo experimental que vayan a llevar a cabo los alumnos, así como la mayor o menor interdisciplinariedad con la que finalmente se estructure el área. También resulta relevante, en el caso de Lengua y Literatura y de Lengua Extranjera, la discusión acerca de si utilizar una metodología que parta de las producciones de los alumnos y desde ellas vaya conceptualizando ciertos contenidos, o si puede ser más conveniente hacer el recorrido contrario. Finalmente, para el área de Tecnología tiene sin duda importancia acordar el peso relativo que va a tener cada una de las grandes vías metodológicas: el análisis de objetos tecnológicos, el modelo de proyectos, o el entrenamiento en destrezas específicas.

Estas decisiones, como todas aquellas otras que no se han nombrado, no son necesariamente excluyentes entre sí: no se trataría en muchos casos de optar por una u otra, sino de decidir en cada caso cuál es la que se considera más adecuada. Siendo todas ellas importantes, hay algunas que, dada la repercusión que tendrían en aspectos organizativos, es fundamental estudiarlas detenidamente. Éste sería, por ejemplo, el caso del área de Ciencias de la Naturaleza, en la que el enfoque más o menos disciplinar que se elija puede llevar a organizar la asignatura en cuatrimestres.

Criterios para el agrupamiento de alumnos

Los agrupamientos mediante los cuales se organiza el alumnado en un centro educativo constituyen sin duda una variable de enorme influencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por ello, resulta de gran importancia que los criterios que justifican los agrupamientos se discutan y decidan por el conjunto del equipo docente de la etapa. No es en absoluto indiferente optar por agrupar en función del orden alfabético o hacerlo atendiendo a otras posibles variables.

La reflexión sobre los agrupamientos es imprescindible, asimismo, cuando se está pensando en medidas de atención a la diversidad. Combinar equilibradamente enseñanza comprensiva y diversificada supone pensar en medidas que faciliten la individualización de la enseñanza, aunque rompan en ciertos momentos la unidad del grupo aula. Los agrupamientos flexibles, los pequeños grupos de refuerzo fuera o dentro del aula, los grupos homogéneos en el caso de ciertos aprendizajes, etc., son una medida muy poderosa para facilitar la individualización de la enseñanza.

Asimismo, una de las decisiones que habrá que tomar en este sentido es el criterio de agrupamiento de los alumnos que provengan de la etapa anterior. Un futuro centro de Secundaria recibirá, en general, alumnos y alumnas de más de un centro de Primaria. Es importante discutir y acordar si lo mejor es mantener los grupos con la composición con la que lleguen o intercambiarlos de acuerdo con algún criterio específico.

Organización de los espacios y los tiempos

A menudo se comprueba que, desgraciadamente, los espacios y los tiempos explican el proceso educativo que en realidad se está llevando a cabo en un centro en mayor medida que las intenciones que los docentes se han propuesto. Y, por otra parte, es normal que suceda así, ya que las intenciones necesitan de determinadas condiciones espacio-temporales para ser viables. Por todo ello, la reflexión acerca del uso del espacio y de la distribución del tiempo es esencial en el proceso de enseñanza.

Es bien cierto que los centros parten de unas determinadas condiciones que, en muchos casos, no está en manos del profesorado modificar. Pero no lo es menos que, dentro de estos márgenes reales, queda suficiente juego para poder tomar decisiones de gran relevancia. Es frecuente observar cómo en dos centros de características similares se concretan prácticas educativas diferentes que se deben, entre otras cosas, a determinadas organizaciones espacio-temporales.

Sin ánimo de exhaustividad, se proponen a continuación algunas de las decisiones que pueden resultar más importantes dentro de este ámbito:

Organización de los espacios y tiempos

- Organización del espacio según el modelo aula-grupo o aula-materia.
- Criterios de utilización de los espacios comunes.
- Espacios y horarios para las materias optativas.
- Horario general del centro.
- Salidas y actividades comunes a todo el centro o a varios grupos.

La estructuración de los espacios del centro es una decisión de gran trascendencia para el proceso de enseñanza. Son evidentes las repercusiones que puede llegar a tener elegir un modelo de **organización basado** en la adscripción del aula al grupo de alumnos frente a un modelo de organización que toma como referencia el área, lo que origina una mayor especialización de los espacios que suele tener ventajas en la práctica docente.

Además de esta decisión de carácter general, es necesario también planificar todo el juego de espacios que las materias optativas exigen, que estará condicionado a su vez por los tiempos que para ellas se establezcan. La conveniencia de organizarlas en una franja común del horario o de distribuirlas con otro criterio constituye una decisión básica respecto a la organización.

Por lo que respecta a los **horarios**, el de los alumnos debe garantizar la dedicación de los tiempos que establece para cada una de las áreas de aprendizaje del currículo la *Orden por la que se dictan instrucciones para la implantación anticipada del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria*, que aparece en el Anexo II de este documento.

Estos tiempos ofrecen, no obstante, la posibilidad de flexibilizar el modelo clásico de organización de horarios estructurado en torno a módulos de aproximadamente una hora de duración y utilizar otros períodos, por ejemplo de hora y media, en casos como: Tecnología, Educación Plástica y Visual, Ciencias de la Naturaleza, materias

opativas de iniciación profesional... El hecho de que esta reflexión también sea válida para algunas materias de Bachillerato facilita organizar conjuntamente el horario general del centro.

En relación con el **horario del profesorado**, es fundamental estructurarlo de tal manera que posibilite reuniones de aquellas personas que tengan que coordinarse en algún aspecto: los profesores de cada Departamento o Seminario, aquellos que finalmente imparten conjuntamente la enseñanza a un mismo grupo, miembros de la Comisión de coordinación, etc.

Hacer viable este juego horario supone, sin duda, dedicar mucho tiempo a su elaboración, pero se comprueba de manera evidente que tal dedicación finalmente resulta muy rentable, y, en muchos casos, supone la adopción de medidas relativamente simples, como, por ejemplo, asignar los profesores de manera que un mismo equipo trabaje con varios grupos, coordinar los horarios de equipos de profesores y profesoras que deseen trabajar en proyectos interdisciplinares, asociar períodos de tiempo comunes a actividades específicas de reunión, etc.

Las decisiones sobre actividades en el centro o salidas que afecten a más de un grupo, el uso de los espacios comunes, los horarios de biblioteca y otras muchas decisiones, que aquí no se recogen pero que comparan con las que se han comentado la necesidad de que sea el equipo de profesorado del centro quien las tome de manera coordinada, deberán establecerse también en el Proyecto curricular.

Selección y criterios de uso de materiales y recursos didácticos

Los materiales y recursos didácticos constituyen otro de los factores determinantes de la práctica educativa. Por ello, es importante hacer la selección de los que van a utilizarse y establecer los criterios de uso en el Proyecto curricular, ya que éstas deben ser decisiones compartidas por el conjunto del equipo docente.

Si la función de los materiales no es la de definir al profesorado sus intenciones educativas, sino la de ayudarle a establecerlas y a llevarlas a la práctica, la selección de los materiales y recursos debe responder a criterios que tengan en cuenta el contexto educativo, las características de los alumnos con los que se trabaja y, sobre todo, el que estén al servicio de esas intenciones.

Habría que hacer una diferenciación entre los materiales curriculares para el profesorado y los que van dirigidos a los alumnos. En cuanto a los primeros, han de servir para orientar el proceso de planificación de la enseñanza. Pueden utilizarse en dos situaciones fundamentales: en primer lugar, en la elaboración y realización de Proyectos curriculares de etapa, ofreciendo pautas para seleccionar objetivos y contenidos, organizar los aprendizajes, seleccionar diferentes estrategias didácticas, etc.; en segundo lugar, se podrán emplear en la elaboración de las Programaciones, en cuyo caso servirán para definir los objetivos didácticos, seleccionar las actividades adecuadas, tomar decisiones en cuanto a espacios, tiempos y agrupamientos que afecten a cada área, etc.

La mayor responsabilidad del profesorado en la determinación de las intenciones educativas y de las estrategias para llevarlas a cabo exige que estos materiales sean orientativos y, por ello, diversos: han de ofrecer modelos distintos y perspectivas amplias dentro de las cuales haya posibilidades distintas de concreción. Es necesario, por otra parte, que hagan explícitos los principios didácticos que fundamentan las propuestas, de manera que el profesor tenga las claves de interpretación necesarias para trabajar autónomamente dentro de ellas, y no ser un mero ejecutor de las decisiones de los otros.

Con respecto a los materiales dirigidos a los alumnos, es necesario ante todo identificar los distintos tipos de materiales impresos y de recursos que se consideren necesarios: libros de consulta, cuadernos de ejercicios, materiales autocorrectivos, textos literarios, cartografía, material de laboratorio, equipos de tecnología y audiovisuales, instrumentos musicales, materiales plásticos y de educación física, etcétera. Deberá diferenciarse también qué materiales van a utilizarse en cada ciclo o curso, prestando atención a la continuidad y gradación convenientes.

La selección que hagan los centros deberá tener en cuenta algunos criterios: que no sean discriminatorios, que permitan el uso comunitario de los mismos, que eviten el derroche innecesario y la degradación del medio ambiente, que incluyan las normas de seguridad que exige su manejo e información de sus características, etc.

En el caso de los materiales curriculares impresos puede ser de utilidad tomar en cuenta, entre otros, los siguientes **criterios de análisis**⁵:

1. Establecer el grado de adaptación al contexto educativo en el que se van a utilizar.

Esta revisión llevará normalmente a identificar lagunas o aspectos parciales que no coincidirán exactamente con las intenciones propuestas por el equipo docente, lo que supondrá —en la mayoría de los casos— utilizar simultáneamente más de un material, bien seleccionado entre la oferta editorial, bien elaborado por el propio centro.

2. Detectar los objetivos educativos que subyacen a dichos textos y comprobar hasta qué punto se corresponden con los establecidos en el centro y, concretamente, con los del grupo determinado de alumnos a los que se dirige.
3. Analizar los contenidos que se trabajan para comprobar si existe una correspondencia entre los contenidos y los objetivos. En este punto es especialmente importante revisar la presencia de los diferentes tipos de contenido (conceptos, procedimientos y actitudes), así como la de los temas transversales.
4. Revisar las decisiones de secuencia de aprendizaje que se proponen para los distintos contenidos. Es importante analizar la progresión con la que se organizan los objetivos y contenidos, tanto en su distribución entre los distintos ciclos como en su organización interna al ciclo.
5. Comprobar la adecuación de los criterios de evaluación propuestos con los que se hayan establecido en el Proyecto curricular de la etapa. Esto supone revisar tanto los criterios de evaluación de cada uno de los ciclos como los de las distintas unidades didácticas.
6. Analizar las actividades propuestas para comprobar si cumplen con los requisitos del aprendizaje significativo. En este punto es especialmente importante prestar atención a que aparezcan actividades dirigidas a los distintos momentos del proceso de enseñanza y aprendizaje, y a la atención a los distintos ritmos y niveles que existen en cualquier aula. A continuación se recogen los tipos de actividades que deberían proponerse en las unidades didácticas de la programación, no tanto como actividades diferentes entre sí desde el punto de vista formal, cuanto en el sentido de la utilidad que para el profesor tienen en cada momento. Así, una misma actividad puede estar ayudando a aprender al alumno y dando información al profesor sobre las ideas previas existentes, o en otro caso tratarse de una actividad de síntesis para el alumno y de evaluación para el profesor:

5 Basado en el capítulo IV del libro de DEL CARMEN, MAURI, SOLE y ZABALA: *El currículum en el centro educativo*. Barcelona: ICE-Horsori, 1990.

-
- Actividades de **introducción-motivación**
Han de introducir el interés de los alumnos por lo que respecta a la realidad que han de aprender.
 - Actividades de **conocimientos previos**
Son las que se realizan para conocer las ideas, opiniones, aciertos o errores conceptuales de los alumnos sobre los contenidos que se van a desarrollar.
 - Actividades de **desarrollo**
Son las que permiten conocer los conceptos, los procedimientos o las nuevas actitudes, y también las que permiten comunicar a los otros la tarea hecha.
 - Actividades de **síntesis-resumen**
Son aquellas que facilitan la relación entre los distintos contenidos aprendidos y favorecen el enfoque globalizador.
 - Actividades de **consolidación**
En las cuales se contrastan las ideas nuevas con las previas de los alumnos y en las que aplican los aprendizajes nuevos.
 - Actividades de **recuperación**
Son las que se programan para los alumnos que no han alcanzado los conocimientos trabajados.
 - Actividades de **ampliación**
Son las que permiten continuar construyendo conocimientos a los alumnos que han realizado de manera satisfactoria las actividades de desarrollo propuestas, y también las que no son imprescindibles en el proceso.
 - Actividades de **evaluación**
Incluirían las actividades dirigidas a la evaluación inicial, formativa y sumativa que no estuvieran cubiertas por las actividades de aprendizaje de los tipos anteriores.

Características de los materiales curriculares

En relación con la oferta editorial es importante que los equipos docentes tengan en cuenta, a la hora de seleccionar el material, la normativa que se ha establecido en el Real Decreto por el que se regula la supervisión de los materiales curriculares. En él se indica, entre otras cosas, que:

“Los proyectos editoriales aportarán de forma explícita la organización y distribución de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación, así como los métodos pedagógicos pertinentes contemplados en los Reales Decretos que establecen el

currículo de las correspondientes enseñanzas. Asimismo, el tratamiento de los contenidos atenderá a la distinción de conceptos, procedimientos y actitudes sobre la que se organiza el currículo."

"Los proyectos prestarán atención a la diversidad del alumnado, proponiendo actividades de refuerzo y ampliación, a fin de que los materiales que se editen permitan al profesorado seleccionar aquellas que mejor se adapten a las características de sus alumnos."

"Los proyectos editoriales deberán incluir, junto con los contenidos específicos del área o áreas a que se refieren, aquellos otros que son transversales al currículo de la etapa educativa. Tales contenidos son los que se especifican en los artículos 5.º, 4, del Real Decreto 1344/1991 para la Educación Primaria y 6.º, 6, del Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, para la Educación Secundaria Obligatoria."

"Cuando el proyecto contemple la edición de materiales sobre los que el alumno debe trabajar directamente, garantizará que éstos se presenten en formato independiente de los otros materiales de uso más duradero, salvo en el caso de los destinados a la Educación Infantil y al primer ciclo de la Educación Primaria."

"Los centros docentes, al elegir los materiales que consideren más adecuados a sus proyectos curriculares, deberán comprobar previamente que aquellos materiales responden a un proyecto editorial aprobado por el Ministerio de Educación y Ciencia. No podrán adoptar materiales en los que no conste expresamente la disposición en virtud de la cual se aprobó el citado proyecto."

"Los materiales curriculares elegidos para un determinado ciclo no podrán sustituirse hasta que los alumnos hayan agotado el ciclo correspondiente."

"La elección de libro de texto de un área o materia para un determinado curso o ciclo tendrá una vigencia mínima de cuatro cursos académicos, en los que dicho libro no podrá ser sustituido, salvo en los supuestos que el Ministerio de Educación y Ciencia determine."

No sólo la selección de los materiales es importante, también es conveniente discutir entre el conjunto del profesorado los criterios para su uso: dónde están, quién es el responsable de su cuidado, quiénes tendrán acceso a ellos, cómo se archivan, cómo se difunden, etc.

En este sentido, la existencia de un centro de recursos y documentación en el que se recojan todos los materiales que en el centro se van generando, y que permiten que profesores distintos de aquellos que los han elaborado en un primer momento los utilicen cuando tengan necesidad de ello, en lugar de volver a realizar la tarea de elaboración, se muestra como uno de los puntos claves de la organización de un centro, en lo que a este ámbito de recursos materiales se refiere.

Decisiones relativas a la evaluación

La evaluación es un elemento fundamental del proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que evaluar consiste en realizar un seguimiento a lo largo del proceso que permita obtener información acerca de cómo se está llevando a cabo, con el fin de reajustar la intervención educativa, de acuerdo con los datos obtenidos.

En consecuencia, la evaluación deberá referirse tanto a cómo están aprendiendo los alumnos como a la revisión de los distintos elementos de la práctica docente en el ámbito del aula y en el conjunto del centro. Así lo recoge el Real Decreto de currículo en el artículo 13.^º, apartado 2:

"Los profesores evaluarán tanto los aprendizajes de los alumnos como los procesos de enseñanza y su propia práctica docente en relación con el logro de los objetivos educativos del currículo. Igualmente evaluarán el proyecto curricular emprendido, la programación docente y el desarrollo real del currículo en relación con su adecuación a las necesidades educativas del Centro y a las características específicas de los alumnos."

En este sentido, las decisiones que deben tomarse en el Proyecto curricular tendrán que responder a los dos polos del proceso. Y tendrán, por otra parte, que referirse a las tres preguntas ya clásicas: **¿qué, cómo y cuándo evaluar?**

De estas preguntas, el currículo oficial contesta tan sólo a una parte del qué evaluar, al establecer los criterios de evaluación. La respuesta al cómo y cuándo es competencia del centro.

¿Qué evaluar en el proceso de aprendizaje de los alumnos?

Por lo que respecta al *qué evaluar* en relación con el aprendizaje del alumnado, la decisión más importante del Proyecto curricular es la que se refiere a los **criterios de evaluación**. En esta tarea habría dos grandes aspectos:

- Revisar, desde las peculiaridades del contexto propio del centro, los criterios de evaluación de etapa que aparecen en el Real Decreto de currículo.
- Elaborar los criterios de cada uno de los ciclos o cursos.

Revisión de los criterios de evaluación de etapa

En lo que se refiere al primer aspecto, hay que tener en cuenta que, como se recoge en el preámbulo del decreto de currículo, los criterios de evaluación no pueden utilizarse de una manera mecánica, sino que deben ser adecuados a las características propias del alumnado con el que se trabaja. Esta revisión podría llevar a que en el Proyecto curricular se matizara, desarrollara o completara alguno de los criterios del decreto.

Un ejemplo de este proceso de adecuación de los criterios de evaluación al contexto podría ser el que se refiere al criterio del área de Lengua y Literatura relativo a la diversidad lingüística en un sentido amplio, y que trata de

expresar la necesidad de que todo alumno adquiriera ciertos contenidos en relación con las distintas lenguas de España. Este criterio, en los términos en que está expresado, es igualmente aplicable a distintos contextos; sin embargo, en zonas donde coexisten dos lenguas puede ser pertinente añadir elementos en relación con el contacto de ambas lenguas.

Otro ejemplo vendría dado por el criterio de evaluación número 3 del área de Música, que dice que el alumno debería ser capaz de:

“Respetar el marco de actuación de esquemas rítmico-melódicos (entre 8 y 16 pulsos de duración y en el ámbito de la escala natural) en situaciones de improvisación.”

Este criterio intenta comprobar la habilidad del alumno de respetar el marco de actuación de la pauta rígida rítmico-melódica propuesta, observando la capacidad musical de intervenir con soltura y con naturalidad durante la improvisación, aportando ideas originales e, incluso, sabiendo callar a tiempo cuando la intervención se complica.

Puede que, por circunstancias específicas del centro, el equipo de profesores decida reforzar las parcelas relacionadas con la expresión corporal porque se hayan detectado bloqueos generalizados y recurrentes que limitan la expresión en otros campos del aprendizaje, y entre las medidas que podrían adoptarse se decida incluir algún criterio de evaluación que evalúe el progreso de las capacidades en este ámbito de desarrollo.

Estos ejemplos ilustran un modo de proceder y de reflexionar sobre los criterios de evaluación propuestos, de forma que resulten ajustados a las necesidades concretas del centro.

La revisión de los criterios de evaluación de etapa es un aspecto fundamental del Proyecto curricular, ya que es imprescindible que todo el equipo docente comparta los mismos criterios en relación con los aprendizajes que se consideran básicos para que un alumno o una alumna pueda enfrentarse con posibilidades de éxito a los estudios de la Enseñanza postobligatoria o al mundo del trabajo, y, en general, pueda incorporarse a la vida activa y adulta. Esta información es la que se recoge en los criterios del Real Decreto de currículo, lo que significa que no se recoge en ellos todo lo que un alumno puede aprender, sino exclusivamente aquellos aprendizajes especialmente relevantes sin los cuales el alumno tendría dificultades importantes a la hora de empezar la etapa siguiente o a la hora de dar por finalizada su formación básica.

Este carácter voluntariamente no exhaustivo de los criterios de evaluación pone claramente de manifiesto que no deben interpretarse como la respuesta al *qué enseñar*, ya que habrá que enseñar muchas más cosas de las que se recogen en los criterios, aunque, evidentemente, será necesario prestar especial atención a los aprendizajes a los que se refieren éstos.

Por otra parte, hay que tener también muy en cuenta que los criterios no deben en ningún caso interpretarse de manera rígida ni mecánica como criterios de promoción. Es evidente que, en tanto en cuanto sirven como referente para la evaluación sumativa, brindan una información que resultará útil para tomar decisiones de promoción. Pero su utilidad no es, desde luego, la de ofrecer una respuesta directa ni unilateral, ya que en las decisiones de promoción, como se expone unos párrafos más adelante, intervienen otros elementos además del que puede derivarse de los criterios de evaluación.

La función de los criterios es fundamentalmente de carácter formativo, como se indica en el preámbulo del Real Decreto de currículo:

“Los criterios de evaluación establecen el tipo y grado de aprendizaje que se espera que los alumnos hayan alcanzado con respecto a las capacidades indicadas en los objetivos generales. El nivel de cumplimiento de estos objetivos en relación con los criterios de evaluación fijados no ha de ser medido de forma mecánica, sino con flexibilidad, teniendo en cuenta la situación del alumno, el ciclo educativo en el que se encuentra y también sus propias características y posibilidades. Además, la evaluación cumple, fundamentalmente, una función formativa, al ofrecer al profesorado unos indicadores de la evolución de los sucesivos niveles de aprendizaje de sus alumnos, con la consiguiente posibilidad de aplicar mecanismos correctores de las insuficiencias advertidas. Por otra parte, esos indicadores constituyen una fuente de información sobre el mismo proceso de enseñanza. De esta forma, los criterios de evaluación vienen a ser un referente fundamental de todo el proceso interactivo de enseñanza y aprendizaje.”

Elaboración de los criterios de evaluación de ciclo

Para que los criterios de evaluación puedan realmente cumplir esa función formativa es preciso que se utilicen desde el comienzo del proceso de aprendizaje; por tanto, es fundamental contar con criterios de ciclo, ya que cuanto antes se identifiquen posibles dificultades de aprendizaje, antes se podrá reajustar la intervención pedagógica.

El profesorado ha de distribuir secuencialmente los criterios de etapa, marcando los aprendizajes propios de cada ciclo. En función de lo que se haya decidido en el momento de establecer la secuencia de objetivos y contenidos, se tendrán que seleccionar aquellos aprendizajes que se consideren necesarios para incorporarse al ciclo siguiente.

Con el fin de facilitar esta tarea, en el Anexo de la Resolución de la Secretaría de Estado, que aparece recogida en la segunda sección de cada uno de los documentos de las áreas, se presenta una posible secuencia de criterios de evaluación por ciclos, con carácter meramente orientativo. En el siguiente ejemplo, del área de Ciencias de la Naturaleza, se aprecia claramente cuál sería el proceso que debería seguirse a la hora de definir en el Proyecto curricular el *qué evaluar* característico de cada ciclo.

En el Real Decreto de currículo figura el siguiente criterio de etapa en relación con la Teoría Cinética:

“Utilizar la Teoría Cinética para explicar algunos fenómenos que se dan en la Naturaleza, tales como la dilatación, los cambios de estado y los procesos de propagación del calor y para interpretar los conceptos de presión en gases y de temperatura.”

La explicación de este criterio indica que:

Se trata de comprobar que el alumnado es capaz de explicar, como consecuencia de la concepción de presión y de temperatura derivada de la Teoría Cinética, fenómenos como: las grandes presiones que se originan en las máquinas térmicas, las diferencias de presiones entre las partes altas y bajas de la atmósfera, y si es capaz de diferenciar los conceptos de temperatura y calor.

Este criterio de final de etapa tiene su correlato en el primer ciclo con un nivel de aprendizaje claramente inferior, en el que la Teoría Cinética se utiliza para explicaciones de menor envergadura y profundidad. Y así, se espera que el alumno, al acabar el ciclo 12-14, sea capaz de:

“Utilizar la Teoría Cinética para explicar algunos fenómenos que se dan en la Naturaleza tales como la disolución, la compresibilidad de los gases, la dilatación y los procesos de propagación del calor.”

Y se matiza en la explicación que:

Se trata de comprobar que el alumnado es capaz de explicar estos fenómenos naturales por el hecho de que la materia es discontinua, que sus partículas están en movimiento y que éste se puede modificar al aportarles energía. No se trata de emplear en las argumentaciones las interacciones entre las partículas, sino quedarse en una aproximación elemental a la Teoría Cinética.

En el momento de establecer los criterios de evaluación, es muy importante que el equipo docente preste especial atención a los contenidos referidos a actitudes y a los temas transversales, ya que, por la escasa tradición que todavía tienen en la práctica docente, existe una tendencia a no tenerlos en cuenta.

Por otra parte, es fundamental que los equipos docentes realicen también una reflexión en torno a la **gradación** que se puede establecer en todo criterio de evaluación, y que pone de manifiesto distintas aproximaciones que pueden hacerse a un mismo criterio en el sentido de grados de aprendizaje diferentes, aunque todos ellos muestren que los alumnos han alcanzado los aspectos básicos del criterio.

Sirva como ejemplo el criterio de evaluación número 18 del área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia, que indica que el alumno, al finalizar la Secundaria Obligatoria, debería ser capaz de:

“Reconocer en la Constitución española los principios e instituciones democráticas fundamentales y aplicar ese conocimiento para enjuiciar y debatir hechos o actuaciones de la vida pública y actitudes o comportamientos cotidianos.”

En este criterio es fácil plantear tareas que respondan a diversos grados de dificultad. En un primer nivel cabría situar la tarea del tipo:

“A partir de un texto que seleccione unos cuantos artículos de la Constitución, identificar los que, en opinión del alumno, recogen principios básicos de todo régimen democrático.”

En esta actividad sólo se pide al alumno que reconozca o identifique algunos artículos esenciales del texto constitucional.

En un nivel de dificultad superior cabría situar esta otra actividad:

“Analizar algún hecho o hábito cotidiano en las vidas de los alumnos, valorándolo desde la perspectiva de los principios constitucionales.”

Aquí los aprendizajes requeridos son bastante más elevados, desde el momento en que las capacidades que se exigen son las de analizar y valorar, aplicando para ello criterios obtenidos a partir del conocimiento de los artículos básicos de la Constitución.

Finalmente, cabe una tercera tarea de mayor complejidad:

“A partir de informaciones recogidas en los medios de comunicación sobre un acontecimiento de la actualidad pública (un proyecto de ley, una actuación de una institución o de un partido, etcétera), hacer un debate en clase analizando y valorando su adecuación al ordenamiento constitucional.”

En esta tarea, a los aprendizajes requeridos en la actividad anterior, se añaden ahora los que conllevan el análisis y la valoración crítica de la información, por un lado, y la discusión y la argumentación de las propias opiniones, por otro.

Este mismo proceso de gradación de un criterio es el que se observa en el siguiente ejemplo de un criterio del área de Educación Física:

“Realizar de manera autónoma actividades de calentamiento preparando el organismo para actividades más intensas y/o complejas, generales y específicas.”

En estas tareas se puede observar un grado creciente de complejidad, y, por tanto, la posibilidad de responder con ellas a la evaluación de diferentes niveles y momentos de aprendizaje:

- Diseñar, en grupo, un calentamiento de carácter general.
- Realizar un calentamiento individual de carácter general.
- Diseñar y realizar un calentamiento de carácter específico atendiendo a las premisas, *suministradas por el profesor*, de la actividad para la que se prepara.
- Dirigir un calentamiento para el grupo de compañeros teniendo en cuenta las características de las actividades variadas en que intervendrán.

Como puede observarse por estos ejemplos, los aprendizajes exigidos por los criterios de evaluación pueden adecuarse convenientemente a la diversidad de aptitudes e intereses de los alumnos y alumnas, proceso imprescindible dentro de una enseñanza comprensiva. El trabajo que los Seminarios o Departamentos lleven a cabo en esta línea será una aportación clave para el éxito del proceso de enseñanza y aprendizaje.

¿Cómo evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos?

Una vez establecido lo que se considera fundamental evaluar, será preciso determinar los procedimientos mediante los que se va a obtener la información necesaria en relación con el proceso de aprendizaje. En este apartado del Proyecto curricular habrá que decidir, por tanto, las situaciones, estrategias e instrumentos de evaluación.

A la hora de tomar estas decisiones es importante prestar atención a que los procedimientos cumplan algunos requisitos tales como:

- Ser muy variados, de modo que permitan evaluar los distintos tipos de capacidades y de contenidos curriculares y contrastar datos de la evaluación de los mismos aprendizajes obtenidos a través de distintos instrumentos.
- Dar información concreta de lo que se pretende evaluar, sin introducir variables que distorsionen los datos que se obtengan con su aplicación.

Procedimientos e instrumentos de evaluación	Conceptos	Procedimientos	Actitudes
Observación sistemática:			
Escalas de observación	▲	■	■
Listas de control	▲	▲	■
Registro anecdótico	▲	▲	■
Diarios de clase	■	■	■
Análisis de las producciones de los alumnos:			
Monografías	■	■	▲
Resúmenes	■	■	▲
Trabajo de aplicación y síntesis	■	■	▲
Cuaderno de clase	■	■	■
Cuadernos de campo	▲	■	▲
Resolución de ejercicios y problemas	▲	■	■
Textos escritos	■	▲	▲
Producciones orales	■	■	▲
Producciones plásticas o musicales	▲	■	▲
Producciones motrices	▲	■	■
Investigaciones	■	■	■
Juegos de simulación y dramáticos	▲	■	■
Intercambios orales con los alumnos:			
Diálogo	■	■	▲
Entrevista	■	▲	■
Asamblea	▲	■	■
Puestas en común	■	■	▲
Pruebas específicas:			
Objetivas	■	▲	▲
Abiertas	■	▲	▲
Interpretación de datos	■	■	▲
Exposición de un tema	■	■	▲
Resolución de ejercicios y problemas	■	■	■
Pruebas de capacidad motriz	▲	■	■
Cuestionarios	■	▲	▲
Grabaciones en magnetófono o vídeo y análisis posterior	▲	■	■
Observador externo	▲	■	■

Evaluación del proceso de aprendizaje

El signo ■ indica que es muy adecuado para ese tipo de contenidos. El signo ▲ expresa que permite también evaluar dichos contenidos.

-
- Utilizar distintos códigos (verbales, ya sean orales o escritos, icónicos, gráficos, numéricos, audiovisuales, etc.) cuando se trate de pruebas dirigidas al alumno, de modo que se adecuen a las distintas aptitudes sin que el código obstaculice el contenido que se pretende evaluar.
 - Ser aplicables en situaciones más o menos estructuradas de la actividad escolar. Puede haber actividades de aprendizaje que a su vez le sirvan al profesor para evaluar.
 - Permitir evaluar la transferencia de los aprendizajes a contextos distintos de aquellos en los que se han adquirido, comprobando así su funcionalidad.

En las orientaciones didácticas, tanto del conjunto de la etapa como de cada una de las áreas, se recoge información más detallada a este respecto. Allí se proponen distintos instrumentos de evaluación que se resumen en el cuadro anterior. Este cuadro recoge un abanico muy amplio de instrumentos de entre los que habrá que elegir en cada momento los más adecuados. No debe interpretarse, por tanto, que sea necesario utilizarlos todos. Con este cuadro únicamente se pretende ilustrar la amplia gama de instrumentos con los que se puede contar, pero cada área se reconocerá fundamentalmente en alguno de ellos.

A la hora de elegir cuáles de ellos se van a utilizar es muy importante que el equipo docente preste atención a la diferencia de tipos de contenido, ya que unos instrumentos son adecuados para evaluar conceptos y, sin embargo, no lo son para los procedimientos o las actitudes. Es fundamental también tener en cuenta las diferencias individuales que existen entre los alumnos con respecto a instrumentos que les resultan más adecuados que otros.

Asimismo, es muy importante recoger la coevaluación entre alumnos y la autoevaluación como procedimientos sumamente ricos, a pesar de lo cual todavía tienen escasa presencia en la práctica docente habitual. En este sentido es necesario que los alumnos y alumnas conozcan los objetivos de aprendizaje, es decir, sepan lo que se espera que aprendan, se vayan informando de en qué grado lo van consiguiendo y cuáles son las estrategias personales que más les han ayudado, así como de las dificultades que han encontrado y los recursos de que disponen para superarlas. Esta información acerca de su progreso refuerza la autoestima necesaria para seguir aprendiendo y pone las bases de lo que será la propia reflexión sobre el proceso de aprendizaje personal y autónomo.

Responder al *cómo evaluar* supone, además de elegir los instrumentos, decidir cómo se va a registrar la información de evaluación y a quiénes se va a comunicar. Todo ello lleva a que en el Proyecto se establezca el tipo de informe de evaluación que va a utilizarse, y se decida cómo se va a transmitir a los alumnos, a los padres y al resto del equipo docente aquellos aspectos que se considere oportunos.

Por último, es también conveniente aprovechar esta reflexión para acordar con más detalle la función del tutor como coordinador y responsable último de la evaluación, así como establecer el papel del orientador o el profesional del equipo psicopedagógico que trabaje en el centro. En este sentido, el Proyecto de Orden sobre evaluación en la Educación Secundaria Obligatoria indica que:

“La evaluación será realizada por el conjunto de profesores del respectivo grupo de alumnos, coordinados por el profesor tutor de dicho grupo, y asesorados por el Departamento de Orientación del centro. Dichos profesores actuarán de manera colegiada a lo largo del proceso de evaluación y en la adopción de las decisiones resultantes de dicho

proceso. La toma de decisiones en el proceso de evaluación se realizará en la forma en que determinen los respectivos Proyectos curriculares."

También es necesario que se revisen en el Proyecto curricular las medidas que se consideran oportunas en relación con las adaptaciones curriculares que puede ser necesario realizar a partir de los resultados de la evaluación, como indica el artículo 14.1 del Real Decreto de currículo:

"En el contexto del proceso de evaluación continua, cuando el progreso de un alumno no responda a los objetivos programados, los profesores adoptarán las oportunas medidas de refuerzo educativo y, en su caso, de adaptación curricular."

¿Cuándo evaluar el proceso de aprendizaje de los alumnos?

La respuesta a esta pregunta lleva a concretar en el Proyecto cómo se van a poner en práctica los tres momentos clásicos de la evaluación: inicial, formativa y sumativa.

En las orientaciones didácticas se aconseja el comienzo de cada ciclo como un momento fundamental para realizar una evaluación inicial que permita situar el nivel de aprendizaje del alumno, así como familiarizarse con su peculiar manera de aprender. Ello no quita que en cada unidad didáctica sea también necesario obtener información acerca de qué ideas tienen ya los alumnos sobre los contenidos que se van a abordar.

Reflexionar sobre la evaluación formativa supondrá acordar los momentos en los que, a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje, se van a poner en práctica los instrumentos que se hayan decidido previamente y que resulten útiles para este seguimiento como, por ejemplo, la periodicidad de revisión de los diarios de clase o los trabajos de los alumnos y alumnas.

Por último, es también necesario establecer acuerdos acerca de los momentos más adecuados para llevar a cabo la evaluación sumativa que permita comprobar el avance realizado en el aprendizaje de los alumnos. El final de cada unidad didáctica, de cada ciclo y, evidentemente, de la etapa son hitos claros para la evaluación sumativa, lo que no quita que sea conveniente establecer otros puntos intermedios. En este sentido, en el Proyecto de Orden de evaluación en la Educación Secundaria Obligatoria se indica:

"Cada equipo de profesores realizará, al menos, tres sesiones ordinarias de evaluación a lo largo del curso, sin perjuicio de lo que establezcan los respectivos proyectos curriculares."

Es necesario definir, asimismo, en el Proyecto los momentos en los que, a lo largo del ciclo, se va a informar a los alumnos y a los padres de los datos obtenidos en el proceso de evaluación y el tipo de informe que se va a utilizar, teniendo en cuenta lo que se recoge en el Proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria:

“En función de los contenidos acordados en la sesión de evaluación final del primer ciclo y del tercer curso de la etapa, el profesor tutor emitirá un informe de cada alumno y alumna acerca del grado de desarrollo alcanzado en relación con los objetivos generales establecidos para el ciclo o curso, en el que hará constar la decisión adoptada acerca de la promoción del alumno.”

“Igualmente, cada uno de los profesores que imparten clase a un mismo grupo de alumnos elaborará un informe de evaluación final de aquellos alumnos a los que sea necesario garantizar la continuidad de las medidas de adaptación curricular adoptadas en su proceso de aprendizaje, acerca del grado de dominio de los objetivos de su área respectiva y del funcionamiento de las medidas adoptadas con esos alumnos.”

“Periódicamente, al menos tres veces a lo largo del curso, y cuando se den circunstancias que así lo aconsejen, el tutor junto con el equipo de profesores que imparten clase a un mismo grupo de alumnos, ya sea por escrito o en reuniones de grupo o individuales, según determine el Proyecto curricular, informará a las familias y a los alumnos sobre el aprovechamiento académico de éstos y la marcha de su proceso educativo. A tal efecto, se utilizará la información recogida en el proceso de evaluación continua.”

“Al finalizar el ciclo o curso respectivo se informará al alumno y a su familia acerca de los resultados de la evaluación final. Dicha información incluirá, al menos, las calificaciones obtenidas en las distintas áreas y materias optativas cursadas por el alumno, la decisión acerca de su promoción al ciclo o curso siguiente y las medidas adoptadas, en su caso, para que el alumno alcance los objetivos programados.”

“Con el fin de garantizar el derecho que asiste a los alumnos a que su rendimiento escolar, a lo largo del proceso de evaluación continua, sea valorado conforme a criterios de plena objetividad, los centros deberán hacer públicos los objetivos, contenidos y criterios de evaluación mínimos exigibles para obtener una valoración positiva en las distintas áreas o materias que formen el currículo.”

La evaluación de la práctica docente

La evaluación debe orientarse conjuntamente hacia los alumnos y hacia los docentes, procurando obtener una información completa de los diferentes elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El profesorado ha de constatar qué aspectos de su intervención han favorecido el aprendizaje y en qué otros podrían incorporarse cambios o mejoras.

Esta evaluación de la intervención educativa debe hacerse en dos niveles distintos: el del contexto del aula y el del conjunto del centro. Evidentemente, en el primer caso el responsable es cada profesor o profesora, mientras que la evaluación del funcionamiento de la etapa debe ser tarea del conjunto del profesorado de Secundaria Obligatoria.

Procedimientos e instrumentos de evaluación	Grupo aula	Ciclo	Etapa	Centro
Cuestionarios a:				
Los alumnos	■	▲	▲	▲
Los profesores	▲	■	■	■
Los padres	■	▲	■	■
Intercambios orales:				
Entrevista con alumnos	■	▲	▲	▲
Debates	■	▲	▲	▲
Asambleas	■	▲	▲	▲
Entrevistas con padres	■	▲	▲	▲
Reuniones con padres	▲	■	■	■
Observador externo	■	▲	▲	▲
Grabaciones en magnetófono o vídeo y análisis posterior	■	▲	▲	▲
Resultados del proceso de aprendizaje de los alumnos	■	■	■	■
Contraste de experiencias	■	■	■	■
Resultados del proceso de evaluación de la inspección	▲	■	■	■

Evaluación del proceso de enseñanza

El signo ■ indica que es muy adecuado para ese tipo de contenidos. El signo ▲ expresa que permite también evaluar dichos contenidos.

En el primer nivel habrá que establecer cuáles son los indicadores que, a juicio del profesorado, deben evaluarse. Entre ellos deberían figurar la adecuación de los objetivos didácticos y de la selección de los contenidos realizada; la pertinencia de las actividades propuestas, así como de la secuencia seguida en su realización; la presencia de estrategias diversificadas que den respuesta a los distintos intereses y ritmos de aprendizaje; la adecuación de los materiales empleados, así como el nivel de interacción con y entre los alumnos y el clima comunicativo establecido en el aula.

Llevar adelante este nivel de evaluación del desarrollo del currículo supone dotarse de unos instrumentos adecuados. El diario del profesor, el contraste con otros compañeros, las opiniones de los alumnos o técnicas más sofisticadas, como grabaciones o la presencia de un observador externo, son algunos de los procedimientos que ayudarán a sistematizar la evaluación.

El profesorado deberá también determinar, en este apartado del Proyecto curricular, qué elementos va a evaluar con respecto a la práctica que se lleva a cabo en el conjunto de la etapa. Los siguientes indicadores suelen tener una especial relevancia: el nivel de estructuración y participación del conjunto del profesorado de la etapa; la relación con los padres y en general con la comunidad en la que se encuentre ubicado el centro; el tipo de actividades extraescolares; las medidas de atención a la diversidad; el grado de consolidación de los objetivos marcados en el Proyecto; la adecuación de las decisiones tomadas en el Proyecto curricular de la etapa; el nivel de participación del alumnado, y el grado de satisfacción del profesorado.

El cuadro anterior recoge un abanico muy amplio de instrumentos dentro de los que habrá que elegir en cada momento los más adecuados. No debe interpretarse, por tanto, que sea necesario utilizarlos todos.

Para llevar a cabo este tipo de evaluación pueden utilizarse procedimientos diversos, como sucedía en el caso de la programación: reuniones del conjunto del profesorado para contrastar opiniones; información recogida a través de entrevistas o cuestionarios de los padres y alumnos; instrumentos estandarizados tales como el QUAFE⁶; o la ayuda de evaluadores externos, entre los cuales puede tener un papel privilegiado el Servicio de Inspección.

Por lo que respecta al cuándo realizar estos procesos, hay que tener en cuenta que la evaluación de los diferentes elementos de la intervención docente debe estar ligada al proceso educativo, es decir, que en cierta medida debe llevarse a cabo de forma continua. No obstante, puede haber momentos especialmente indicados para proceder a la valoración de la marcha del proceso. Así por ejemplo, al inicio de un curso será importante conocer cuál es el punto de partida, con respecto a la situación en la que se encuentra el alumnado, para abordar los nuevos aprendizajes, cuáles son las condiciones materiales disponibles, etc. Por otra parte, y por lo que respecta al nivel de la Programación de aula, al finalizar cada unidad didáctica parece preciso analizar cómo ha funcionado.

En el nivel más amplio, un momento destacable para realizar la evaluación de la acción educativa es la finalización de un ciclo y en especial el momento en el que una promoción termina la etapa, de forma que el profesorado pueda valorar globalmente el funcionamiento del Proyecto curricular.

6 DARDER, P., y LÓPEZ, J. A. (1985). QUAFE'80. Barcelona: Onda.

En este sentido el Proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria establece que:

“Los profesores evaluarán los procesos de enseñanza y su propia práctica docente en relación con el logro de los objetivos educativos del currículo. Igualmente evaluarán el proyecto curricular emprendido, la programación de la práctica docente y el desarrollo real del currículo en relación con su adecuación a las necesidades del centro y a las características específicas de los alumnos.”

“En las sesiones de evaluación ordinarias, los profesores evaluarán su propia práctica docente en relación a las características específicas de sus alumnos y adoptarán, en función de ello, las oportunas medidas de reajuste de la programación.”

“Al finalizar cada curso, y en sesiones de evaluación final específicas para este fin, los equipos de profesores, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación de la programación desarrollada durante el curso y previo informe por áreas, decidirán acerca de las modificaciones que deben plantearse en el Proyecto curricular.”

Evaluación integradora y criterios de promoción

El Real Decreto de currículo y el Proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria establecen que la evaluación deber ser en esta etapa continua e integradora:

“La evaluación del aprendizaje de los alumnos será continua e integradora, aunque diferenciada según las distintas áreas o materias. Continua, en cuanto que está inmersa en el proceso de enseñanza y aprendizaje del alumno con el fin de detectar las dificultades en el momento en que se producen, averiguar sus causas y, en consecuencia, adaptar las actividades de enseñanza y aprendizaje.”

“El carácter integrador de la evaluación en la Educación Secundaria Obligatoria exige tener en cuenta las capacidades generales establecidas para la etapa a través de los objetivos de las distintas áreas o materias.”

Ello significa que en el momento de tomar la decisión de promoción de un alumno debe valorarse el progreso del alumno desde las distintas áreas en relación al desarrollo integral de la persona. En este sentido, el equipo docente podría decidir que un alumno promocionara al ciclo o curso siguiente a pesar de no haber alcanzado satisfactoriamente los objetivos de alguna de las áreas:

“El equipo de profesores podrá decidir la promoción desde el primer ciclo al segundo y de tercer curso al cuarto de aquellos alumnos que, aun habiendo sido evaluados negativamente en algunas de las áreas, hayan desarrollado, a juicio del equipo y adoptada la decisión por el procedimiento que establezca el Proyecto curricular, las capacidades que les permitan proseguir con aprovechamiento los estudios del ciclo o curso siguiente.”

El equipo docente tendrá que decidir bajo qué criterios va a aplicar esta posibilidad de manera que resulte lo más flexible y sensible a la peculiaridad de cada caso sin que se convierta en una norma rígida que los alumnos abandonen desde el principio ciertas asignaturas. Debe plantearse, por tanto, como una posibilidad que tiene el equipo docente y no como una obligación.

Esta decisión es especialmente trascendente cuando se trata del cuarto curso de la etapa en el que hay que decidir si el alumno obtiene o no titulación. En este sentido el Proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria establece:

“El equipo de profesores podrá proponer para la expedición del título a aquellos alumnos que, aun habiendo sido evaluados negativamente en algunas de las áreas o materias, hayan alcanzado, en términos globales, los objetivos establecidos para la etapa.”

“En relación al punto anterior, se considerará que el alumno ha conseguido, en términos globales, los objetivos de etapa cuando, a juicio del equipo de profesores y adoptada la decisión por el procedimiento que establezca el Proyecto curricular, haya alcanzado las capacidades que le permitan proseguir sus estudios, con garantías de aprovechamiento, en alguna de las modalidades de Bachillerato y/o en la Formación Profesional Específica de Grado Medio.”

Es fundamental que el equipo docente reflexione en torno a esta decisión teniendo en cuenta que se trata de una etapa obligatoria y que el *título de Graduado en Educación Secundaria* es requisito imprescindible para cualquiera de los estudios posteriores dentro del sistema reglado.

Tanto si el alumno promociona pero debe seguir trabajando alguna de las áreas del ciclo o curso anterior como si permanece un año más en el ciclo o curso, es preciso que el equipo docente establezca medidas educativas complementarias encaminadas a contribuir a que el alumno alcance los objetivos programados. Los refuerzos, los desdobles, los agrupamientos flexibles, los enfoques más globalizados, los grupos de repetidores, etc., son posibles alternativas para llevar a cabo este apoyo, de entre las cuales el equipo de profesores debe adoptar las que considere más pertinentes.

Estas medidas deberán recogerse en los correspondientes informes, como se indica en el proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria:

“Cuando algún alumno no haya conseguido, globalmente o en alguna de las áreas, los objetivos programados, deberán especificarse en el informe las medidas educativas complementarias encaminadas a contribuir a que el alumno alcance dichos objetivos.”

“Estos informes deberán elaborarse, asimismo, al finalizar el cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria, acerca de aquellos alumnos para los que se adopte la decisión de permanencia de un año más en ese curso.”

Es necesario igualmente que el equipo docente establezca las condiciones precisas en las que se permitirá una segunda repetición con carácter excepcional:

“Excepcionalmente, el grupo de profesores asesorados por el Departamento de Orientación del centro, cuando estimen que el alumno tiene posibilidades de obtener el título de Graduado en Educación Secundaria, podrá adoptar esta decisión una segunda vez, al final de un ciclo o curso distinto, oídos el alumno y sus padres. Esta decisión irá acompañada de las oportunas medidas educativas complementarias.”

En el marco de estas decisiones, el equipo docente deberá fijar también bajo qué condiciones es más conveniente que un alumno, si tiene ya dieciséis años, se incorpore a un programa individualizado de diversificación curricular. A este respecto el Proyecto de Orden de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria establece que:

“En el caso de alumnos mayores de dieciséis años que hayan permanecido un año más en un ciclo o curso y no hayan superado los objetivos correspondientes, el equipo de profesores, junto con el Departamento de Orientación, oídos el alumno y sus padres, podrá decidir la promoción del alumno al ciclo o curso siguiente, con las oportunas medidas complementarias de adaptación curricular, o bien, excepcionalmente, y previa evaluación psicopedagógica del alumno y el informe de la Inspección educativa, establecer el oportuno programa individualizado de diversificación curricular, encaminado a que el alumno alcance las capacidades generales propias de la etapa.”

Decisiones en relación con la evaluación integradora y la promoción

- Criterios para decidir si un alumno promociona o no al ciclo o curso siguiente aunque no haya evolucionado positivamente en todas las áreas.
- Medidas de apoyo a los alumnos que repiten curso o a aquellos que permanecerán con áreas evaluadas negativamente.
- Criterios para permitir una segunda repetición con carácter excepcional.
- Criterios para incorporarse a un programa de diversificación a partir de los dieciséis años.
- Criterios para alcanzar o no la titulación al final de la etapa.

Orientación y Tutoría

La configuración de una etapa comprensiva a la vez que diversificada, así como su carácter tanto intrínseco como propedéutico, hacen imprescindible un sistema eficaz de orientación, integrado en el proceso de enseñanza y aprendizaje, que propicie el desarrollo personal de los alumnos y les capacite para tomar decisiones sobre su futuro académico y profesional.

La gran incidencia de este aspecto del proceso educativo exige que se planifique de manera conjunta y coherente por el equipo docente, ya que todo él tendrá que ver en su puesta en práctica en mayor o menor medida.

Es necesario que en el Proyecto curricular se concreten las relaciones del Departamento de Orientación con los restantes Departamentos o Seminarios, así como con los tutores de los diversos grupos. Esta relación estará en gran parte condicionada por las funciones que unos y otros desempeñen, funciones que abarcarían los dos grandes ámbitos de intervención: la orientación educativa y la orientación académica y profesional.

La orientación educativa

La función fundamental de la orientación es contribuir a organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje de tal manera que resulte lo más ajustado posible a las necesidades que cada alumno o alumna tenga. En este sentido la orientación educativa no es distinta de una educación **integral y personalizada**. La tarea de educar, cuando se concibe en su auténtico sentido, no se limita a la mera instrucción, sino que contribuye intencionalmente al desarrollo de los alumnos y alumnas en **todas** sus dimensiones y lo hace ajustándose a sus **peculiaridades**.

Esta orientación educativa pasa, pues, necesariamente por el currículo que se trabaja con los alumnos y es responsabilidad, en consecuencia, del conjunto de profesores y profesoras que imparten docencia en la etapa. En este sentido la reflexión que el profesorado haga acerca de aquellos contenidos, fundamentalmente de carácter actitudinal y procedimental, sobre las que descansa en gran parte este ámbito educativo, ayudará a que desde todas las áreas se esté asumiendo esta tarea.

Esto no quita que sea necesaria una figura que coordine y dedique una especial atención al proceso. Ésta es la misión del tutor o tutora de grupo. Su papel es fundamental, tanto en el contacto con los propios alumnos como con el resto de los profesores que trabajan con el grupo y con los padres. Cuanto mayor sea la planificación que se haga de cómo llevar a la práctica estas tareas, más eficaz será la función tutorial. En el documento *Orientación y tutoría*, que forma parte de los Materiales para la Reforma, se especifican con detalle estas tareas.

Especial atención merecería, dado que todavía no es una práctica suficientemente consolidada y generalizada, el papel del tutor como convocante y coordinador del equipo de profesorado del grupo, no sólo para evaluar, sino también, y principalmente, para intercambiar informes sobre diversas programaciones que se hayan elaborado desde lo establecido en el Proyecto curricular y coordinarlas en función de la evaluación inicial que se haya hecho del grupo en cuestión.

Junto con el trabajo con los tutores, la orientación educativa supone también estructurar el trabajo en un nivel superior de organización como son los Seminarios y Departamentos. En este sentido, el Departamento de Orientación deberá acordar con los restantes en qué aspectos concretos de su planificación y puesta en práctica del currículo va a brindarles apoyo.

Cuanto más sensibles sean las decisiones del Proyecto curricular y de las Programaciones a la diversidad de los alumnos, más eficaz será la intervención. Desde este punto de vista, el asesoramiento que los profesores del Departamento de Orientación puedan prestar en relación con opciones metodológicas, materiales, aspectos de organización del aula, etc., que hayan mostrado ser útiles para la enseñanza de las diversas áreas, cumplirá una función preventiva con respecto a las dificultades de aprendizaje.

A pesar de ello, es seguro que habrá algunos alumnos y alumnas que requieran un mayor apoyo a través de medidas de adaptación curricular que, siendo abordables dentro del marco del aula, puedan exigir el trabajo con-

junto de profesores de área y del Departamento de Orientación. Establecer este marco de colaboración, en sus grandes líneas, sería también una decisión propia del Proyecto curricular.

Por último, es preciso abordar también aquellas otras medidas, de carácter más estructural, que vayan a ponerse en marcha para dar respuesta a dificultades de aprendizaje más importantes como son aquellas que precisan los alumnos que repiten un curso o pasan al siguiente, pero necesitan seguir consolidando aquellos aprendizajes que hayan sido evaluados negativamente en la decisión de promoción, como se ha señalado en el apartado sobre "Evaluación integradora y criterios de promoción".

Orientación académica y profesional

La capacidad de decidirse por lo que respecta al papel que se desea tener en la sociedad, a través de una determinada profesión, es mucho más amplia que la mera elección vocacional. Incluye actitudes hacia la toma de decisiones, comprensión de la demanda laboral y actividades de planificación y desarrollo de capacidades vocacionales, además de la propia elección vocacional. Un adolescente está vocacionalmente maduro cuando sabe lo que quiere y lo que puede hacer en la vida y, en consecuencia, está capacitado para desarrollar el **proceso de decidirse** a emprender un determinado camino, aunque éste se halle meramente esbozado.

La orientación vocacional es considerada, en la actualidad, un objetivo fundamental de cualquier sistema educativo, en función de la creciente diversificación de la oferta curricular y las características de la sociedad actual en constante cambio y transformación. Ha perdido, por tanto, el carácter subsidiario y de apoyo a aquellos alumnos que abandonan la escolaridad, para ser incardinada plenamente en el proceso orientador de los centros educativos, al considerar que el desarrollo vocacional es una faceta del desarrollo personal, y este último tiene lugar en el ámbito educativo y socio-familiar.

En este sentido puede considerarse la orientación vocacional como parte de la orientación educativa, ya que al tomar decisiones hay que enseñar desde el conjunto de la intervención docente. No obstante, la especificidad de algunas de las tareas que tienen que llevarse a cabo en ella justifican dedicarle una atención especial.

El asesoramiento para la elección es un rasgo presente en toda la etapa, pero que se recomienda especialmente en el currículo para el segundo ciclo, y, singularmente, para el último año en función del **aumento de la opcionalidad** que se da en el mismo. El currículo, aun conservando su fuerte carácter comprensivo, incluye en los dos últimos años un espacio de optatividad que posibilite la elección de algunas materias en correspondencia con la diversidad de intereses, aptitudes y motivaciones del adolescente. Esta primera elección curricular, que se inicia con una materia de carácter optativo los tres años anteriores y es más acentuada en cuarto año, configura itinerarios educativos diferentes que condicionan, en cierto modo, decisiones académicas y profesionales posteriores.

Junto con esta orientación a lo largo de la etapa, es fundamental la ayuda que se preste a los alumnos en la decisión de las alternativas que se les abren al acabar la Educación Secundaria Obligatoria. Ello supone tanto la información sobre las distintas opciones como el asesoramiento en la toma de decisiones que culminará en el consejo orientador, que prescriptivamente es preciso elaborar para cada alumno, como se recoge en el Real Decreto de currículo:

“Todos los alumnos, en cualquier caso, recibirán una acreditación del centro educativo, en la que consten los años cursados y las calificaciones obtenidas en las distintas áreas y materias. Esta acreditación irá acompañada de una orientación sobre el futuro académico y profesional del alumno, que en ningún caso será prescriptiva y que tendrá carácter confidencial.”

En el Proyecto curricular deben establecerse las tareas que cada uno (profesores de área, tutores y Departamento de Orientación) van a tener en la orientación académica y profesional.

Como se explica ampliamente en el documento *Orientación y Tutoría*, que forma parte de los Materiales para la Reforma, todos los profesores tienen la función de prestar especial atención a aquellos contenidos del currículo que

ORIENTACIÓN EDUCATIVA		
Profesores de área	Tutores	Departamento de Orientación
<ul style="list-style-type: none"> — Organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje de tal manera que se dirija a la educación <i>integral y personalizada</i> del alumno. — Introducir medidas de atención a la diversidad en la programación. — Realizar adaptaciones curriculares ante dificultades de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> — Coordinar al equipo de profesores que trabajan con el grupo tanto por lo que respecta a la programación como a la evaluación. — Coordinar, junto con los profesores de área, y si es necesario el Departamento de Orientación, las adaptaciones curriculares necesarias. — Facilitar la integración del alumnado dentro de su grupo y hacer un seguimiento de su aprendizaje. — Informar a los padres acerca de la evolución de sus hijos y procurar que participen lo más posible en el proceso educativo. 	<ul style="list-style-type: none"> — Asesorar a los Departamentos y Seminarios en su planificación y desarrollo del currículo con el fin de facilitar la atención a la diversidad. — Asesorar sobre cómo poner en marcha medidas de adaptación curricular. — Coordinar y apoyar la tarea de los tutores.

ORIENTACIÓN ACADÉMICA-PROFESIONAL		
Profesores de área	Tutores	Departamento de Orientación
<ul style="list-style-type: none"> — Trabajar en cada área los contenidos que contribuyen a desarrollar la capacidad de tomar decisiones. — Favorecer que los alumnos tomen contacto con los distintos ámbitos profesionales vinculando la escuela con el mundo del trabajo y considerando éste como objeto de enseñanza y aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> — Coordinar el equipo de profesores que trabajan con el grupo para revisar la presencia en las programaciones de los contenidos relativos a la gravedad de tomar decisiones. — Colaborar con el Departamento de Orientación en la puesta en marcha de programas específicos de orientación profesional. — Asesorar a los alumnos y <i>alumnas con respecto</i> a las opciones presentes en el currículo. 	<ul style="list-style-type: none"> — Poner en práctica los programas específicos de orientación profesional, junto con los tutores.

guardan relación con la capacidad de decisión y, por otra parte, deben dar la oportunidad a los alumnos de tomar contacto con determinados ámbitos profesionales, y favorecer una mayor vinculación de la escuela con el mundo del trabajo, considerando éste como objeto de enseñanza y aprendizaje y como recurso pedagógico de primer orden.

Por su parte, los tutores, con el asesoramiento del Departamento de Orientación, tendrán que poner en marcha los programas específicos de orientación profesional y ayudar en la toma de decisiones, ya que tienen un conocimiento de cada alumno en particular de valor inestimable.

Estas funciones genéricas, que todo centro comparte y que se recogen en el cuadro que aparece a continuación, deben concretarse en el Proyecto curricular.

Medidas de atención a la diversidad

En este apartado del Proyecto curricular se incluyen una serie de decisiones que tienen especial incidencia en la atención a la diversidad de los alumnos. El conjunto del Proyecto tiene como objetivo la respuesta a la diversidad a través de la planificación de un proceso de enseñanza y aprendizaje lo más individualizado posible. Sin embargo, hay una serie de decisiones, en concreto la optatividad, la diversificación curricular, así como las relati-

vas a la organización de los recursos personales y materiales dirigidos a los alumnos y alumnas con necesidades educativas especiales, que se recogen en este apartado del Proyecto, que tienen sin duda una especial repercusión en la atención a la diversidad.

Como se explica con más detalle en el documento *Orientaciones didácticas*, que forma parte de los Materiales para la Reforma, y en cada uno de los documentos de área, la vía privilegiada de atención a la diversidad se encuentra en la propia Programación que cada profesor o profesora elabora para su grupo clase. En ella es preciso que se tenga en cuenta una serie de **aspectos que permitan individualizar** en mayor medida el proceso de enseñanza y aprendizaje y que, a modo de resumen, serían los siguientes:

- Distinguir claramente entre contenidos prioritarios y contenidos complementarios o de ampliación.
- Proponer actividades diferenciadas en función de las distinción establecida en los contenidos.
- Utilizar metodologías diversas.
- Emplear materiales didácticos variados y graduados en función de su dificultad.
- Favorecer agrupamientos en clase que posibiliten la interacción.
- Graduar las diversas aproximaciones que pueden darse a un mismo criterio de evaluación.

Estas medidas preventivas, junto con las de adaptación curricular que se han señalado en el capítulo anterior, suponen ya vías de atención a la diversidad. No obstante, existen otras dos medidas contempladas en la ordenación de la etapa que también es necesario planificar en el Proyecto curricular: la optatividad y la diversificación curricular.

Optatividad

Una vía de atención a la diversidad la constituye el espacio de opcionalidad en el que se ofrece a todos los alumnos y alumnas la posibilidad de desarrollar las **mismas** capacidades de los objetivos generales de la etapa siguiendo **itinerarios diferentes de contenidos**. Itinerarios que, en unos casos, pueden ser más accesibles para determinados alumnos, en otros pueden conectar con posibles opciones futuras que los alumnos imaginan para sí, o bien pueden responder a sus gustos y preferencias y que, por tanto, y en cualquiera de los casos, van a suponer un refuerzo en la motivación y disposición favorable de los alumnos y alumnas hacia los aprendizajes que se les proponen.

La oferta de materias optativas tiene, pues, un marco: el que imponen las intenciones educativas declaradas en los objetivos generales de la Educación Secundaria Obligatoria. Esto permite asegurar que a través de la optatividad curricular no se rompa el planteamiento comprensivo de la Educación Secundaria Obligatoria y se introduzcan ramas de enseñanza diferenciadas que condicionen las opciones educativas futuras. En particular, la existencia de un espacio de opcionalidad curricular en el último tramo de la enseñanza obligatoria debe servir a las siguientes funciones⁷:

⁷ Véanse los documentos de optatividad, que forman parte de los Materiales para la Reforma.

- Favorecer los aprendizajes globalizados y funcionales.
- Facilitar la transición a la vida activa y adulta.
- Ampliar la oferta educativa y las posibilidades de orientación dentro de ella.

Teniendo en cuenta esta perspectiva, el equipo docente tendrá que decidir qué materias optativas va a ofrecer al alumnado durante los cuatro años de la etapa, como se indica en la Orden de implantación anticipada del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria:

“El número de materias optativas que han de cursar los alumnos será una en tercer curso y dos en cuarto curso, siempre que la organización temporal de las materias elegidas sea de curso. Excepcionalmente, este número podrá modificarse con organizaciones temporales distintas. En todo caso, la suma de los tiempos dedicados a cada una de las materias elegidas deberá coincidir con el horario total dedicado al espacio de optatividad en cada curso.”

“En el Proyecto curricular de la etapa se recogerán las materias optativas que ofrezcan los centros, así como sus Programaciones.”

Además de la oferta de materias optativas que se vaya a hacer en el centro, el equipo docente deberá decidir el horario y los espacios en los que se impartirán, como ya se señaló en el apartado sobre espacios y tiempos del capítulo sobre decisiones metodológicas.

Diversificación curricular

Cabe esperar que en ocasiones excepcionales —sobre todo en el último tramo de la Educación Secundaria Obligatoria, y más concretamente en el último curso de la misma y en alumnos de más de dieciséis años, cuando los intereses, las motivaciones y eventualmente las capacidades de los alumnos están ya muy definidos—, las adaptaciones curriculares hasta aquí mencionadas no basten para responder de una manera adecuada a la diversidad de necesidades educativas. Cuando esto suceda, puede ser necesario dar otro paso, con carácter de excepcionalidad, en el proceso de adaptación del currículo. Por diversificación curricular hay que entender la posibilidad de que unos determinados alumnos y alumnas, en el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, con el debido asesoramiento y orientación, puedan alcanzar los objetivos generales de la etapa con una metodología específica, a través de contenidos e incluso de áreas diferentes a las establecidas con carácter general, diseñándose para ellos **programas individualizados** que respondan a sus necesidades peculiares.

La diversificación curricular, en cualquier caso, no supone la segregación de los alumnos en una rama diferente de la Educación Secundaria Obligatoria. En este sentido, el currículo diversificado incluirá, al menos, tres áreas del currículo básico y, en todo caso, incorporará elementos formativos del ámbito lingüístico y social, así como del científico-tecnológico, e incluirá actividades de carácter preprofesional. Asimismo, contendrá una clara especificación de la metodología, contenidos y criterios de evaluación personalizados, tomando una vez más, como referente último, las capacidades enunciadas en los objetivos generales de la etapa.

El carácter extremo y excepcional de esta vía de tratamiento de la diversidad exige que su puesta en práctica sea cuidadosamente sopesada, y ha de establecerse previa evaluación psicopedagógica, oídos los alumnos y sus padres, y con el informe de la Inspección educativa. Todos estos requisitos se recogen en la normativa que se ha desarrollado a partir de la LOGSE, concretándose en el artículo 18 del Real Decreto de currículo de la siguiente manera:

“Para alumnos con más de dieciséis años podrán establecerse diversificaciones del currículo, previa evaluación psicopedagógica, oídos los alumnos y sus padres y con el informe de la Inspección educativa.”

“Las diversificaciones del currículo tendrán como objetivo que los alumnos adquieran las capacidades generales propias de la etapa. Para ese fin, el currículo diversificado incluirá, al menos, tres áreas del currículo básico e incorporará, en todo caso, elementos formativos del ámbito lingüístico y social, así como elementos del ámbito científico-tecnológico.”

“El programa de diversificación curricular para un alumno deberá comportar una clara especificación de la metodología, contenidos y criterios de evaluación personalizados.”

Dado que se trata de programas abiertos en los que, salvando las condiciones mínimas que la normativa establece, el centro —y más en concreto el Departamento de Orientación— tiene un amplio margen de intervención, y que son programas de atención individualizada, lo cual exige dotar al centro de unos recursos, unos procedimientos y unos ámbitos de actuación específicos, es preciso que todas estas decisiones se establezcan en el Proyecto curricular. Más en concreto, sería necesario que el equipo docente tomara en el Proyecto las siguientes **decisiones**:

- Principios generales, pedagógicos, metodológicos y de organización, que han de orientar los programas individualizados.
- Criterios de acceso y selección de alumnos.
- Procedimiento por el que se llevará a cabo la evaluación psicopedagógica.
- Estructura general del programa base de diversificación curricular, que deberá incluir cómo se organizan los ámbitos sociolingüístico y científico-técnico, así como la oferta de materias de iniciación profesional.
- Los criterios generales para, a partir del programa tipo, elaborar los programas individualizados.
- Determinación de las materias optativas específicas para el programa, si lo requiere.

Organización de los recursos personales y materiales dirigidos a los alumnos con necesidades educativas especiales

En el caso de que se trate de un centro de Secundaria acogido al Programa de Integración, el Proyecto curricular deberá recoger una serie de decisiones dirigidas a definir la organización de los recursos personales y materiales dirigidos a alumnos con necesidades educativas especiales.

La presencia en el centro de alumnos con necesidades educativas especiales es algo que debe tenerse en cuenta en el conjunto de las decisiones que se toman en el Proyecto curricular, ya que son un elemento fundamental del contexto específico del centro. Cuando se adecuan los objetivos generales de la etapa, cuando se establece una determinada secuencia por ciclos y cuando se toman las decisiones relativas a metodología y evaluación, debe hacerse de tal manera que se consiga normalizar al máximo el proceso de enseñanza y aprendizaje de este alumnado.

Cuanto más alto sea el nivel en el que tomemos decisiones que favorezcan a este tipo de alumnos, más fácil será mantenerlos dentro del currículo ordinario. Es decir, las **adaptaciones que se lleven a cabo para el conjunto del centro** en el momento de elaborar el Proyecto curricular y las que se decidan en la programación para el conjunto de los alumnos de un grupo, harán que las adaptaciones que se realicen de manera individualizada para un alumno o alumna resulten menos significativas.

Si, por ejemplo, en el Proyecto curricular se decidiera que todos los alumnos aprendieran mínimamente el código de comunicación que utilizan los alumnos con necesidades educativas especiales, ya no sería necesario plantearse este objetivo de manera individualizada para estos alumnos, porque entrarían a formar parte de los planteamientos educativos ordinarios. No obstante, los alumnos con necesidades educativas especiales tendrían que aprenderlo con un mayor nivel de profundidad, requiriendo un mayor desarrollo de los contenidos relacionados con los distintos códigos, así como siendo necesario especificar criterios de evaluación para estos alumnos donde se determine el grado de desarrollo alcanzado con relación al mismo.

Estas adaptaciones van a favorecer no sólo que los alumnos con necesidades educativas especiales tengan necesidad de menos ajustes individuales, sino también que tengan una mayor integración en la dinámica escolar al poderse comunicar —y, por tanto, relacionar— con el resto de los alumnos.

En este sentido, la atención a los alumnos con necesidades educativas especiales debe estar presente en el conjunto del Proyecto curricular. El siguiente es un ejemplo de cómo tenerlo en cuenta en el elemento del Proyecto curricular relativo a los objetivos generales de la etapa. En este caso, el objetivo relativo al uso de las fuentes de información:

“Obtener y seleccionar información utilizando las fuentes en las que habitualmente se encuentra disponible, tratarla de forma autónoma y crítica, con una finalidad previamente establecida, y transmitirla a los demás de manera organizada y legible”;

se adaptó en un centro que escolarizaba alumnos con dificultades graves de movilidad y manipulación. Llamando la atención acerca de que el objetivo supone la necesidad de:

- Desarrollar estrategias de búsqueda de información a través de medios informáticos: bases de datos y fuentes secundarias (repertorios, índices bibliográficos, etc.) informatizadas.
- Posibilitar que la transmisión de la información se realice a través de medios técnicos adecuados a las dificultades de los alumnos (ordenador, máquina de escribir, etc.).
- Cuidar de manera especial la accesibilidad física de todas las fuentes de información existentes en el centro y de los lugares en los que se encuentran organizadas (libros, ficheros de consulta, biblioteca, etc.).

No obstante, es necesario pararse a reflexionar en algún momento del proceso de elaboración del Proyecto curricular sobre algunos aspectos de la respuesta a estos alumnos que no está incluida en las decisiones que hasta aquí se han revisado. Se trataría de las decisiones que se refieren a la organización de los recursos personales y de los relativos a espacios y materiales.

Como se explica detalladamente en un documento sobre “Los alumnos con necesidades educativas especiales en la Educación Secundaria Obligatoria” que se enviará a todos los centros de integración, la respuesta a las necesidades educativas especiales supone, entre otras cosas, organizar lo mejor posible los recursos personales del centro. Debe quedar claro para el conjunto del equipo docente cuál va a ser la responsabilidad de cada uno. Ello supone acordar el papel del profesor tutor, de los profesores de área, del profesorado de apoyo, de los profesionales específicos (logopedas, fisioterapeutas, cuidadores...), y del Departamento de Orientación. Es importante decidir los criterios relativos a si los alumnos reciben atención directa o indirecta, al número de alumnos que se va a atender por cada profesional, a la distribución del tiempo semanal de atención a los alumnos, etc.

Junto con estas decisiones relativas a los recursos personales, habrá que establecer también las condiciones y criterios de selección, adaptación y organización de los elementos espaciales y materiales que faciliten el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos y favorezcan la movilidad y autonomía en el centro.

Posibles decisiones en este ámbito pueden ser, a modo de ejemplo: la eliminación de barreras arquitectónicas que dificulten el acceso y la movilidad dentro del centro; condiciones adecuadas de sonorización y luminosidad, especialmente cuando en el centro se escolariza a alumnos con dificultades sensoriales; instalación de indicadores sencillos para facilitar la localización de espacios y la orientación autónoma de los alumnos (dibujos, fotografías, colores, letreros en braille...); la elección de un espacio específico para realizar actividades de apoyo fuera del aula; la selección de materiales didácticos teniendo en cuenta a los alumnos con necesidades educativas especiales o la creación de una comisión que pueda elaborar materiales expresamente pensados para este alumnado.

Por otra parte, es necesario determinar los criterios generales para decidir la modalidad de apoyo más idónea para los alumnos con necesidades educativas especiales. Aunque la modalidad de apoyo es una decisión individualizada, en el Proyecto curricular es importante establecer las líneas generales que faciliten una actuación coordinada y coherente: criterios para recibir atención dentro o fuera del aula; apoyo previo, durante o posterior a la actividad en el aula ordinaria; apoyo individual o en grupo, etc.

Programas específicos

Además del programa de orientación, que es un programa educativo específico, es posible que algunos centros tengan que poner en marcha algún otro dirigido también a la atención a la diversidad, por el hecho de escolarizar alumnos con unas características muy peculiares que exijan una atención especializada con la que no necesariamente cuenten todos los centros.

Dentro de ellos, es seguro que los programas dirigidos a atender la multiculturalidad, que cada día tiene mayor presencia en el sistema educativo, serán de enorme importancia. La riqueza que sin duda supone este encuentro no deja de suscitar necesidades peculiares que deben ser atendidas desde el conjunto del proceso de enseñanza con actuaciones educativas específicas.

Puede que otros rasgos del contexto económico y sociocultural, del que proceda el alumnado, aconseje igualmente poner en marcha programas específicos que ayuden a compensar las posibles dificultades que estos rasgos peculiares pudieran originar.

En caso de que dichos programas fueran necesarios, el centro debería organizar su oferta, con los recursos que a tal efecto recibiera, y hacer constar en el Proyecto curricular los aspectos pedagógicos que fuera necesario planificar.

3

El proceso de elaboración del Proyecto curricular

¿Quién elabora el Proyecto curricular?

Como ya se ha señalado en varias ocasiones en este documento, la finalidad del Proyecto curricular es asegurar la coherencia vertical y horizontal del proceso de enseñanza a lo largo de una etapa educativa. Por ello, es fundamental que las decisiones sean tomadas por la totalidad del equipo docente que imparte docencia en la Educación Secundaria. Esto, no obstante, no significa que deba elaborarse conjuntamente por todo el profesorado, sobre todo en el caso de equipos numerosos. Por el contrario, es necesario trabajar en grupos más reducidos que permitan una mayor funcionalidad, y coordinar posteriormente el trabajo de los distintos grupos.

En la Educación Secundaria Obligatoria la elaboración del Proyecto curricular se hará a través de los Seminarios o Departamentos, ya que ésta resulta la unidad de trabajo más natural en esta etapa educativa.

No obstante, con el fin de cuidar que el Proyecto curricular de la etapa no sea la mera suma de las decisiones parciales de cada área, es necesario contar con una estructura general del centro en la que se encuentren representadas las distintas partes, pero que dé coherencia al conjunto. Tomando en consideración estos criterios, es conveniente configurar en el centro una comisión encargada de coordinar la elaboración de los Proyectos curriculares de las etapas que se impartan en él. Dicha *Comisión de coordinación pedagógica* estaría integrada por el Director del centro, el Vicedirector, el Jefe de Estudios y los Jefes de Seminario o Departamento.

Esta comisión desempeñará, como se indica en la Orden de implantación anticipada del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, las siguientes **funciones**:

Funciones de la Comisión de coordinación pedagógica:

- a) Impulsar y coordinar los trabajos encaminados tanto a la elaboración del Proyecto curricular como a sus posibles modificaciones.
- b) Coordinar para su desarrollo las propuestas de los Departamentos o Seminarios respecto de las actividades interdisciplinares.
- c) Proponer al Claustro, para su aprobación, el Proyecto curricular ya elaborado, así como el plan de evaluación del mismo de acuerdo con las normas que regulen su evaluación.
- d) Velar por el cumplimiento del Proyecto curricular en la práctica docente del centro.

Una vez elaborado por el profesorado, organizado en Seminarios o Departamentos, y coordinado por la Comisión de coordinación pedagógica, el Proyecto curricular deberá ser aprobado por el Claustro del centro en su totalidad. Esta decisión se justifica en aras de asegurar la coherencia de los distintos Proyectos curriculares de etapa entre sí. Siendo funcionalmente más correcto que en la elaboración del Proyecto participen los profesores propios de cada etapa, es imprescindible que finalmente los proyectos del centro, el de Secundaria Obligatoria y el de Bachillerato, sean revisados, consensuados y asumidos por el conjunto del profesorado del centro. Sería, por tanto, el **Claustro** el responsable de aprobar el Proyecto curricular.

El Proyecto curricular se incorporará a la Programación General del centro que anualmente presenta el equipo directivo al **Consejo Escolar**, quien deberá informarlo. Este paso en el proceso de elaboración es muy importante, ya que, como se ha indicado anteriormente, el Proyecto curricular viene a concretar, mediante acuerdos didácticos, los principios establecidos por el conjunto de la comunidad educativa en el Proyecto educativo.

El Proyecto curricular deberá ser supervisado por la Inspección Técnica, con el doble fin de realizar un seguimiento del proceso de elaboración del Proyecto que ayude al centro a mejorarlo progresivamente y de velar por el respeto a los aspectos curriculares prescriptivos que deben estar presentes en el Proyecto, respeto sin el cual la necesaria autonomía de los centros podría convertirse en situaciones de desigualdad de oportunidades para los alumnos y alumnas del centro.

Estrategias de elaboración del proyecto curricular

La idea que debe presidir la elaboración del Proyecto curricular es la de que se trata de un **proceso**, y, como tal, en cierto sentido inacabado y necesitado de una revisión periódica, ya que siempre es posible mejorar la calidad de la enseñanza que se imparte en un centro. Los alumnos cambian, el contexto también, la experiencia y los recursos del centro se incrementarán, y todo esto obliga a ir introduciendo modificaciones y mejoras en el Proyecto curricular.



Pasos en el proceso de elaboración del proyecto curricular

Desde este punto de vista, no debe concebirse el trabajo que van a comenzar los centros que anticipan la Secundaria Obligatoria como un período en el que se empieza y se acaba un trabajo, sino como el inicio del proceso, inicio en el que hay que tomar una serie de decisiones que poco a poco irán consolidándose en un Proyecto más acabado. Esto no es obstáculo para que este primer esbozo de Proyecto curricular deba quedar recogido por escrito y ser lo más consensuado posible, y lo más ajustado a la realidad peculiar de cada centro, que se pueda.

En el Proyecto curricular también es importante el producto al que se llega en las distintas aproximaciones del proceso de elaboración. El documento, en el que se plasman las decisiones curriculares que guían la actividad docente en un momento determinado de la historia del centro, es fundamental para que pueda seguir dándose el proceso de reflexión y revisión sin rupturas ni discontinuidades. Tener recogido por escrito el Proyecto permite también comunicarlo a los demás, a los padres, a los alumnos cuando se considere necesario, y, lo que es fundamental, a los profesores y profesoras que puedan cambiar de un año a otro, haciendo con ello menos nociva la

negativa influencia de la movilidad del profesorado. El Proyecto es en este sentido la **memoria del centro**, que evitará tener que volver a empezar de cero cada vez.

Por otra parte, es importante que en la elaboración del Proyecto curricular, que es un proceso largo y costoso, se vayan estableciendo acuerdos, aunque sea como primeras aproximaciones, ya que de lo contrario puede producirse un cansancio y una frustración en el equipo al no ver consecuencias prácticas de aplicación inmediata en el aula como fruto de un esfuerzo continuado. Por tanto, hay que plantearse la elaboración del Proyecto como un equilibrio entre las finalidades que existen desde la perspectiva del proceso (reflexión, formación..) y las que se persiguen desde el punto del vista del producto (acuerdos que se traducen en medidas específicas que aumentan la coherencia de la práctica docente, y con ello la calidad de la enseñanza en el centro).

Desde esta perspectiva, ambiciosa pero realista, los equipos docentes deberán dotarse de una estrategia de elaboración que les permita hacer rentable al máximo su trabajo. De las posibles estrategias que se analizarán a continuación no hay unas mejores que otras en términos absolutos, sino que dependerá de la estructura y la dinámica concreta de cada centro y de la tradición y experiencia que el equipo docente tenga en este tipo de trabajo. Por tanto, el equipo directivo y la Comisión de coordinación pedagógica tendrán que decidir, ayudados por los asesores externos al centro que estén colaborando con ellos, cuál de entre las posibles estrategias parece la más adecuada en cada momento.

Estrategias de elaboración

Dimensión arriba-abajo abajo-arriba

Una de las dimensiones a partir de la cual se puede analizar el proceso de elaboración de un Proyecto curricular es la que se refiere a cuál es el colectivo que realiza la primera propuesta y que podría denominarse en términos coloquiales: arriba-abajo, frente a abajo-arriba. Esta dimensión, que como todas las demás es un continuo, se refiere a dos posibles maneras de comenzar el proceso. En la primera, “arriba-abajo”, la Comisión de coordinación pedagógica haría una primera propuesta que “bajaría” a los Seminarios o Departamentos para allí ser desarrollada. En el otro extremo del continuo, estrategia “abajo-arriba”, serían los Seminarios los que en primer lugar harían la propuesta, que se revisaría posteriormente en la Comisión de coordinación pedagógica con el fin de asegurar la mayor coherencia posible.

La estrategia “arriba-abajo” tiene la ventaja de ser más rápida y eficaz, ya que un grupo pequeño y cohesionado, en el que están presentes los distintos Seminarios o Departamentos, funciona normalmente con mayor agilidad que otros. Sin embargo, tiene el inconveniente de exigir una menor participación al resto del equipo docente. Por otra parte, si la Comisión de coordinación pedagógica no fuera muy representativa del conjunto del profesorado de la etapa, se correría el riesgo de elaborar un documento coherente, pero que no fuera asumido por el equipo y que, en consecuencia, no sirviera realmente para guiar la práctica en el aula.

La estrategia “abajo-arriba” es más lenta, ya que son muchos los grupos que trabajan por separado, lo que exige posteriormente revisar la coherencia horizontal de las decisiones tomadas, pero puede ser la más acertada

si no se está seguro de que los miembros de la Comisión de coordinación pedagógica puedan realmente representar al resto de sus compañeros.

Probablemente el procedimiento más adecuado para elaborar el Proyecto curricular exija utilizar estas estrategias, dependiendo del elemento del Proyecto sobre el que, en concreto, se esté trabajando. En este sentido, las decisiones sobre los objetivos generales de la etapa, los aspectos de metodología y evaluación que trascienden las áreas, los criterios de promoción y las decisiones de los programas de orientación, así como las relativas a la diversificación curricular, se prestan más a una estrategia “arriba-abajo”, en la que la Comisión de coordinación pedagógica elabore una propuesta que se discuta en los Seminarios o Departamentos.

Por el contrario, la decisión de secuencia por ciclo o curso, las opciones metodológicas propias de cada área, así como las relativas a los criterios de evaluación, sería más lógico tomarlas en el Seminario o Departamento y revisarlas posteriormente en la Comisión de coordinación pedagógica.

Puede, incluso, que en algún centro, si el equipo es muy numeroso, resulte útil hacer un paso intermedio en el que Seminarios afines, como los de Lengua y Lenguas Extranjeras, o los de Tecnología, Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas, intercambien sus puntos de vista antes de pasar al conjunto de la Comisión.

Fuere cual fuere la estrategia elegida, en relación a esta dimensión, hay que tener muy claro que lo fundamental es que sea el conjunto del profesorado el que reflexione sobre su práctica, bien elaborando, bien revisando un primer esbozo de propuesta. Un Proyecto que no haya supuesto la discusión activa y participativa de la totalidad del equipo docente de la etapa no habrá conseguido su objetivo.

Por otra parte, al tratarse la dimensión de un continuo y no de una variable dicotómica, pueden encontrarse situaciones intermedias, que probablemente sean las más frecuentes. **Es decir, puede haber ciclos en los que el coordinador sea muy representativo y otros en que no**, lo que puede llevar a **estrategias mixtas**.

Es muy importante tener en cuenta, por último, que, sea cual sea la estrategia por la que se comience el trabajo, siempre habrá que **recorrer el proceso en ambos sentidos**. Elaborar el Proyecto supondrá “subir” y “bajar” más de una vez, ya que la revisión llevará a modificaciones que a su vez necesitarán ser contrastadas en su versión final.

Dimensión inductivo-deductivo

Una segunda estrategia, en función de la cual se puede planificar el proceso de elaboración de un Proyecto curricular, es la dimensión **inductivo-deductivo**. Esta dimensión se refiere a dos aspectos distintos de la toma de decisiones. En primer lugar, al hecho de que puede elaborarse el Proyecto siguiendo el orden con el que se han expuesto los elementos, o puede empezarse por alguno de ellos, sin que éste sea necesariamente la revisión de los objetivos de la etapa, e ir pasando a otros hasta que al final se hayan tomado todas las decisiones.

El primer caso es un ejemplo de una estrategia de tipo deductivo básicamente, que tiene la ventaja de respetar la lógica que sin duda existe en la secuencia de decisiones propuesta. Puede ser una estrategia adecuada si el profesorado del centro tiene experiencia en trabajar en equipo y está acostumbrado a reflexionar no sólo sobre los aspectos más prácticos de la enseñanza, sino también sobre el porqué y el para qué de la educación.

Si no son éstas las condiciones del equipo docente, puede ser mejor utilizar una estrategia menos lineal y empezar por el elemento que responda a la pregunta sobre la cual tengan mayor experiencia, como puede ser el cómo enseñar, y tomar entonces en primer lugar las decisiones de metodología, pasando luego a las otras del Proyecto. Lo importante no es tanto por dónde se empiece como que al final se hayan establecido acuerdos sobre todos los elementos del Proyecto. No obstante, es fundamental tener en cuenta que si se utiliza una estrategia de este tipo es imprescindible que la Comisión de coordinación pedagógica y los posibles asesores externos que trabajen con el centro tengan claro adónde se quiere llegar, ya que, de lo contrario, se corre el riesgo de perderse en un proceso que, al no tener una lógica clara, puede dejar lagunas en el Proyecto.

La dimensión “inductivo-deductivo” se refiere también a otro aspecto del proceso de elaboración, que es, al igual que en el caso anterior, un continuo. En un extremo estaría la estrategia según la cual el equipo docente elabora el Proyecto a partir del currículo establecido, deduciendo en sucesivos pasos lo que en cada caso se concluye y haciéndolo con un gran nivel de autonomía, es decir, generando sus propias respuestas a las preguntas que supone el Proyecto.

En el extremo opuesto del continuo estaría la estrategia en la que se parte de hacer explícito el Proyecto que, al menos de manera tácita, todo centro tiene, y contrastarlo y modificarlo tomando como referente el currículo que la Administración ha establecido y las diversas orientaciones, propuestas didácticas y materiales con los que en este momento se cuenta. Hay que partir de la idea de que todo centro responde a las preguntas que plantea el currículo, ya que algo enseña, lo enseña de alguna manera, en una cierta secuencia y progresión, y también lo evalúa. Por tanto, cualquier centro tiene en este sentido un Proyecto curricular. Lo que sucede es que la mayor parte de las veces no es un Proyecto compartido ni suficientemente contrastado.

Utilizar una estrategia deductiva supone que el equipo docente tiene una gran experiencia en la planificación del currículo e ideas claras al respecto que le permiten elaborar autónomamente el Proyecto. Ésta sería la situación ideal. Sin embargo, en el momento en que nos encontramos es probable que sean pocos los centros que puedan utilizar una estrategia de este tipo. Para muchos equipos docentes la estrategia de elaboración del Proyecto curricular será básicamente un proceso de inducción.

En cualquier caso, lo más frecuente es utilizar, también con respecto a esta dimensión, **estrategias mixtas**, dado que la experiencia del profesorado es muy diferente dependiendo de las decisiones del Proyecto. Los temas referidos a opciones metodológicas o a materiales didácticos se resolverán muy probablemente desde el propio equipo, mientras que la elaboración de la secuencia por ciclos, por ejemplo, puede plantear en este momento una gran dificultad que lleve a tomar la decisión eligiendo de entre posibles alternativas ya elaboradas la que parezca más correcta, o, *mejor dicho, la parte de cada una de ellas que más se ajuste a su realidad. Es difícil que una única propuesta, elaborada sin pensar directamente en un centro, responda a las necesidades de contextos concretos.*

Otro aspecto que es importante tener en cuenta en el momento de ponerse a elaborar el Proyecto es que, siendo fundamental que las decisiones **queden recogidas por escrito** en un documento, no hay una única manera de hacerlo. Los aspectos formales son importantes, pero están al servicio de hacer posible la comunicación entre todos los implicados en el proceso y de recoger los acuerdos establecidos con el fin de poder revisarlos posteriormente. En este sentido, los diferentes elementos del Proyecto pueden adoptar, cuando se formalizan, formas muy distintas. Cada equipo docente encontrará su propia manera de plasmar por escrito los elementos.

Un último aspecto de estrategia que es fundamental planificar para la elaboración del Proyecto curricular y su seguimiento es la **organización de los tiempos** en los que han de reunirse los distintos grupos de profesores, en función de la tarea que en cada momento deban realizar. Las reuniones de los docentes de un Seminario o Departamento, del profesorado que imparte docencia a un mismo grupo, del conjunto de la Comisión de coordinación, etc., suponen que el equipo directivo planifique cuidadosamente el horario general del centro. Todo el tiempo que se emplee en estas consideraciones resultará sumamente rentable, ya que el tiempo es uno de los aspectos claves del proceso de elaboración.

¿Cómo empezar la elaboración del Proyecto curricular?

En función de todo lo dicho hasta este momento, debería quedar claro que hay que considerar la elaboración del Proyecto curricular como un proceso que en cierto sentido ya se está llevando a cabo en los centros. En todo centro, el profesorado planifica la enseñanza, si bien no se cuenta, la mayor parte de las veces, con un documento que recoja de manera explícita las decisiones consensuadas por el conjunto del equipo de docentes de la etapa. Por tanto, la elaboración del Proyecto curricular se basará fundamentalmente en hacer explícito y en formalizar lo que hasta ahora ha venido siendo la práctica del centro, para revisarla posteriormente, utilizando como referente para este contraste las nuevas propuestas curriculares, y teniendo siempre presentes las tres finalidades que se persiguen con el Proyecto curricular: **tomar las decisiones en equipo**, tomarlas desde el análisis del **contexto**, y hacerlo con **criterio**, ya que debe evitarse el no saber a ciencia cierta las razones por las cuales se enseña como se enseña.

Los equipos docentes de los centros deben tener claro, al comenzar la tarea, la meta que se pretende alcanzar, es decir, las decisiones que finalmente deberá recoger el Proyecto curricular, que se muestran en el cuadro siguiente como desarrollo del esquema de la pág. 24, pero que se irán alcanzando en sucesivas fases de elaboración, como se explica más adelante.

¿Qué enseñar?

- Adecuación al contexto de los objetivos generales de etapa del currículo oficial, atendiendo a la realidad educativa del centro y a las opciones contempladas en el Proyecto educativo del centro.
- Adecuación de los objetivos generales y de los contenidos de cada una de las áreas del currículo oficial, atendiendo a la realidad educativa del centro.

¿Cuándo enseñar?

- Secuencia por ciclos o cursos de los objetivos y contenidos de cada área (secuencia interciclos), en función de la adecuación realizada sobre los objetivos generales y los contenidos.
- Previsiones generales sobre la organización y temporalización de los grandes núcleos de contenidos de cada área seleccionados para cada ciclo (secuencia intraciclos).

¿Cómo enseñar?

- Criterios y opciones básicas de metodología didáctica que pueden afectar al conjunto de las áreas del ciclo o sólo a algunas áreas.
- Opciones metodológicas propias de cada área.
- Decisiones sobre agrupamientos de alumnos.
- Decisiones sobre organización de tiempos y espacios.
- Materiales curriculares y recursos didácticos básicos que van a utilizarse para trabajar los contenidos de cada una de las áreas en los diferentes ciclos y cursos, y criterios de uso.

¿Qué, cuándo y cómo evaluar?

- Elaboración de los criterios de evaluación por ciclos atendiendo a los criterios de evaluación de la etapa que figuran en el currículo oficial y a las decisiones tomadas sobre cada uno de los ciclos en el resto de apartados del Proyecto.

- Procedimientos, instrumentos y calendario aproximado para evaluar la progresión de los aprendizajes de los alumnos a lo largo del ciclo.
- Modelo de informe de evaluación sobre la progresión de los aprendizajes de los alumnos a lo largo del ciclo, especificando el procedimiento para su elaboración, el calendario aproximado y cómo será comunicado a los padres y a los propios alumnos.
- Procedimientos, instrumentos y calendario aproximado para evaluar la práctica docente, revisar las programaciones e introducir las correcciones oportunas.
- Criterios para decidir la promoción de los alumnos de un ciclo al siguiente (o, en su caso, de una etapa a la siguiente).
- Actuaciones pedagógicas previstas en el caso de los alumnos que no alcanzan el nivel establecido en los criterios de evaluación por ciclos, tanto si promocionan como si no promocionan al ciclo siguiente de la etapa.

Orientación y tutoría

- Líneas de actuación de los profesores de área, de los tutores y de los Departamentos de Orientación para llevar a cabo la orientación educativa.
- Líneas de actuación de los profesores de área, de los tutores y del Departamento de Orientación para llevar a cabo la orientación académica y profesional.

Medidas específicas de atención a la diversidad

- Definición de las materias optativas que va a ofrecer el centro, así como de los horarios y espacios en los que se impartirán.
- Contenido de los programas de diversificación y de las condiciones de acceso a ellos.
- Tratamiento específico de la multiculturalidad, cuando ésta sea uno de los rasgos distintivos del centro.
- Adaptaciones para alumnos con necesidades educativas especiales: organización de tiempos, materiales y apoyos.

Fases de elaboración

Elaborar todos estos elementos es una tarea de varios años, y así debe ser tenido en cuenta por parte de los equipos docentes. Por otra parte, en este momento los centros que comienzan con la implantación anticipada no imparten el primer ciclo de la etapa. Por todo ello, es un trabajo que debe planificarse en sucesivas fases. Desde este punto de vista es desde el que se proponen los períodos de elaboración que se establecen en la Orden de implantación anticipada del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, y que se recogen a continua-

En **octubre de 1992** los equipos docentes elaborarán, al menos, los aspectos básicos de los siguientes elementos del Proyecto curricular:

1. La adecuación de los objetivos generales de la etapa al contexto socio-económico y cultural del centro y a las características del alumnado.
2. Determinación de los objetivos y contenidos curriculares de cada una de las áreas para el tercer curso:
 - Indicar las grandes líneas de la secuencia interciclos.
 - Precisar la secuencia y organización de los contenidos del tercer curso.
3. Los criterios metodológicos generales.
4. Procedimientos para evaluar el progreso de los aprendizajes de los alumnos, así como criterios de evaluación y promoción.
5. Organización y funcionamiento de las tutorías.
6. Materias optativas que se ofrezcan en el centro.

A lo largo del curso 1992-93 los equipos docentes desarrollarán estos elementos y los completarán de acuerdo con lo establecido en el cuadro de las pags. 105, 106, 107, para el tercer curso. Estas aportaciones, junto con las decisiones referidas al cuarto curso, se incorporarán al Proyecto curricular al comienzo del curso 1993-94.

Al término de la implantación del segundo ciclo, y una vez se hayan revisado los elementos desarrollados hasta ese momento, se completará el diseño del Proyecto curricular en todos los aspectos enunciados en el cuadro de las pags. 105, 106, 107, y se revisará su coherencia con respecto al Proyecto educativo de centro.

ción. Deben, pues, interpretarse como las decisiones mínimas que es preciso que todo centro tome, sin perjuicio de que pueda avanzar mucho más en el Proyecto curricular.

En relación con esta última decisión es importante hacer una breve reflexión sobre la elaboración del Proyecto educativo. El Proyecto educativo es una fuente básica para elaborar el Proyecto curricular. En este sentido, es conveniente que, si el centro no cuenta todavía con él, el Consejo Escolar comience durante el curso 1992-93 la reflexión sobre los principios de identidad que configurarán su concepción pedagógica. Pero no hay que pensar que es imprescindible tenerlo acabado para empezar el Proyecto curricular. De hecho, la relación entre ambos procesos de toma de decisiones hace que se enriquezcan mutuamente y que se pueda ir trabajando simultáneamente en los dos, siendo lo lógico finalizar su realización en el momento en que el conjunto de la Educación Secundaria Obligatoria se haya implantado en el centro. En este sentido, el Ministerio de Educación y Ciencia no va a pedir a los centros que elaboren el Proyecto educativo durante el curso 1992-93, si bien puede ser una opción voluntaria de los centros durante este curso.

Desde esta perspectiva de proceso progresivo es desde la que debe abordarse la elaboración de los Proyectos curriculares y desde la que serán supervisados por la Inspección Técnica. En los criterios que la Inspección utilizará tendrá un gran peso precisamente el propio proceso de elaboración. Es decir, el nivel de coherencia interna, el grado de participación del profesorado, la adecuación al contexto y en general los indicadores que permitan valorar si la elaboración le está sirviendo al centro para aquello que se pretende con el Proyecto curricular. Evidentemente, las decisiones que finalmente se adopten serán también objeto de supervisión, pero siempre desde la perspectiva de una primera propuesta en revisión. En este sentido, la supervisión de la Inspección dará información al Claustro acerca de los aspectos que deben ser objeto de mayor reflexión.

Anexo I: Resolución de la secretaría de Estado sobre Proyectos curriculares

Resolución de 5 de marzo de 1992 por la que se regula la elaboración de Proyectos curriculares para la Educación Secundaria Obligatoria y se establecen orientaciones para la distribución de objetivos, contenidos y criterios de evaluación para cada uno de los ciclos (*B. O. E.* 25-III-1992).

El Real Decreto 1345, de 6 de septiembre (*B. O. E.* 13-IX-1991), ha establecido el currículo de los centros destinados a la Educación Secundaria Obligatoria. Se trata de un currículo abierto y flexible, cuya concreción y desarrollo corresponde al profesorado. El carácter abierto del currículo se manifiesta en la circunstancia de que en él se establecen objetivos y contenidos pensados para la etapa en su conjunto, pero sin delimitar su gradación a través de los ciclos que la integran. Igualmente se pone de relieve dicho carácter en el modo general en el que se definen los principios metodológicos que han de informar la práctica docente y el desarrollo curricular, y en el hecho de atribuir a la responsabilidad e iniciativa de los docentes la elaboración de una metodología concreta.

De acuerdo con el Real Decreto, los centros educativos han de especificar y completar el currículo mediante la elaboración de Proyectos curriculares que respondan a las necesidades de los alumnos y que incluirán, entre otros elementos, la distribución por ciclos de los objetivos y contenidos de la etapa. En relación con este cometido, parece conveniente que la Administración educativa regule la elaboración y aprobación de Proyectos curriculares y ofrezca directrices que orienten a los profesores para facilitarles tanto la elaboración de Proyectos y Programaciones como el desarrollo de los mismos en el aula.

Según este planteamiento, es importante que la Administración educativa formule, con carácter orientador, un modelo de posible distribución de los objetivos y contenidos en los distintos ciclos. En ese modelo, propuesto en el Anexo de esta Resolución, se enuncia cómo pueden ordenarse los objetivos educativos y los contenidos curriculares a lo largo de los ciclos y cómo, a través de esos contenidos, pueden ir adquiriéndose las capacidades propias de la etapa. Dicha distribución, por otra parte, cumplirá un papel supletorio en aquellos casos excepcionales en los que, por las razones que fuere, no se hayan podido elaborar de modo completo los Proyectos curriculares. Por otra parte, unas orientaciones oficiales, aunque no tengan carácter estrictamente normativo, pueden ser especialmente útiles en el momento de implantación del nuevo currículo para facilitar las decisiones colegiadas de los profesores.

En virtud de todo ello, esta Secretaría de Estado dispone:

1. Los centros educativos elaborarán Proyectos curriculares correspondientes a la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, de acuerdo con el currículo oficial establecido, y con el fin de concretarlo y desarrollarlo para sus alumnos.
2. El Proyecto curricular deberá contener una adecuación de los objetivos generales de la etapa al contexto socioeconómico y cultural del centro y a las características de los alumnos, e incluirá los siguientes elementos:

- a) Distribución por ciclos de los objetivos educativos, contenidos curriculares y criterios de evaluación para cada una de las áreas.
 - b) Criterios metodológicos de carácter didáctico, en relación con el desarrollo de dichos contenidos y con el proceso de evaluación.
 - c) Orientaciones generales sobre la presencia, en las distintas áreas, de la educación moral y cívica.
 - d) Orientaciones generales para la incorporación a las distintas áreas de la educación para la paz, la igualdad entre los sexos, el respeto al medio ambiente, la educación sexual, la educación para la salud, la educación del consumidor y la educación vial.
 - e) Principios básicos sobre el modo de desarrollo de programas educativos específicos en el centro.
 - f) Determinación de las materias optativas que se ofrecen en el centro y de sus líneas curriculares básicas.
3. El Proyecto curricular incorporará las líneas principales de la orientación educativa y profesional que el centro va a desarrollar. Igualmente incluirá los criterios que han de guiar las adaptaciones del currículo para alumnos con necesidades educativas especiales, así como las programaciones individualizadas que se contemplan en el artículo 18 del Real Decreto 1345/1991, para alumnos con más de dieciséis años.
 4. El Proyecto curricular será elaborado por el profesorado de la etapa a través de los cauces que oportunamente se establezcan, y aprobado por el Claustro de profesores.
 5. Con el fin de facilitar la elaboración de dicho Proyecto, se propone, con carácter orientativo, la distribución por ciclos de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación que se recogen en el Anexo de la presente Resolución.
 6. La distribución de objetivos, contenidos y criterios de evaluación por ciclos, enunciada en el citado Anexo, suplirá, en su caso, la carencia, en todo o en parte, de elementos esenciales del Proyecto curricular que deben elaborar los centros.
 7. Los centros educativos podrán modificar el Proyecto curricular para los alumnos que comienzan la etapa. En todo caso, la distribución de objetivos, contenidos y criterios de evaluación por ciclos, a que se refiere el anterior apartado 2. a, permanecerá para el mismo grupo de alumnos, a lo largo de la etapa, de acuerdo con el Proyecto inicial.
 8. Las Direcciones Provinciales asistirán a los centros en la elaboración de Proyectos curriculares y en la supervisión de los mismos.
 9. Se autoriza a las Direcciones Generales de Renovación Pedagógica, de Coordinación y de la Alta Inspección y de Centros Escolares, a desarrollar las disposiciones oportunas relativas al ámbito de la presente Resolución.

El Secretario de Estado de Educación,
ALFREDO PÉREZ RUBALCABA

SEGUNDO CICLO		
Áreas y materias	3.º curso	4.º curso
	Horas semanales	Horas semanales
Lengua castellana y Literatura	3	3
Lengua extranjera	3	3
Matemáticas	3	3
Cienc. Sociales, Geografía e H. ^a	3	5 (*)
Educación Física	2	2
Ciencias de la Naturaleza	4	3 (**)
Educación Plástica y Visual	2	3 (**)
Tecnología	3	3 (**)
Música	2	3 (**)
Optativas	2	6
Religión/Actividades de estudio	2	1
Tutoría	1	1
TOTAL	30	30

Horario para el segundo ciclo de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria

(*) En este horario se incluirán las enseñanzas correspondientes a "La vida moral y la reflexión ética".

(**) El alumno deberá escoger dos áreas entre las cuatro señaladas.

Anexo II: Orden de implantación anticipada del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria

Orden 27 de abril de 1992 por la que se dictan instrucciones para la implantación anticipada del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria (*B. O. E.* 8-V-1992).

El Real Decreto 986/1991, de 14 de junio, por el que se aprueba el calendario de aplicación de la nueva ordenación del sistema educativo, establece en su artículo 21.1 que con el fin de permitir la extensión de los Ciclos Formativos de Formación Profesional y la introducción progresiva del Bachillerato, las Administraciones educativas podrán disponer la implantación del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, en un número determinado de centros, con anterioridad a los plazos previstos en dicho Real Decreto para llevar a cabo la generalización de la mencionada implantación. Igualmente, el artículo 23.1 del citado Real Decreto establece que las Administraciones educativas adoptarán las medidas necesarias para que la estructura y el currículo de las enseñanzas organizadas con carácter experimental al amparo del Real Decreto 942/1986, de 9 de mayo, comiencen a ser adaptadas, en el curso 1992-93, a la nueva ordenación del sistema educativo.

Por su parte, los Reales Decretos 1007/1991, de 14 de junio, y 1345/1991, de 6 de septiembre, establecen, respectivamente, las enseñanzas mínimas y el currículo correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.

Una vez reguladas las enseñanzas, procede arbitrar las medidas de ordenación académica que permitan ponerlas en práctica y aplicar las previsiones contenidas en el Real Decreto que aprueba el calendario de la Reforma educativa y su implantación anticipada.

Así pues, la presente Orden Ministerial regula tanto el proceso de elaboración de los Proyectos curriculares a los que se refiere el artículo 9 del Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, como las medidas de organización de los centros que faciliten su desarrollo en línea con lo señalado en el apartado quinto de dicho artículo.

La coexistencia en los mismos centros del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria y de las enseñanzas de B. U. P. o Formación Profesional, de forma transitoria, plantea una situación para la cual la presente Orden establece un tratamiento provisional limitado al tiempo en que se produce la coincidencia de ambas enseñanzas. Por tanto, estas disposiciones han de contemplarse, en cuanto a B. U. P. y Formación Profesional se refiere, juntamente con lo establecido por la Orden de 9 de junio de 1989 (*B. O. E.* del 13), por la que se aprueban las instrucciones que regulan la organización y el funcionamiento de los centros docentes de Bachillerato y Formación Profesional sostenidos con fondos públicos y dependientes del Ministerio de Educación y Ciencia.

En virtud de lo expuesto, este Ministerio dispone:

I. Disposiciones generales

Primero

1. Para acceder al tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria será necesario haber cursado 8.º de E. G. B. y estar en posesión del Título de Graduado Escolar.

-
2. Asimismo, podrán acceder al tercer curso de Secundaria los alumnos que hayan cursado 8.º de E. G. B. y agotado su escolarización en este nivel por haber cumplido dieciséis años en el año natural en que finalizan 8.º curso.
 3. Las Direcciones Provinciales podrán, excepcionalmente, previo informe de la Inspección educativa, dispensar de la exigencia de edad que se establece en el apartado anterior cuando las condiciones educativas del alumno así lo aconsejen.
 4. La admisión de nuevos alumnos se ajustará a lo dispuesto en el Real Decreto 2375/1985, de 18 de diciembre (B. O. E. del 27), por el que se regulan los criterios de admisión de alumnos en los centros docentes sostenidos con fondos públicos.

Segundo

En los centros que en el proceso de implantación anticipada del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, dejan de impartir enseñanzas de B. U. P., F. P. de primer grado o plan experimental de reforma de las Enseñanzas Medias, y en relación con sus alumnos repetidores, se actuará de la siguiente forma:

- a) Los alumnos repetidores de primer curso de primer ciclo experimental, primero de B. U. P. o primer curso de F. P. de Primer Grado se incorporarán al tercer curso de Secundaria.
- b) En el curso 1993-94, los alumnos repetidores de segundo curso del primer ciclo del plan experimental, segundo de B. U. P. o segundo curso de F. P. de Primer Grado se incorporarán a cuarto curso de Secundaria.
- c) En los centros que supriman enseñanzas de segundo de B. U. P. o segundo de F. P. de primer grado en el curso 1992-93, los alumnos repetidores de dichos cursos se incorporarán al segundo curso del primer ciclo del plan experimental.
- d) No obstante lo dispuesto en los dos apartados anteriores, en los centros que suprimen enseñanzas de F. P. de Primer Grado, en caso de que el número de repetidores del segundo curso sea superior a 15 o de no contar con centros próximos con la misma especialidad, se admitirá, excepcionalmente, la existencia de un grupo específico para estos alumnos durante un año más.

Tercero

1. El número máximo de alumnos por aula, en cada uno de los cursos del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, será de 30, sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 17 del Real Decreto 986/1991, de 14 de junio, por el que se aprueba el calendario de aplicación del nuevo sistema educativo.
2. En el caso de centros que participen en el Programa experimental para la integración de alumnos con necesidades educativas especiales, en aquellas unidades en que se les escolarice, el número máximo de alumnos será de 25.

Cuarto

En lo referente a evaluación y promoción de los alumnos que cursen las enseñanzas del segundo ciclo será de aplicación la normativa sobre evaluación en la Educación Secundaria Obligatoria que oportunamente establezca el Ministerio de Educación y Ciencia.

II. Proyecto curricular

Quinto

Los centros educativos impartirán enseñanzas correspondientes al segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria, de acuerdo con el currículo oficial establecido por el Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, concretado y desarrollado para sus alumnos en el Proyecto curricular.

Sexto

1. El Proyecto curricular deberá contener una adecuación de los objetivos generales de la etapa al contexto socioeconómico y cultural del centro, y a las características de los alumnos, e incluirá los siguientes elementos:
 - a) Distribución por cursos de los objetivos educativos, contenidos curriculares y criterios de evaluación para cada una de las áreas.
 - b) Criterios metodológicos de carácter general.
 - c) Decisiones sobre el proceso de evaluación, que comprenderán los procedimientos para evaluar la progresión de los alumnos en el aprendizaje y los criterios de promoción.
 - d) Orientaciones generales sobre la presencia, en las distintas áreas, de la educación moral y cívica.
 - e) Orientaciones generales sobre la presencia en las distintas áreas, de la educación para la paz, la igualdad de oportunidades entre los sexos, la educación ambiental, la educación sexual, la educación para la salud, la educación del consumidor y la educación vial.
 - f) Determinación de las materias optativas que se ofrecen en el centro y de sus líneas curriculares básicas.
2. El Proyecto curricular incorporará las líneas principales de la orientación educativa y profesional que el centro va a desarrollar. Igualmente incluirá los criterios que han de guiar las adaptaciones del currículo para alumnos con necesidades educativas especiales, así como las programaciones individualizadas que se contemplan en el artículo 18 del Real Decreto 1345/1991, para alumnos que cumplan dieciséis años durante el curso escolar correspondiente.

Séptimo

1. La Comisión de coordinación pedagógica, cuya composición y funciones se establecen en los puntos duodécimo y decimotercero, impulsará la elaboración del Proyecto curricular y coordinará las aportaciones que sobre sus distintos elementos realicen los Seminarios o Departamentos de los centros.
2. Los Seminarios o Departamentos de los centros, además de su participación en las decisiones que afectan al conjunto del centro, realizarán la distribución por cursos de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación para el área de su competencia.

Octavo

El Proyecto curricular al que se refiere el punto sexto se desarrollará para el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria. Dicho Proyecto se completará, para los distintos cursos, del modo y en el tiempo que se indica en los artículos siguientes.

Noveno

1. Los centros elaborarán el Proyecto curricular teniendo en cuenta que, al inicio del año académico en que se implanten los distintos cursos del segundo ciclo de la etapa, deberán establecer:
 - a) La adecuación de los objetivos generales de la etapa al contexto socioeconómico y cultural del centro y a las características del alumnado.
 - b) La determinación de los objetivos y contenidos curriculares de cada una de las áreas, para el curso que se implanta.
 - c) Los criterios metodológicos generales.
 - d) Procedimientos para evaluar la progresión del alumno en el aprendizaje, así como criterios de evaluación y promoción.
 - e) Materias optativas que se ofrezcan en el centro.
 - f) La organización y funcionamiento de las tutorías.
2. A lo largo del curso los profesores desarrollarán estos elementos y los completarán, de acuerdo con lo que establece el punto sexto, para el curso que se está implantando. Estas aportaciones, junto con las decisiones referidas al curso siguiente, se incorporarán al Proyecto curricular al comienzo del siguiente curso académico.
3. Al término de la implantación del segundo ciclo, y una vez se hayan revisado los elementos a que se refieren los apartados precedentes, se completará el diseño del Proyecto curricular en todos los aspectos enunciados en el punto sexto de la presente Orden.

Décimo

Los centros docentes podrán basarse en la distribución de objetivos, contenidos y criterios de evaluación recogida en la Resolución de 5 de marzo de 1992 (*B. O. E.* de 25 de marzo), de la Secretaría de Estado de Educación, por la que se regula la elaboración de Proyectos curriculares para la Educación Secundaria Obligatoria, o bien adoptarla de forma supletoria, adaptándola a las características propias de sus alumnos.

Undécimo

El Proyecto curricular será aprobado por el Claustro de profesores en el mes de septiembre y se integrará en la Programación general anual del centro.

III. Comisión de coordinación pedagógica

Duodécimo

En los centros se constituirá una Comisión de coordinación pedagógica que estará integrada por: el Director del centro, que será su presidente; el Vicedirector, el Jefe de Estudios y los Jefes de Seminario o Departamento.

Decimotercero

La Comisión de coordinación pedagógica cumplirá las siguientes tareas:

- a) Impulsar y coordinar los trabajos encaminados tanto a la elaboración del Proyecto curricular como a sus posibles modificaciones.
- b) Coordinar para su desarrollo las propuestas de los Departamentos respecto de las actividades interdisciplinares.
- c) Proponer al Claustro, para su aprobación, el Proyecto curricular ya elaborado, así como el plan de evaluación del mismo de acuerdo con las normas que regulen esa evaluación.
- d) Velar por el cumplimiento del Proyecto curricular en la práctica docente del centro.

IV. Programación general anual del centro

Decimocuarto

Los centros que implanten anticipadamente el segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria elaborarán la Programación general anual de acuerdo con lo establecido en la Orden de 9 de junio de 1989, por la que se aprueban las instrucciones que regulan la organización y el funcionamiento de los centros docentes sostenidos con fondos públicos y dependientes del Ministerio de Educación y Ciencia.

Decimoquinto

La Programación general anual del centro incluirá el Proyecto curricular, según lo expuesto en el punto noveno de esta Orden, o las modificaciones anuales del ya establecido, así como las programaciones docentes elaboradas para los distintos cursos que se impartan del sistema educativo anterior.

Decimosexto

1. La Programación general anual será informada por el Claustro de profesores y elevada, para su aprobación posterior, al Consejo Escolar del centro, que respetará, en todo caso, los aspectos docentes que competen al Claustro de profesores.
2. Una vez aprobada, la Programación general anual quedará en la Secretaría del centro a disposición de los profesores y de los miembros del Consejo Escolar, enviándose un ejemplar a la Dirección Provincial antes del 31 de octubre, junto con una copia del acta del Consejo Escolar en que se haya aprobado.
3. El Servicio de Inspección supervisará la Programación general y, especialmente, el Proyecto curricular que se hubiera remitido.
4. La Inspección comunicará al Director del centro, a la mayor brevedad, los elementos que, por su especial relevancia, requieran la modificación de la Programación general y, dentro de ella, del Proyecto curricular, así como todas aquellas sugerencias que contribuyan a la mejora del mismo.

V. Departamento de orientación

Decimoséptimo

1. Los Departamentos de orientación, en los centros en que se hubieran constituido, establecerán un plan de actuación para la etapa de implantación anticipada de la Educación Secundaria Obligatoria, que incluirá, de forma prioritaria, las siguientes tareas:
 - a) Orientación educativa y profesional para los alumnos.
 - b) Colaboración y asesoramiento a los tutores en la planificación de actividades para el desarrollo de la función tutorial.
 - c) Colaboración con los tutores para prevenir y detectar dificultades educativas o problemas de aprendizaje que presenten los alumnos, e intervención para tratar de remediar dichas dificultades o problemas.
 - d) Colaboración con los demás Departamentos en la atención a los alumnos con problemas de aprendizaje y en el diseño y aplicación de programas de adaptación individualizados para alumnos que lo necesiten.
 - e) Intervención, de acuerdo con la normativa correspondiente, en las decisiones sobre evaluación y promoción de los alumnos que participen en programas de adaptación individualizada.

- f) Asesoramiento a la Comisión de coordinación pedagógica, en los aspectos psicopedagógicos y metodológicos, para la elaboración del Proyecto curricular en las diferentes fases que establece el artículo 9º de la presente Orden.
 - g) Difusión entre los alumnos, directamente o a través de los tutores, de información sobre el mundo laboral y salidas profesionales vinculadas a la Educación Secundaria.
 - h) Colaboración en la formulación del consejo orientador al término de la Educación Secundaria Obligatoria.
2. El Jefe del Departamento formará parte de la Comisión de coordinación pedagógica.

Decimoctavo

1. Los profesores de la especialidad de Psicología y Pedagogía impartirán algún grupo de docencia directa bien relacionado con las áreas o materias de su especialidad, bien dedicado a la atención directa de los alumnos que siguen un programa individualizado. Deberán realizar sus funciones en el horario lectivo del centro y, en todo caso, durante dos tardes, si así lo considera necesario el Director del centro o el Servicio de Inspección Educativa, para la atención de los padres o la orientación de los alumnos.
2. Los demás profesores del Departamento de Orientación tendrán el mismo horario lectivo que el resto de profesores de Educación Secundaria. Este horario incluirá: la docencia al menos a un grupo ordinario de alumnos en materias de su especialidad, la tutoría del grupo o grupos de alumnos que se les pueda asignar y la atención directa a alumnos que presenten problemas de aprendizaje o sigan programas individualizados.

VI. Horarios

Decimonoveno

1. El horario semanal para cada uno de los cursos del segundo ciclo de Educación Secundaria Obligatoria será de treinta horas lectivas, salvo en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, donde el horario será de treinta y dos horas.
2. La distribución del horario semanal para el segundo ciclo se ajustará a lo dispuesto en el Anexo I.
3. En la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares el horario semanal para cada uno de los cursos del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria se ajustará a lo dispuesto en el Anexo II.

Vigésimo

1. Los centros educativos podrán organizar las enseñanzas del área de Ciencias de la Naturaleza, en cada uno de los cursos del segundo ciclo de la etapa, manteniendo el carácter unitario en la evaluación, en dos materias diferentes: Biología y Geología y Física y Química.

-
2. Cuando los centros organicen las enseñanzas del área de Ciencias de la Naturaleza en dos materias, éstas deberán programarse con carácter cuatrimestral.

Vigésimo primero

El área de Matemáticas, que será cursada por todos los alumnos, se organizará en el cuarto curso en dos variedades diferentes, conforme se explicita en el Anexo del Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre (*B. O. E.* del 13), por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.

Vigésimo segundo

Los contenidos incluidos bajo el epígrafe “La vida moral y la reflexión ética”, dentro del área de Ciencias Sociales, Geografía e Historia, se organizarán como materia en el último curso de la etapa, sin perjuicio de los restantes contenidos del área que habrán de impartirse en dicho curso, manteniendo el carácter unitario a efectos de evaluación.

Vigésimo tercero

Las áreas de Música y Educación Plástica y Visual podrán organizarse en períodos cuatrimestrales en el tercer curso de la Educación Secundaria Obligatoria.

VII. Optativas

Vigésimo cuarto

La oferta de materias optativas en los centros deberá servir para desarrollar las capacidades generales a las que se refieren los objetivos de la etapa, facilitar la transición de los jóvenes a la vida activa y adulta, y ampliar la oferta educativa y las posibilidades de orientación dentro de ella.

Vigésimo quinto

La oferta de materias optativas de los centros, en cada curso y a lo largo de la etapa, deberá ser equilibrada. A tal fin, se distribuirá entre los distintos Seminarios o Departamentos de los centros.

Vigésimo sexto

1. Entre las materias optativas se incluirán, en todo caso, una segunda lengua extranjera durante toda la etapa, una materia de iniciación profesional en el segundo ciclo y cultura clásica al menos en un curso del segundo ciclo.
2. Las materias optativas de iniciación profesional a que se refiere el apartado anterior tendrán el objetivo específico de facilitar a los alumnos la transición a la vida activa y la orientación profesional, mediante una oferta de contenidos y actividades de iniciación a campos propios de la formación profesional específica.

3. En cuarto curso los alumnos podrán elegir como materias optativas aquellas áreas troncales opcionales por las que, inicialmente, no hubieran optado.
4. La Dirección General de Renovación Pedagógica ofrecerá modelos de desarrollo de materias optativas que puedan ser impartidas por los centros.

Vigésimo séptimo

El número de materias optativas que han de cursar los alumnos será de una en tercer curso y dos en cuarto curso, siempre que la organización temporal de las materias elegidas sea de curso. Excepcionalmente, este número podrá modificarse con organizaciones temporales distintas. En todo caso, la suma de los tiempos dedicados a cada una de las materias elegidas deberá coincidir con el horario total dedicado al espacio de optatividad en cada curso.

Vigésimo octavo

En el Proyecto curricular de la etapa se recogerán las materias optativas que ofrezcan los centros, así como sus programaciones.

Vigésimo noveno

1. Para establecer materias optativas distintas a las señaladas en el punto vigésimo sexto, apartado 1, los centros deberán solicitar su autorización a la Dirección General de Renovación Pedagógica.
2. Las solicitudes, a propuesta del Claustro, deberán tramitarse a través de las Direcciones Provinciales respectivas antes del día 15 de febrero anterior al comienzo del curso en que se desee iniciar dichas enseñanzas, quien las remitirá al Servicio de Inspección Técnica correspondiente para su supervisión. Las solicitudes se acompañarán de:
 - a) El currículo de la materia optativa, en el que se presenten, al menos, sus objetivos y contenidos básicos.
 - b) Indicación expresa del curso, o ciclo en su caso, al que van dirigidas dichas enseñanzas.
 - c) Materiales y medios didácticos de los que se dispone para el desarrollo de la materia propuesta.
 - d) Seminario o Departamento del centro que se responsabilizará de su desarrollo, y cualificación del profesorado para impartirla, así como la disponibilidad horaria.
3. En el caso de que se adopte alguna de las materias propuestas por la Dirección General de Renovación Pedagógica, no será preciso adjuntar el currículo, salvo que el centro introduzca modificaciones significativas sobre lo preceptuado en aquél.
4. Los Servicios de Inspección Técnica supervisarán la propuesta de materias optativas de los centros en función de los siguientes criterios:
 - a) Adecuación de las enseñanzas de la materia a las características del centro y a las necesidades de los alumnos.

-
- b) Diversidad de la oferta de materias optativas en el centro.
 - c) Contribución de dichas enseñanzas a la consecución de los objetivos de la etapa.
 - d) Adecuación del propio currículo de la materia.
 - e) Cualificación del profesorado del Departamento que la desarrolle.
 - f) Idoneidad del material didáctico disponible.
 - g) Disponibilidad horaria del profesorado.
5. En función de su supervisión, la Inspección comunicará de forma expresa a los Directores de los centros las modificaciones que sea necesario realizar en la propuesta de optativas para su adecuación a los criterios recogidos en el apartado anterior.
 6. Una vez supervisadas por los Servicios de Inspección Técnica, las Direcciones Provinciales remitirán a la Dirección General de Renovación Pedagógica, antes del 15 de abril, los expedientes de aprobación acompañados del correspondiente informe de la Inspección.
 7. Las solicitudes de materias optativas en las condiciones que se establecen en este artículo, para el curso 1992-93, deberán tramitarse a través de la Dirección Provincial antes del 31 de mayo de 1992, quien las remitirá, tras la supervisión del Servicio de Inspección Técnica de Educación, a la Dirección General de Renovación Pedagógica antes del 20 de junio.

Trigésimo

1. Las enseñanzas de materias optativas que ofrezcan los centros sólo podrán ser impartidas si existe un número mínimo de 15 alumnos matriculados.
2. En el caso de las materias optativas de oferta obligada por parte de los centros el número mínimo de alumnos matriculados será de 10.
3. Las Direcciones Provinciales, previo informe del Servicio de Inspección, podrán autorizar la impartición de enseñanzas de materias optativas a un número menor de alumnos del establecido con carácter general, cuando las peculiaridades del centro lo requieran o circunstancias especiales así lo aconsejen.

Trigésimo primero

La evaluación de estas enseñanzas se realizará de forma similar a la que se establezca para el conjunto de las áreas y materias del currículo.

VIII. Enseñanzas de religión o actividades de estudio

Trigésimo segundo

Tal como establece el artículo 16 del Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio (*B. O. E.* del 26), los padres o tutores de los alumnos manifestarán a la Dirección del centro la elección de enseñanzas de religión o de actividades de estudio, sin perjuicio de que la decisión pueda modificarse en el comienzo de cada curso escolar.

Trigésimo tercero

Los alumnos cuyos padres o tutores no hayan solicitado que les sean impartidas enseñanzas de Religión Católica serán atendidos por un profesor, que imparta clase al grupo de alumnos, encargado de dirigir y orientar las actividades de estudio adecuadas a la edad de los alumnos y organizadas para el caso.

Trigésimo cuarto

Las actividades de estudio a que se refieren los apartados anteriores serán programadas por el equipo de profesores del curso y versarán sobre los contenidos de alguna de las áreas del currículo.

IX. Disposición adicional

Hasta tanto se constituyan en los actuales centros de Formación Profesional los Seminarios o Departamentos, de acuerdo con lo previsto en el artículo 20.2 de la L.O.G.S.E., dentro de los Departamentos de Humanidades, Ciencias y Tecnología establecidos por la Orden de 9 de junio de 1989 (*B. O. E.* del 13), un profesor del Departamento designado por el Director del centro asumirá, de manera provisional, la coordinación de cada una de las áreas no incluidas en la especialidad del Jefe del Departamento.

X. Disposiciones finales

Primera

En los aspectos no regulados por la presente Orden será de aplicación lo establecido por la Orden, de 9 de junio de 1989 (*B. O. E.* del 13), por la que se regulan la organización y el funcionamiento de los centros docentes.

Segunda

La Secretaría de Estado de Educación dictará cuantas normas sean precisas para la aplicación de la presente Orden.

Tercera

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el *Boletín Oficial del Estado*.

Madrid, 27 de abril de 1992.

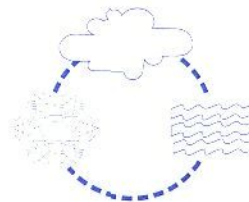
El Ministro de Educación y Ciencia,
JAVIER SOLANA MADARIAGA

SEGUNDO CICLO		
Áreas y materias	3.º curso	4.º curso
	Horas semanales	Horas semanales
Lengua castellana y Literatura	3	3
Lengua extranjera	3	3
Lengua catalana y Literatura	3	3
Matemáticas	3	3
Cienc. Sociales, Geografía e H. ^o	3	4 (*)
Educación Física	2	2
Ciencias de la Naturaleza	3	3 (**)
Educación Plástica y Visual	2	3 (**)
Tecnología	3	3 (**)
Música	2	3 (**)
Optativas	2	6
Religión/Actividades de estudio	2	1
Tutoría	1	1
TOTAL	32	32

Horario para el segundo ciclo de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares.

(*) En este horario se incluirán las enseñanzas correspondientes a "La vida moral y la reflexión ética".

(**) El alumno deberá escoger dos áreas entre las cuatro señaladas.



Proyecto curricular en el marco de una escuela renovada

Joaquín Gairín Sallán

Índice

Presentación	101
Esquema de contenido	102
Situaciones prácticas	103
Elementos de reflexión	105
1. El Proyecto curricular de centro como respuesta educativa	107
El centro educativo y la realidad socio-cultural. La escuela como promoción	107
El centro educativo, el sistema escolar y el contexto próximo. La escuela autónoma y autóctona	114
El centro educativo como realidad compleja. La escuela como unidad básica de cambio	119
El profesorado como protagonista	122
2. El Proyecto curricular en el marco del proyecto de centro	127
La necesidad de planteamientos institucionales	128
El Proyecto de centro y los planteamientos institucionales	130
El Proyecto curricular de centro. Características básicas	136
El Proyecto curricular de centro en el marco de los planteamientos institucionales	146
3. La realización del Proyecto curricular	149
La dimensión estática	149
La dimensión dinámica	153
La dimensión operativa	169

Bibliografía	179
Actividades complementarias	187

Presentación

La puesta en marcha de la Reforma ha revitalizado la reflexión sobre lo pedagógico y curricular. Como siempre ocurre se incorporan nuevos planteamientos, se estructuran nuevas relaciones y aparecen nuevas formas de acción.

El Proyecto de Centro aparece como una concreción de la intervención educativa. Es una síntesis operativa de las finalidades de la educación, de las funciones que se asignan a las instituciones que la desarrollan y de los objetivos que éstas pretenden. Supone, asimismo, una concreción importante en el proceso de organización y desarrollo curricular.

La construcción del Proyecto de Centro retoma y evidencia el conjunto de fundamentos epistemológicos, psicológicos, sociológicos y pedagógico-didácticos que subyacen a la acción educativa, a la vez que manifiesta formas particulares de priorización, organización y ejecución práctica del proceso de enseñanza y aprendizaje.

El presente texto, que debe entenderse como complementario a otros del curso, y particularmente de la primera parte de este libro, pretende ser una ayuda a centros y profesores en el proceso de concreción de sus actuaciones. Aborda, para ello, a través de tres capítulos, los aspectos considerados fundamentales a esa construcción.

Por una parte, el Proyecto de Centro aparece como una opción a asumir a nivel del sistema educativo, de los centros y de los profesores. La determinación del nivel de autonomía que han de tener las instituciones, la delimitación de las funciones que ha de cumplir el centro educativo y la clarificación del papel que ha de desempeñar el profesor son concreciones necesarias para la construcción curricular. De hecho, abordamos aquí los fundamentos sociológicos que deberán considerarse como punto de partida junto con las demás fuentes del currículo.

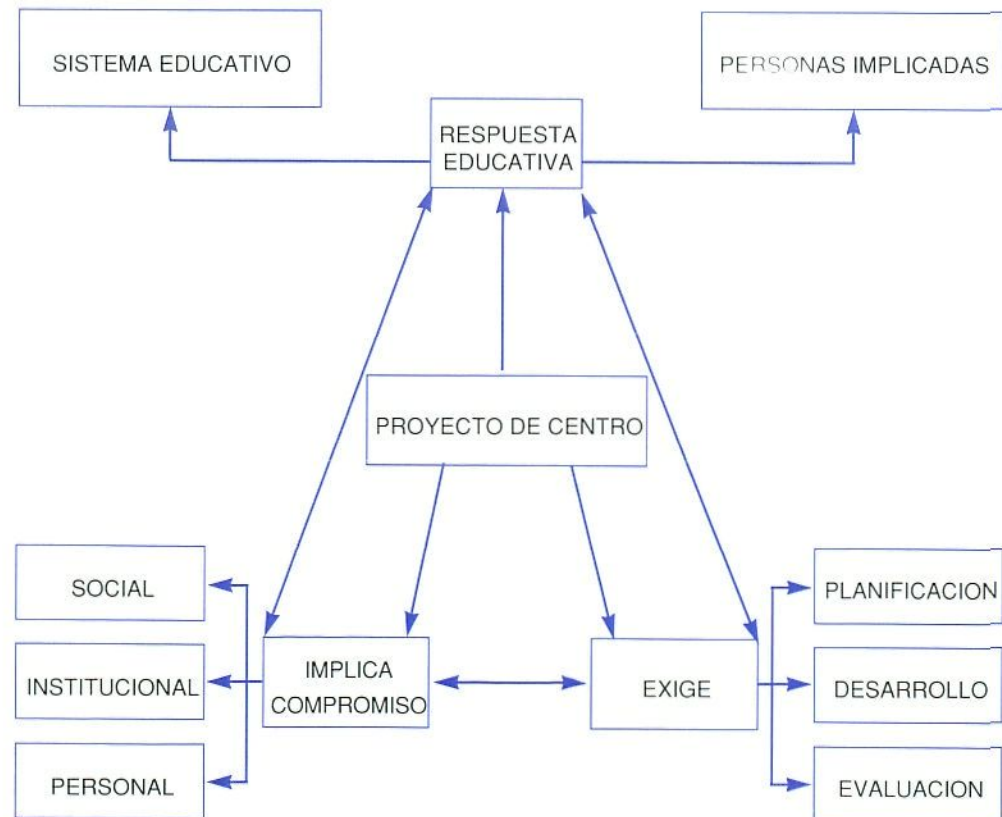
El Proyecto de Centro supone, por otra parte, un compromiso institucional por el cual se explicitan los acuerdos que las diferentes personas asumen de una manera consensuada y coordinada. Se actúa así democráticamente al hacer público el conjunto de intenciones que subyacen a la actividad de los centros, al mismo tiempo que se facilita el proceso de participación de los responsables y ejecutores de la actividad educativa.

Finalmente, el Proyecto de Centro aparece como construcción que cabe planificar, desarrollar y evaluar en el contexto de la búsqueda de una mejora de la calidad educativa.

En definitiva, se presenta un intento de contestar a preguntas como:

- ¿Para qué sirve una escuela?
- ¿Qué papel deben cumplir los profesores?
- ¿Cómo potenciar que la escuela sirva y que los profesores cumplan sus cometidos?
- ¿Qué comportamientos pueden ser aprendidos?
- ¿Qué sentido tiene la explicitación de los planteamientos institucionales?
- ¿Cómo se concreta una intervención educativa coordinada?
- Etcétera.

Esquema de contenido



Situaciones prácticas

La realidad práctica queda configurada a diferentes niveles. De ellos consideramos varios en un acercamiento a las problemáticas que se plantean en la educación.

Lo que dice la sociedad

La educación siempre es noticia (ahora, por la puesta en marcha de la Reforma) por afectar a colectivos importantes de nuestra sociedad; sin embargo, no siempre se considera importante. Al respecto, son indicativos los resultados de estudios psicológicos de diferentes fuentes que señalan como las preocupaciones más importantes de los ciudadanos españoles:

- La inseguridad ciudadana.
- El paro.
- La inflación.
- Los salarios y la situación económica.
- Las comunicaciones y los transportes.

Tan sólo es reconocida la importancia de la educación cuando se realizan preguntas directas sobre el papel de los centros educativos y de los profesores. En estas circunstancias se recogen comentarios como:

- “Los profesores no siempre saben enseñar; olvidan a los alumnos con problemas y tienen excesivas vacaciones.”
- “La educación es más una carga familiar que un servicio público.”
- “La labor de las instituciones educativas se centra más en el cuidado de los escolares que en su aprendizaje.”
- “Las escuelas se parecen más a cárceles e instituciones militares que a instituciones educativas.”
- ...

Se ratifica así una cierta conciencia sobre lo educativo y sus protagonistas, que también queda recogida en titulares de prensa y editoriales como:

- “Hay que introducir el control de calidad en la educación.”
- “Cuestionado el sistema de participación en los centros por las Asociaciones de Padres.”
- “Recuperar la imagen del profesor.”

-
- “¿Trabajo en equipo?, no, gracias.”
 - “¿Qué escuela? Apuntes para una concreción de la función social de la escuela.”
 - ...

Lo que opinan los centros y los profesores

Según se ha “oído” últimamente, el tema de la Reforma parece que va en serio. Se ha aprobado la LOGSE y se extiende el número de centros que se incorporan al proceso de cambio. Nuestro Claustro se reunió varias veces para tratar el tema y, más concretamente, el plan de actuación de varios años que sobre la realización del Proyecto Curricular de Centro propone el Equipo Directivo.

Las opiniones son diversas y reflejan tanto el desconocimiento de las nuevas propuestas como la falta de interés, motivación por los temas educativos.

Algunas de las afirmaciones realizadas son:

- “La Reforma es la oportunidad de los centros para aumentar su nivel de autonomía y de los profesores para conseguir una mayor profesionalización.”
- “El profesorado ni está motivado ni se considera bien tratado. Si la Reforma se ha de basar en el profesorado, ya podemos decir que ha fracasado.”
- “Realizar una propuesta curricular desde los centros exige, cuando menos, tiempo para realizarla.”
- “Si el profesor no es capaz de conseguir que el alumno aprenda, para qué lo necesita la sociedad.”
- “Asumir el papel social del educador supone asumir las funciones que la sociedad democráticamente le asigna.”
- “Cómo se pueden plantear temáticas de trabajo si el marco aún no está definido: ¿Qué pasa con las adscripciones?, ¿qué centros serán de secundaria?, ¿Qué ocurrirá con las especialidades que desaparecerán?”
- ...

No obstante, la discusión, aparte de favorecer el conocimiento mutuo sobre nuestras concepciones de la educación, la enseñanza y el papel de los profesores y de los centros educativos, evidencia la necesidad de descender a actuaciones más concretas. Consecuentemente, se plantea el impulsar los departamentos/-seminarios y el potenciar la coordinación entre el profesorado. Del plan propuesto se aprueba la realización de sesiones informativas sobre el Diseño Curricular y la

dotación presupuestaria que permita comprar la bibliografía correspondiente y el “hacerse” con ejemplificaciones coherentes con la nueva propuesta.

El trabajo realizado a nivel de departamento/seminarios ha sido irregular dependiendo de las personas que los coordinan. Se acusa de hecho el carácter individualista del profesorado y la falta de costumbre en el trabajo de grupo. No obstante, se vuelven a reproducir situaciones que reflejan concepciones diferentes sobre el hecho educativo y resistencias al cambio:

- *“La mejor coordinación es que cada uno haga lo que determinen los cuestionarios. El mejor favor que puede hacer la Administración es decir qué quiere que enseñemos.”*
- *“Cualquier proceso de coordinación afecta a la libertad del profesor y por tanto, atenta contra la libertad de cátedra.”*
- *“Referirse a la libertad de cátedra de manera exclusiva es olvidar también un derecho constitucional de los alumnos como es el de recibir una enseñanza de calidad, que supone entre otras cosas, procesos de intervención sistemáticos y coordinados.”*
- *“Cada uno tiene su forma de enseñar y lo importante es que los alumnos/as aprendan.”*
- *“La coordinación a nivel de profesorado es una falacia y tan sólo abarca una concreción en aspectos formales: mismos temas, igual programación, criterios estándares a la hora de evaluar, etc., sin conseguir nunca modificar las formas reales de actuación en el aula.”*
- *“Coordinarse es una necesidad, pero también el resultado de una actitud, de una concepción sobre la enseñanza y de un interés por hacerlo.”*

Como resulta evidente, los logros que actualmente podemos mostrar son escasos y se reducen a los acuerdos que algunos departamentos/seminarios han tomado, después de dedicar mucho tiempo y con reservas sobre el grado de cumplimiento efectivo, sobre la secuenciación y distribución de los contenidos y en relación a la evaluación. La gran esperanza reside en aumentar progresivamente y extender estos logros, utilizando la formación como un instrumento que permita acercar las concepciones que sobre lo educativo tienen los profesores.

Elementos de reflexión

Las situaciones planteadas responden a dos niveles de análisis que no siempre se complementan. Los interrogantes que aparecen son muchos y las respuestas,

sean individuales o colectivas, se hacen necesarias para poder avanzar en la ordenación de la realidad educativa.

- *¿Es compatible una respuesta dinámica de los centros educativos con un alto nivel de dependencia del sistema escolar a las demandas del entorno?*
- *¿Qué podemos entender por un centro educativo eficaz? ¿Lo pueden ser los centros públicos? ¿Qué condiciones dificultan y posibilitan sus actuaciones?*
- *¿La existencia de propuestas de centro consensuadas por la comunidad educativa son viables en la situación actual de los centros? ¿Qué modificaciones cabría introducir?*
- *¿Hasta qué punto los profesores que existen son los que necesita una nueva realidad socio-cultural? ¿Serán capaces de adaptarse a las nuevas exigencias?*
- *¿Qué parte del compromiso en el cambio corresponde a las instituciones y qué aparte corresponde a la sociedad y al sistema educativo?*
- *¿Puede ser la escuela comprensiva una solución a algunos de los problemas que la sociedad española y el sistema educativo tienen planteados?*
- *¿Cómo lograr implicar a la mayoría de los profesionales en un trabajo creativo y que se renueve constantemente?*
- *¿Cómo puede influir en los centros de secundaria la convivencia de profesionales con diferente nivel de formación y con distintas categorías?*
- ...

1

Proyecto de centro como respuesta educativa

El centro educativo y la realidad socio-cultural. La escuela como promoción

La educación es, sin duda, una de las primeras y quizá la más importante referencia que se asocia con el concepto de escuela. Y es que, en esencia, la escuela nace y se desarrolla al amparo de las necesidades educativas.

Conformada la escuela históricamente, su análisis cabe abordarlo, bajo una perspectiva global que no olvide la existencia de otras realidades en donde también se ejercen procesos sistemáticos de intervención (por ejemplo, la familia), ni la incidencia que factores contextuales más amplios (por ejemplo, el medio social, la cultura...) puedan tener.

Una perspectiva de análisis que permite recoger la complejidad de la que hablamos puede ser la sistémica, apoyada en la Teoría General de Sistemas (T. G. S.) iniciada por Bertalanffy. Bajo esta perspectiva¹, la escuela puede considerarse como un sistema en sí misma y subsistema entre otros del sistema escolar, sistema educativo y sistema social. Al respecto puede servir como referencia icónica la figura 1.

1 La aproximación cognoscitiva a la realidad mediante la perspectiva sistémica constituye para algunos autores un nuevo paradigma científico, que no ha de suponer desconocer las limitaciones que dicho enfoque posee. Al decir de Sanvicens:

"... enfocar la educación como sistema no implica de buenas a primeras que todo en la educación sea perfectamente sistemático, ni menos aún que esté sistematizado con el rigor que la teoría de sistemas —que trata de precisar y desarrollarse en nuestra época— exige en el plano científico". (1972:118).

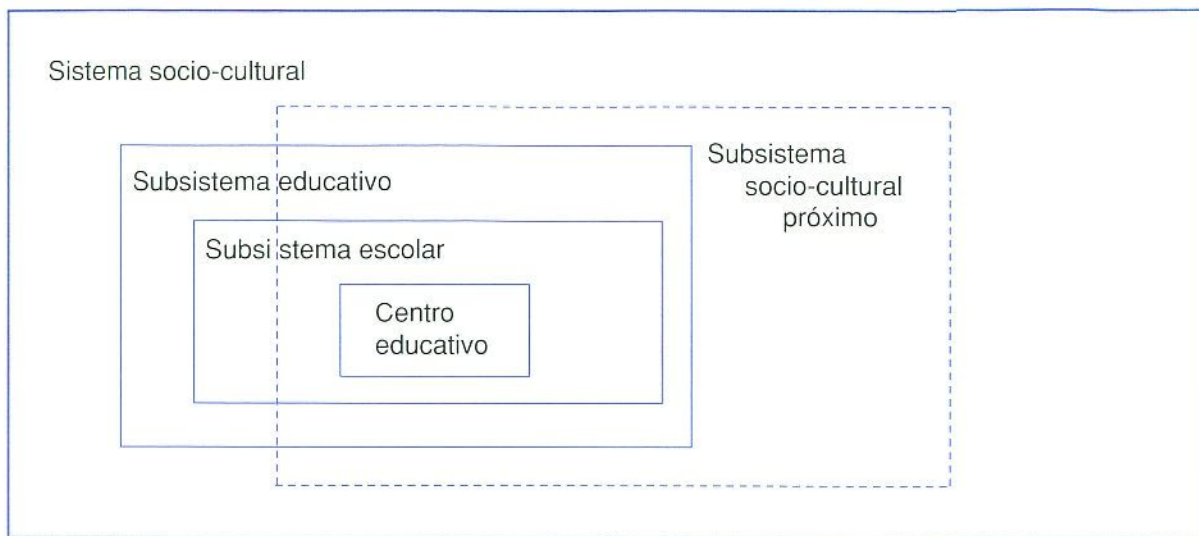


Figura 1. El sistema escuela.

Las relaciones que mantiene el *sistema educativo* y el sistema socio-cultural, entendido como el resultado de la organización de la sociedad, quedan caracterizadas por las existentes entre educación y contexto socio-cultural. Estas son múltiples y pueden esquematizarse como sigue:

- a) La educación es una realidad social, consecuencia de vivir en sociedad, y también una necesidad social.
- b) Lo socio-cultural desde su contexto histórico-natural proporciona al hombre, y por tanto a la educación, contenidos culturales y referencias valorativas.
- c) Las formas particulares que adopta lo socio-cultural inciden en especiales conformaciones de lo educativo.

El sistema educativo vendría así definido como un subsistema del sistema socio-cultural, formado por la interacción dinámica de instituciones, grupos, personas o elementos que posibilitan formarse y socializarse a una determinada población.

Conforma el *sistema escolar* la red organizada en unidades y servicios destinados a dar educación. Su actuación queda delimitada perfectamente a través del proceso de escolarización, pudiendo identificar el sistema escolar con la parte formal del sistema educativo.

Las funciones que el sistema educativo ha de cumplir se refieren esencialmente a la transmisión de cultura y a la adaptación social (cuadro 1). De modo específico, Parsons (Colom, 1979:129) señala dos funciones básicas: socialización y selección, además de considerar dos componentes sociales bien definidos: compromiso con los valores comunes de la sociedad y desempeño de un rol especializado. Sin embargo, no son las únicas perspectivas. Así, hay quienes denuncian al sistema escolar como sistema de adoctrinamiento y otros que lo ven como un sistema de control.

- a) El pleno desarrollo de la personalidad del alumno.
- b) La formación en el respeto de los derechos y libertades fundamentales y en el ejercicio de la tolerancia y de la libertad dentro de los principios democráticos de convivencia.
- c) La adquisición de hábitos intelectuales y técnicas de trabajo, así como de conocimientos científicos, técnicos, humanísticos, históricos y estéticos.
- d) La capacitación para el ejercicio de actividades profesionales.
- e) La formación en el respeto de la pluralidad lingüística y cultural de España.
- f) La preparación para participar activamente en la vida social y cultural.
- g) La formación para la paz, la cooperación y la solidaridad entre los pueblos.

Cuadro 1: Funciones que en la LODE (art. 1) y LOGSE (art. 1) se asignan al conjunto del sistema educativo.

Aun reconociendo que el sistema escolar pueda adoptar en determinadas circunstancias las funciones últimamente mencionadas, adoctrinamiento y control, no creemos que sea su misión fundamental. Considerarlo en forma contraria sería desvirtuar la realidad al mismo tiempo que olvidar la misión opuesta que justificó el nacimiento y desarrollo de la escuela, base explicativa, aunque no única, de su realidad actual.

No obstante, la convulsión actual de los centros educativos mantiene y suscita interrogantes aún no resueltos:

- a) El equilibrio que lo educativo busca entre lo individual y lo social no siempre tiene reflejo en la práctica educativa. Una escuela excesivamente identificada con lo social puede potenciar la problemática del adoctrinamiento, mientras que una mayor atención al individuo puede obviar el papel socializante del centro educativo.
- b) *¿Posibilita la escuela la promoción social?* La dependencia escuela-sociedad no debe justificar el papel selectivo que aquélla muchas veces adopta. No se trata de reproducir esquemas de clase a través de la educación, sino de servirnos de ésta para que tales estructuras desaparezcan poco a poco.
- c) *¿Es la única fuente de saber?* La mejora en la estructura de la comunicaciones ha multiplicado las variadas fuentes de información ya existentes. En este caso, los recursos educativos son variables y entre ellos debe existir la coordinación adecuada.
- d) *¿Los productos que proporciona la escuela son válidos?* Analizar los resultados y procesos escolares nos lleva a reconocer productos escasos, anticuados y alejados de la realidad social. Castillejos (1976:169) al respecto señala: “*La institución escuela es anacrónica, conservadora, cerrada y pseudocientífica.*”

Actividad 1

Respecto al apartado podemos preguntarnos: ¿Sirve el sistema educativo a las necesidades socio-culturales? ¿Cómo se establecen las vinculaciones existentes? ¿Las relaciones son condicionantes o determinantes? ¿Qué sistemas autorregulativos existen? ¿Cómo funcionan?, etc.

Las problemáticas abordadas afectan a la naturaleza de la educación y al papel transmisor de las instituciones que la imparten. Sin embargo, no son las únicas ni, posiblemente, las más importantes. Señalar algunas otras y clasificarlas de acuerdo con su contenido: conceptual, metodológico, etc.

El conjunto de problemas analizados u otros que afectan a la institución escolar han generado múltiples soluciones que van desde los que abogan por su eliminación (movimientos de la desescolarización) hasta los que defienden la posibilidad de cambios más o menos profundos (movimientos autogestionarios o de la escuela nueva)².

Plantearse la desescolarización como realidad supone, para nosotros, ver la escuela como causa de los defectos que se le imputan directa o indirectamente (clasismo, desigualdad de oportunidades, mecanismo de selección, adoctrinamiento, etc.) y no como reflejo de lo que es la sociedad. Supone, en todo caso, dar excesiva importancia al valor que la escuela tiene.

Es más loable desde nuestro punto de vista potenciar la reforma de la escuela. Pero al hacerlo no podemos perder de vista que esa institución forma parte de la realidad social y a ella se debe. Plantearse procesos de autogestión, aun reconociendo su identificación con un proceso educativo desarrollado, no deja de ser utópico. Nos parece más coherente con la realidad presente defender los procesos de co-gestión en donde el poder de la institución se comparte interna y externamente.

Las relaciones sistemáticas que se dan entre los suprasistemas socio-cultural, educativo y escolar delimitan el papel del centro educativo y determinan sus posibilidades.

De modo más específico, podemos señalar al respecto:

- a) El centro educativo es un sistema conformado por elementos diferenciados que se relacionan entre sí y que conforman, en cierto sentido, subsistemas del sistema escuela. Al respecto podemos mencionar los subsis-

2 Desde que se inició y extendió el movimiento de la "Escuela Nueva", fines del xix hasta comienzo de la primera guerra mundial, se ha hablado de escuela activa (Ferriere, 1971), escuela moderna (Freinet y Salengros, 1972), escuela progresiva (Skidelsky, 1973), escuela como realidad política (Danielle, 1974, Ferrández Enguita, 1990), escuela de la calle (Ferrán, 1978), escuela neutral (Mella, 1968, 1979), escuela sin muros (Kenneth, 1980), escuela creativa (Oliveira, 1983), escuela divertida (Pariente, 1986), u otras denominaciones (escuela accesoria, escuela paralela, escuela comprensiva, escuela sin fronteras), o se han lanzado propuestas no etiquetadas como las de Salcedo (1977) y Schwartz (1979). Son, en cierta forma, líneas fundamentales de una corriente "crítica" que tiene como presupuesto una revolución social y que encuentra en la escuela un cauce adecuado para lograrla.

temas de objetivos, medios y de control. El primero define las metas que en íntima conexión con el ambiente se proponen para la institución; el segundo, lo conforman elementos humanos (profesores, alumnos, personal no docente, etc.), materiales (espacio, mobiliario, etc.) y la interrelación que, independientemente o de modo conjunto, guardan entre sí; por último, los procesos de medición, su interpretación y las modificaciones que sugieren constituye el subsistema de control.

- b) La escuela es un sistema abierto, esto es, actúa como esquema recurrente de hechos diferenciados respecto a las exigencias del entorno. De él recibe, fundamentalmente, orientaciones para la acción, a la vez que configura mecanismos de control para su actividad. Además, los resultados escolares se proyectan socialmente contribuyendo con el tiempo al cambio social.
Ahora bien, el sistema escuela también produce sus propios objetivos no siempre posibilitadores de los externos, y determina su propio subsistema de control. Con ello se da origen a lo que algunos han llamado la cultura escolar (Sarason, 1971, Shipman 1973:11) o ecosistema (Holman, 1980), objeto de reflexión cuando la atención de los teóricos pasó de centrarse en los productos educativos a considerar los procesos.
- c) La escuela es un sistema complejo no sólo por la cantidad de elementos que en ella intervienen, como ya vimos, sino también por su carácter abierto, lo que le da una multiplicidad de posibilidades ante la realidad concreta.
- d) La escuela es una realidad histórica, por cuanto en sí misma como en sus elementos intervienen factores conformados históricamente que ajustan su actuación en momentos concretos.

El análisis histórico de la escuela señala claramente cómo ha ido consiguiendo un poder propio que le permite plantear observaciones específicas más allá de su dependencia con el ambiente que le creó y le dio contenido. Es indudable que el predominio de la familia en la organización patriarcal romana, de la Iglesia en la Edad Media o del Estado político-religioso o político de la actualidad son los factores que han determinado tradicionalmente la subordinación de la escuela a esas instituciones. Sin embargo, las escuelas familiares, religiosas o políticas fueron eficaces cuando también el ambiente compartía esos valores.

La influencia que actualmente tienen los centros educativos sobre lo socio-cultural no es única ni, posiblemente, la más importante. Pero también indicamos que su actuación coadyugada con otras puede ser de gran eficacia, fundamentalmente por la actuación sistemática y prolongada que tiene en el tiempo.

Bajo esta perspectiva tiene sentido plantearse el protagonismo que en el futuro habrán de tener los centros educativos. Sirva de antemano recordar la clásica e ilustrativa afirmación anglosajona: "Lo que se quiera para el Estado hay que introducirlo en la escuela", reafirmada por estudios referidos por López Medel (1982:34), donde se afirma que la batalla del futuro, tanto en el orden espiritual como en el económico-social y, aun, en el político, no se debatirán en el terreno de las armas, sino en el de la escuela.

Preguntarse por el futuro de las instituciones educativas supone indagar sobre la educación del futuro. Esta realidad consustancial al hecho que analizamos permite legitimar la acción educativa tanto social como científicamente. Educar es, y cada vez con más intensidad, un término que genera prospectiva y que se alinea como variable de futuro (Club de Roma, 1982).

Transformaciones demográficas, económicas, sociales y culturales, analizadas entre otros como Coombs (1971, 1985), apuntan:

"... La necesidad de una educación más racional, crítica y libre, más universal en sus componentes científicos y más plural y relativista en lo que se refiere al cultivo de las ciencias humanas, incluida la historia, que ha de intentar superar su eurocentrismo y sus sesgos nacionalistas.

Una educación más diversificada y mejor adaptada a los distintos colectivos sociales, llevada a cabo en instituciones más autónomas, que sean expresión de las expectativas de la sociedad civil, cuya instancia ha de prevalecer sobre las actitudes del liberalismo clásico y del estatismo normalizados.

Una educación continua o permanente que integra teoría y práctica, conocimientos y modos de iniciación a la vida activa. Una educación, finalmente, modernizada en su instrumentación, mediante la utilización intensiva y metódica de las técnicas avanzadas de difusión cultural." (Escolano, 1986, en base al *rapport* que sobre la enseñanza del futuro elevó el College de France al Presidente Mitterrand, 1985.³)

Aparecen así referencias al centro educativo como lugar de aprendizaje abierto a todas las edades y no sujeto a currículos preestablecidos, a la autonomía institucional, a la máxima conexión con el entorno o a la importancia del educador como facilitador de la síntesis cultural.

Actividad 2

Analizar las características que puede adoptar el centro educativo del futuro desde:

- La dimensión estructural: dependencia con el sistema educativo, valor de los títulos, conexión con el sistema productivo, etc.
- La dimensión didáctica: contenido curricular, metodología, medios didácticos, sistema de evaluación, etc.
- La dimensión organizativa: estructura de gestión, estructura académica, selección y formación del profesorado, etc.

Los centros o sistemas educativos son pues importantes subsistemas dentro del contexto y sistema global de la sociedad. Las relaciones entre sistema escolar-sistema educativo, educación y sociedad, currículo y necesidades sociales son multidireccionales y adquieren diferentes manifestaciones:

- a) *Cada sociedad tiene unas demandas específicas acerca de lo que espera de la escuela. Estas demandas se vinculan al proceso de socialización y se refiere tanto al conocimiento de la realidad social (normas de conducta, usos y costumbres), como a la preparación para el ejercicio de futuras responsabilidades ligadas a la organización del trabajo y al ejercicio de roles sociales.*

³ Igualmente, el Seminario Técnico Internacional de Prospectiva General y Educativa, celebrado en Madrid en 1982, indicaba en sus conclusiones la necesidad de un nuevo concepto de educación en el tiempo (formación permanente y recurrente) y en el espacio de la sociedad como educadora y de la escuela como integradora de las influencias.

- b) La educación, sin dejar de atender a los fines individuales, no puede olvidar las finalidades sociales. Sin embargo, debe considerar que la transmisión del patrimonio cultural no siempre se desliga del traslado que se hace, explícita o implícitamente, de los valores sociales y de las ideologías dominantes.
- c) Una sociedad pluralista como la actual exige, junto a la preparación profesional, la atención a valores como la participación, tolerancia o igualdad. La educación y los centros educativos deben, en consecuencia, fomentar actitudes críticas que permitan tomar distancia respecto a los valores o ideologías establecidas al mismo tiempo que facilitar su adaptación a las nuevas realidades que toda sociedad dinámica plantea.

La LODE, la LOGSE y disposiciones de desarrollo asignan a nuestro sistema educativo un conjunto de funciones (ya señaladas en el cuadro 1) alineadas en la perspectiva anterior. Frente a un modelo centrado en el adoctrinamiento y en el control se promueven opciones participativas y flexibles, más propias de sociedades pluralistas y dinámicas que aspiran a una escuela que junto al desarrollo personal promueve actuaciones compensatorias en lo social. Asimismo, la articulación de la comprensividad e integración que se hace en los documentos anteriormente señalados expresan claramente la intencionalidad de servir a intereses generales sin olvidar las particularidades individuales.

Más que una simple mejora, se trata de la transformación de la escuela a partir de su dinamismo interno que se prolonga en el establecimiento de nuevas relaciones con la realidad social. Para ello se precisa:

- a) *Un cambio de los valores y actitudes que tradicionalmente han primado.* Frente a actuaciones que potencian la educación como único medio de conocimiento de la realidad, que favorecen el lenguaje lógico-abstracto como exclusivo modo de comunicación, que priorizan el único desarrollo de la capacidad intelectual, que transmiten una concepción científica ligada al dominio sobre la Naturaleza y que activan actitudes autoritarias, jerárquicas, competitivas e individualistas, se precisa de otras que potencien la intuición, la imaginación, la expresión verbal y no verbal en todas sus facetas, la relación armónica con la naturaleza y que promuevan actitudes solidarias y democráticas.
- b) *Una escuela enmarcada en la realidad histórica, social, cultural y lingüística,* que participa de ella y que promueve su conservación y cambio. La educación aparece así como uno de los mecanismos de desarrollo de la identidad cultural, participando en este patrimonio colectivo tanto en su organización como en el disfrute de sus beneficios. Al mismo tiempo, la escuela queda abierta a una realidad dinámica, intercultural y proyectada en el conocimiento de otras realidades socio-culturales.
- c) *Una escuela para todos,* abierta a la diversidad y con un alto nivel de respeto a la individualidad de cada persona. A tal efecto, cabe buscar el equilibrio entre las finalidades individuales (fomentar el desarrollo de las potencialidades y facilitar la formación de una escala de valores propia) y sociales (favorecer la socialización) que se asignan a la educación, a la vez que potenciar las medidas de carácter compensatorio.
- d) *Una escuela hecha por todos,* que facilita la acción y compromiso de los colectivos que conforman la comunidad educativa.
- e) *Una escuela que participa de la educación como servicio público,* que se extiende a todos los ciudadanos y que reconoce el derecho a la educación como un derecho de carácter social que reclama de los poderes públicos acciones necesarias para garantizar su realidad.

Actividad 3

Delimitar los cambios que deben producirse en el sistema educativo para posibilitar el cumplimiento de las anteriores propuestas.

El centro educativo, el sistema escolar y el contexto próximo. La escuela autónoma y autóctona

Las relaciones del centro educativo con el sistema escolar son estrechas y normalmente quedan definidas en los procesos legislativos. Hablaremos de poca autonomía escolar cuando la presión normativa (Leyes, Decretos, Reglamentos...) es alta. En estos casos la uniformidad escolar es lo abundante y los fracasos de la escuela se convierten en fracasos del sistema escolar (bajo el supuesto de un alto cumplimiento de las normas). Si, por el contrario, la normativa es escasa, la autonomía será más amplia y los centros escolares tendrán más capacidad funcional para establecer sus estrategias de acción, siendo, por tanto, más responsables en cuanto a los resultados.

Pero las relaciones comentadas también pueden venir viciadas por la actuación de los propios centros. Así, pudiera ocurrir que en una escuela con alto nivel de autonomía externa, los condicionamientos internos hubieran impuesto una presión normativa excesiva que en la práctica también reduce el nivel de autonomías de órganos y personas.

No se pueden negar, en cualquier caso, las relaciones de dependencia que se dan entre el centro educativo y el sistema escolar, que actúa como conglomerante y transmisor al individuo de las expectativas e interés que el sistema socio-cultural deposita en lo educativo.

La organización del sistema escolar de una manera centralizada en su estructura y funcionamiento asigna a las instituciones educativas un papel secundario. Se concibe aquí al centro como una organización dependiente que ha de *transmitir y desarrollar las decisiones que se han tomado en otros niveles. Es coherente con esta concepción, la existencia de estructuras muy verticales y autocráticas, de procesos de participación restringidos a la información, de currículos cerrados o de profesores individualistas y limitados a la transmisión de conocimientos (cuadro 2).*

Por el contrario, el centro educativo autónomo tiene como primera necesidad, ante la falta de directrices externas, la de definir las metas que quiere conseguir. Aparecen así planteamientos institucionales propios (Proyecto educativo, Proyecto curricular...), las estructuras se democratizan y se precisa de nuevos profesionales que de manera cooperativa sepan estructurar y diseñar el currículo.

Nuestra actual situación educativa perfila un modelo escolar que progresivamente aumenta su nivel de autonomía. La existencia de Consejos Escolares, la elección de cargos directivos, la posibilidad de definir planteamientos institucionales propios, la progresiva autonomía económica y la capacidad de incidir en el calendario y horario escolar justifican ampliamente esa afirmación⁴. Igualmente, permiten dar una explicación a los problemas que, como en toda situación transitoria, se plantean: resistencia al cambio, actitudes involucionistas, exigencias de cambios más rápidos y profundos, etc.

4 También la LOGSE se hace eco de ese compromiso cuando afirma: *"Reconoce igualmente a los centros la autonomía pedagógica que les permita desarrollar y completar el currículo en el marco de su programación docente, a la vez que propicia la configuración y ejercicio de la función directiva en los mismos"* (Preámbulo y también referenciado en artículo 5).

Variables	Escuela dependiente	Escuela autónoma
ORGANIZACION DEL SISTEMA		
Decisiones política educativa	Centralizadas	Descentralizadas
Papel Administración	Regulación, control	Coordinación, impulso de actuaciones, garantía de normativa mínima
Currículo	Cerrado	Abierto
Servicios técnicos	Centralizados Descentralizados	
Papel de los técnicos	Prescriptivo	Asesor
Formación profesorado	Masificada, individualista	Centrada en la institución
ORGANIZACION DE LA INSTITUCION		
Planteamientos institucionales	Impuestos	Propios
Estructura: de participación pedagógicas	No existen No son necesarias	Múltiples Imprescindibles
Sistema realcional		
• comunicación	Vertical	Horizontal
• participación	Información	Toma de decisiones
• decisiones	Impuestas	Colaborativa
Profesor	Individualista Transmisor de conocimientos	Cooperativo Configurador del currículo
Funciones organizativas	Centralizadas, normatizadas Evaluación externa	Descentralizadas, poca normativa. Evaluación interna
LA DIRECCION		
Actuación	Gestor	Organizador
Acceso	Oposición, Nombramiento	Elección
Funciones	Burocráticas, control	Animador, coordinador, mediador de conflictos
Tipología	Autocrática	Participativa
Estilo docente	Autoritario	Democrático
Perfil	Técnico Pragmático	Político Situacional

Cuadro 2: Algunas características de dos modelos de organización del sistema escolar (Gairin, 1991b:12).

En estas circunstancias, se encuadra la necesidad de un cambio en el profesorado. Si en una escuela dependiente el mejor profesor es el *reproductor* individualista, y centrado en la transmisión de conocimientos, ahora se precisa de un profesional capaz de construir y diseñar el currículo de una manera cooperativa. Hay, consecuentemente, un cambio conceptual que exige a su vez nuevos planteamientos sobre su función y sobre la forma de ejercerla.

Mensajes como *el profesor como investigador, la investigación-acción, la reflexión sobre la práctica o el trabajo colaborativo* adquieren sentido en el marco de una escuela autónoma (por lo menos en lo curricular). El compromiso del profesorado con sus actuaciones y el resultado conseguido es aquí evidente, pero también lo es la necesidad de introducir en los centros educativos aquellos cambios que posibiliten su actividad (más autonomía, más tiempo, más formación y más recursos...).

El centro educativo mantiene también relaciones con el sistema socio-cultural próximo. La concepción misma de la educación está ligada a la persona, quien, a su vez, y en función de su propia historia, desarrolla una parte importante de su vida en contextos concretos. Por ello, el proceso educativo y los aspectos que lo rodean deben partir de realidades específicas si queremos que sean vitales y estén al servicio de la persona. A partir de allí, resultará más fácil encontrar el sentido a procesos más amplios y entender al mismo tiempo otros procesos específicos.

La consideración de una escuela enmarcada en la realidad histórica, social, cultural y lingüística nos hace hablar de **escuelas autóctonas**, sin perder de vista la necesidad de mantener la unidad del sistema educativo y el carácter de promoción y compensatorio que debe acompañar a toda actividad educativa.

Sistema escolar y contexto próximo constituyen las variables que configuran el entorno escolar y son, por tanto, las que definen las metas o finalidades educativas que ha de perseguir la escuela. Igualmente, serán las que contribuyen a establecer las diferentes tipologías escolares.

Las variables anteriormente señaladas —sistema escolar y contexto próximo— son también las que delimitarán las diferentes tipologías escolares.

Desde nuestra perspectiva, escuela, sistema escolar y contexto próximo deberían mantener un equilibrio dinámico que permitiera la existencia de canales de comunicación abiertos y operantes. Si la escuela se aproxima, e incluso se identifica con el contexto (Figura 2: B), se puede caer en el peligro de perder de vista los objetivos y políticas del sistema escolar-educativo y con ello la atención a necesidades más generales que las estrictamente locales. Si, por el contrario, la escuela se aproxima e identifica en el sistema educativo (Figura 2: A) su funcionalidad para los discentes puede perderse o cuando menos disminuir su prestancia.

Sistema educativo, sistema escolar y escuela son realidades plasmáticas que modifican su estatus relativo fácilmente y ocasionan variadas respuestas. Es fácil percibir, no obstante, la necesidad de otorgar amplias competencias a las instituciones educativas con el fin de que puedan, respetando los fines de la educación y las exigencias que con carácter general establezca la Administración Educativa, considerar adecuadamente las características de los alumnos y del entorno en el que viven.

Actividad 4

Describir algunos factores de identificación y de contradicción que se producen entre las necesidades del contexto próximo donde se ubica un centro educativo y las regulaciones establecidas por la Administración educativa. Utilizar en el análisis descriptores como:

- Diseño y desarrollo curricular.
- Organización del profesorado.
- Selección, adscripción y promoción del alumnado.
- Participación de los diferentes estamentos.

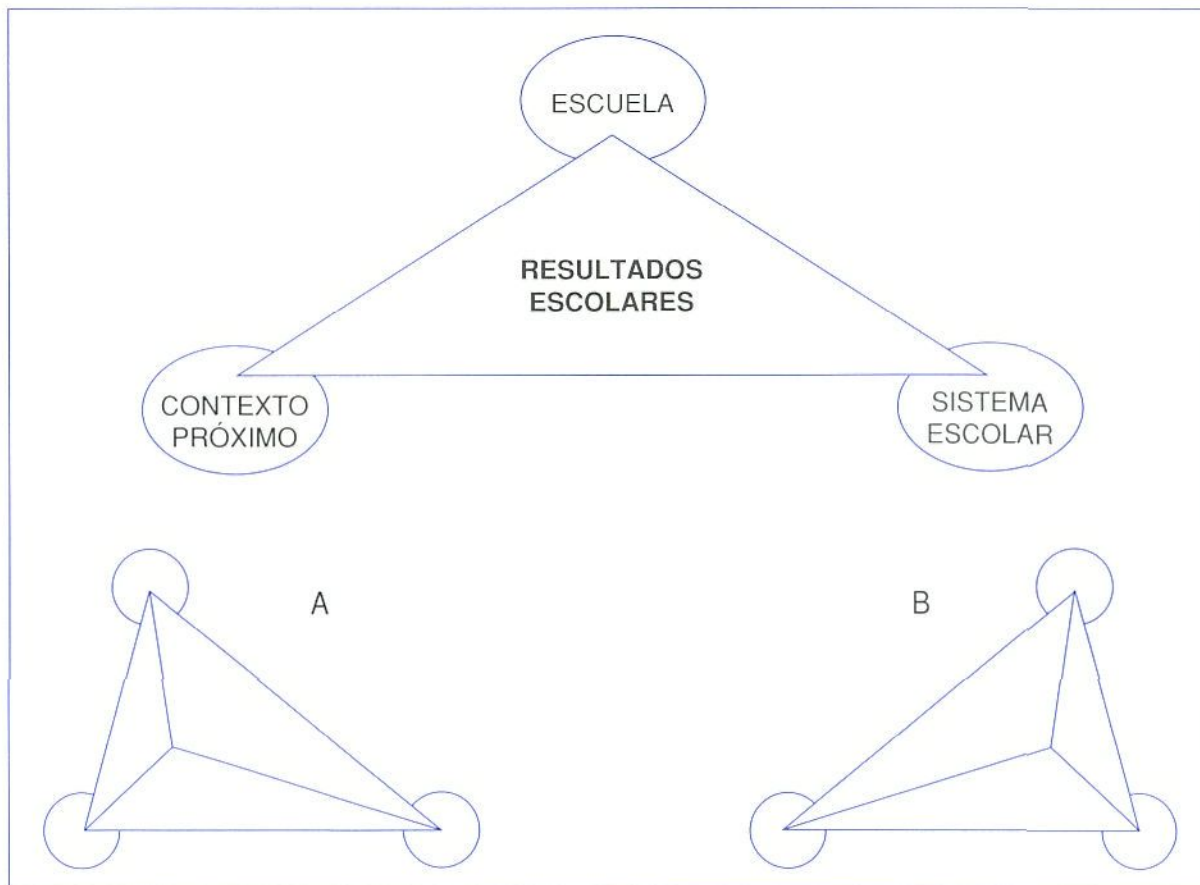


Figura 2: Relaciones de escuelas con variables representativas del entorno

Actividad 5

Completar el siguiente esquema relativo al análisis del contexto y aplicarlo en una realidad concreta:

1. Caracterización del entorno mediato:

- Organización de la Administración Educativa: estructura general y servicios que mantiene.
- Legislación educativa
- Consecuencias para la intervención educativa:

2. Caracterización del entorno próximo:

- Realidad física: ubicación, medio geográfico, (relieve, clima, flora...), vivienda, comunicaciones...
- Realidad socio-cultural: población oriunda y niveles de integración, estructura familiar, nivel socio-cultural de los padres, lengua habitual, equipamientos (sociales, culturales, deportivos), asociaciones...
- Realidad económica: calidad de vida, sector económico predominante y sectores de trabajo de padres/madres, nivel de ocupación...
- Consecuencias para la intervención educativa:

3. Caracterización del centro educativo:

- Descriptores generales: nivel educativo, titularidad, tamaño.
- Objetivos establecidos: tradición pedagógica, nivel de consenso y cumplimiento, homogeneidad en la línea metodológica, etc.
- Estructura de recursos humanos: modalidad de gestión institucional, características personales del profesorado y alumnado, organización y funcionamiento de los equipos de profesorado, trabajo cooperativo con las familias, etc.
- Estructura de recursos materiales: tipología de espacios, flexibilidad de mobiliario, abundancia y utilidad del material didáctico, etc.
- Estructura de recursos funcionales: tipología de horarios, presupuestos, normativa, etc.
- Sistema relacional: estructura de participación, sistema de motivación, la resolución de conflictos...
- Consecuencias para la intervención educativa:

4. Caracterización del alumnado

- General: aspectos cognoscitivos, afectivo-sociales y psicomotrices.
- Específica: historia escolar.
- Consecuencias para la intervención educativa:

El centro educativo como realidad compleja. La escuela como unidad básica de cambio

Sea la escuela calificada como una institución para el mantenimiento de pautas (Parsons), de adaptación (Katz y Kahn), de servicio social (Blau y Scott) o de unidad de producción (Woodward), lo cierto es que sus características la hacen diferente respecto a otras organizaciones. Las particularidades provienen de sus características como realidad social, como comunidad y como organización.

El centro educativo como realidad social abierto al entorno sintetiza multitud de influencias y obliga a la institución a considerar en su actuación: el marco legal y jurídico que le ampara, la estructura administrativa en que se encuadra, las posibilidades que le proporciona el entorno, los valores y actitudes que la sociedad demanda o las características personales, sociales, culturales y económicas que definen a sus componentes.

El señalar al centro educativo como comunidad tiene sentido a partir del impulso que la LODE proporciona al proceso de participación. Considerarla como comunidad supone pensar en la existencia de diferentes personas con diferentes roles y necesidades, pero con intereses comunes a la naturaleza del proceso educativo que exige una alta coordinación de criterios entre los diferentes participantes.

Al carácter del centro educativo como sistema social y comunidad se une su especificidad como organización. Al respecto se señala:

- a) Las funciones que se le asignan (facilitar aprendizaje, potenciar la formación, adaptar socialmente, etc.) son variadas, complejas y no siempre bien delimitadas en sus objetivos y medios.
- b) Los colectivos de personas que incluyen son también variados (padres, profesores, alumnos, titular de la institución) en sus objetivos y en sus intereses, lo que produce una alta diversidad de patrones de comportamiento, de creencias, etc. que dificultan el aprovechar las ventajas de una cultura referencial común.
- c) Sus miembros no han sido seleccionados previamente, tienen la obligación de asistir y suelen carecer de identidad colectiva.
- d) Existe multiplicidad de modelos, resultado de la aproximación de las instituciones a realidades concretas.

Más específicamente, se indican como rasgos característicos los siguientes:

Indefinición de metas: El centro escolar es una organización a la que la sociedad encarga la consecución de objetivos múltiples y diversos. Pero, más allá de esta variedad, hay una falta de priorización, además de la ambigüedad que les acompaña. Todo ello genera incertidumbres relativas a las acciones a emprender y al papel que las personas deben cumplir.

Naturaleza de las metas. La pretensión educativa esencial a un centro escolar contribuye a la indefinición de las metas, pues afecta a un ámbito —lo educativo— difícilmente categorizable y por esencia complejo. Pero además, la naturaleza de lo educativo exige el mantenimiento de valores que atañen al modelo organizativo. Así, el carácter no competitivo que define a la organización escolar conlleva, según Dalin (1978), poco interés por innovar y un bajo nivel de investigación. También se señala su naturaleza “doméstica” (no selecciona a los clientes) y su “profesionalismo” (alta preparación de los técnicos que deriva en un mayor deseo de autonomía y de participación en la gestión).

Ambigüedad de tecnologías: La actividad educativa no puede caracterizarse de manera óptima, depende de situaciones y circunstancias que casi siempre derivan a la particularidad individual. Nos lleva todo ello a la imposibilidad, por el momento, de tener tecnologías que, aunque simples, permitan armonizar actuaciones y clasificar procesos organizativos.

Falta de preparación técnica. La complejidad de la realidad escolar y de la tarea educativa hace inviable la existencia de un modelo único de profesor y, por lo tanto, de una caracterización real de sus actuaciones y de las necesidades profesionales. Se precisa, ante esa realidad difusa, de un profesional que pueda desenvolverse en la ambigüedad y, además, que sea capaz de redefinir acciones en ese contexto y de actuar con flexibilidad.

Debilidad del sistema. El conjunto de factores citado justifica el que algunos autores (Weick, 1976; Meyer y Rowan, 1983, entre otros) caracterizan la escuela como una realidad débilmente estructurada. Amplitud de la organización, informal, contraposición de estructuras y metas, indefinición de funciones, etc. contribuyen a establecer relaciones sutiles y no necesariamente estables entre los diferentes componentes del sistema.

Vulnerabilidad. La debilidad del sistema no sólo es debida a factores internos, también obedece a la influencia externa. El carácter abierto de la escuela frente al entorno le hace susceptible a los cambios del ambiente, participando del influjo que la realidad cultural social, política o económica imponga.

Todo ello hace que el nivel de indeterminación de las instituciones escolares sea alto, lo que les califica con frecuencia de débiles organizativamente, manteniendo su unidad precariamente a partir de una base común mínima o por el establecimiento de requisitos formales externos (horario, usar el mismo nombre de centro, pertenecer al mismo barrio, etc.).

Pretender en estas circunstancias mejorar una realidad tan compleja no parece una tarea fácil si se consideran los múltiples elementos que la configuran. No obstante, centrar el cambio en la exclusiva acción individual de las personas resulta insuficiente, dado el carácter totalizador de la realidad que hace que cualquier actuación individual en los centros educativos desencadene efectos sobre los demás elementos del sistema.

En esta perspectiva el contexto organizativo resulta ser un elemento sustancial de la acción educativa por cuanto en él se encuentran los elementos potenciadores o limitadores de la eficacia de cualquier actuación que inician los profesores. Un ambiente favorable no sólo disminuye los obstáculos que tratan de eliminar o de minusvalorar la acción individual del profesor, sino que puede ampliar su acción en otros niveles, en otros momentos y en otras personas.

Se justifica así el interés y la preocupación por considerar el centro educativo como totalidad, ratificado por el buen desarrollo que han tenido diferentes procesos de cambio educativo situados en el ámbito de la escuela como unidad de actuación. Situar en esta perspectiva supone considerar:

- a) El cambio organizativo es algo inherente a los procesos de innovación y garantía de su difusión.
- b) Conocer y comprender las organizaciones desde la innovación supone tener en cuenta sus elementos configuradores: objetivos que persiguen, estructuras que ordenan su actividad y sistema relacional que se establece entre las diferentes personas.

- c) La importancia de integrar las dimensiones didácticas y organizativas a través de la organización y desarrollo del currículo.
- d) Considerar la necesidad de articular unas prácticas socio-educativas y unas relaciones sociales entre el profesorado que satisfagan y fomenten los criterios de colaboración frente al individualismo, la reflexión crítica sobre las propias actuaciones y la autonomía frente a la dependencia y al dirigismo técnico-administrativo.
- e) Entender la institución como un lugar de formación del profesorado.
- f) Considerar el marco general de Desarrollo Organizativo como fuente de partida. Esta corriente incluye referencias al sentido holístico de las organizaciones, al proceso de autocorrección y autorrenovación por los miembros de la propia organización, y al valor de una acción sistemática de control sobre los resultados obtenidos.
- g) Incorporar la perspectiva de la colaboración como una de las más interesantes y fructíferas aportaciones de la escuela como unidad de cambio. Al respecto señala Escudero:

*“Para nosotros, a lo largo de este tiempo, cada vez ha ido siendo más clarificadora la idea de que el trabajo colaborativo con las escuelas y con los profesores supone una serie de supuestos que se refieren a: una determinada **concepción de las escuelas** como organizaciones educativas, una determinada concepción del currículo y de sus procesos de planificación, desarrollo y evaluación, una determinada manera de pensar el profesor como profesional y las condiciones y procesos para su dignificación y desarrollo, y una determinada concepción de las relaciones entre teoría y práctica, entre externos y centros, entre Universidad y escuela.” (1990:202).*

En definitiva, la innovación que parte de los protagonistas debe considerar a los centros como unidades de cambio, lo que impone una mayor atención a aspectos como la cultura escolar, la incorporación crítica en el análisis del currículo y la consideración de un profesional comprometido en su tarea.

Actividad 6

Analizar las dificultades que impone a procesos de cambio la existencia de:

- Centros educativos con poca autonomía.
- Diversidad y ambigüedad de las metas educativas.
- La deficiente preparación del profesorado.
- La variedad de colectivos que inciden en la intervención educativa.
- El carácter no selectivo de las instituciones.

El profesorado como protagonista

La realidad socio-cultural queda definida y alcanza su concreción en las actuaciones que potencia. En este contexto cabe profundizar, más allá del papel de las instituciones, en el papel de los protagonistas: profesorado y alumnado principalmente, entendiendo que no sólo se condicionan mutuamente, sino que también quedan condicionados por los contextos mediato e inmediato en los que se sitúan.

La exigencia de un modelo de ciudadano más formado, más participativo en la realidad social y más comprometido con ella, exige también un modelo de formación determinado e incluye la intervención de especialistas con características específicas.

La actuación del profesorado posibilita o limita de hecho el tipo de ciudadano que pretendemos. La vinculación que se establece entre la actividad del profesor y la del alumno es evidente (figura 3) y queda reflejada en los análisis que han efectuado diferentes autores.

Así, tan importante como señalar, respecto al profesor, ¿qué es?, (Perfil), ¿qué debe de hacer? (funciones) y ¿qué hace? (roles que adopta) es indicar ¿cómo lo hace? El profesor se puede centrar prioritariamente en las personas o en el programa, potenciar su protagonismo o el del alumno, facilitar actitudes críticas o de pasividad. Y todo ello independientemente, muchas veces, de sus cualidades y de las funciones que la sociedad le asigna. Nos acercamos así a los aspectos de la profesionalidad docente.

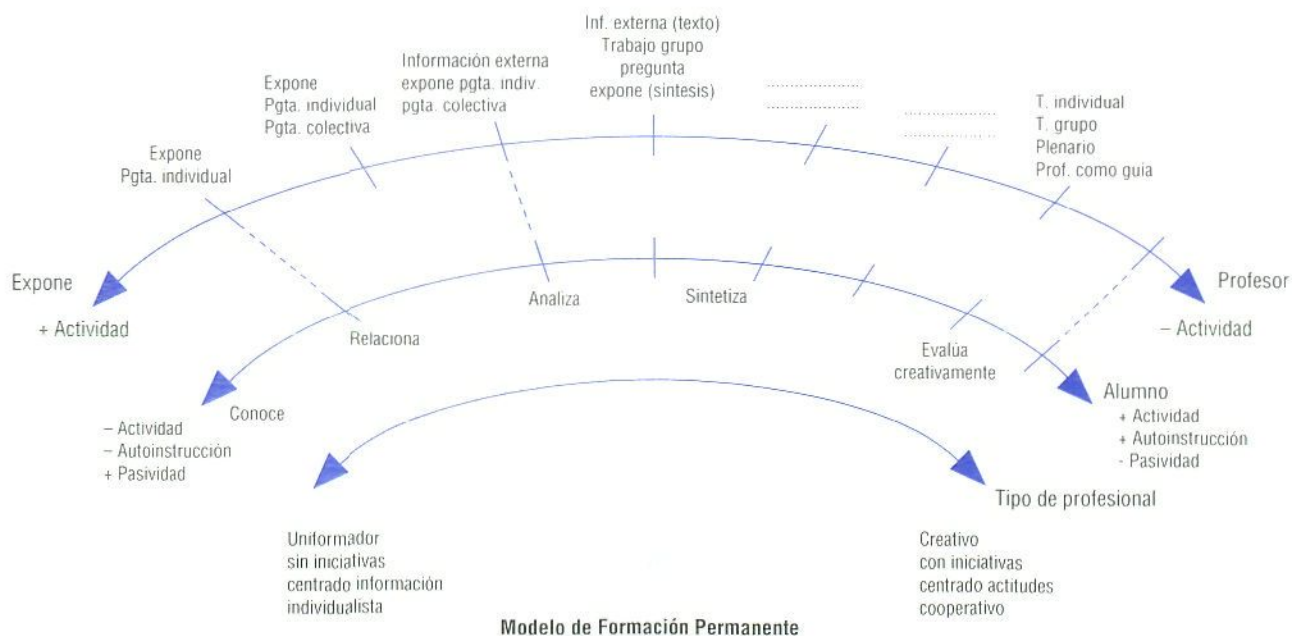


Figura 3. Actividad del profesor y del alumno y tipo de ciudadano/profesional que se potencia.

Actividad 6

Las categorías y rasgos descriptivos del perfil del profesor descritos en el cuadro 3 más abajo:

- ¿Son válidos para el profesor actual? ¿Se podrían completar?
- ¿Qué relación se establece con los roles establecidos por Niedo (1988) para el profesor de Ciencias?
- ¿Las aportaciones proporcionadas por varios profesores son compatibles?

Elementos estrictamente personales

Aptitudes y capacidades:

- Empatía afectiva. Atractivo personal.
- Capacidad de autocontrol.
- Seguridad. Confianza en sí mismo.
- Capacidad de observación.
- Capacidad de crítica y autocrítica.
- Capacidad imaginativa y creadora.
- Capacidad de comunicación y relación. Sociabilidad. Adaptabilidad.

Actitudes e intereses

- Actitud abierta e innovadora.
- Actitud constructiva y dinamizadora.
- Actitud dialogante y participativa. Actitud democrática.
- Interés por la enseñanza.
- Interés por la realidad socio-cultural circundante.

Elementos científico-culturales

Amplia base cultural

Conocimiento del medio natural-social circundante.

Saber utilizar las fuentes de información y documentación.

Saber discriminar individualizaciones y generalizaciones a nivel científico.

Saber interpretar los fenómenos que nos rodean con actitud científica.

Elementos Psicopedagógicos

Conocimientos de pedagogía general.

Conocimientos de psicología general y evolutiva.

Conocimientos de didáctica general y didácticas especiales.

Experto en técnicas de trabajo y de animación.

Conocedor de técnicas de orientación.

Elementos estrictamente profesionales

Entusiasmo por la profesión

Cuadro 3. Algunas categorías y rasgos descriptivos del perfil del profesor (Gairín, 1987).

La importancia que adquiere el ejercicio profesional justifica la preocupación por la profesionalización docente y el análisis de las características que deben definir el rol profesional. Al respecto Tenorth (1988), siguiendo el esquema de Wilbert E. Moore, llama la atención sobre ciertas dimensiones de éste:

- a) *Ocupación*: Las profesiones son actividades de jornada completa que constituyen la principal fuente de ingresos del sujeto. No suelen ser accesibles a los profanos.
- b) *Vocación*: Contrariamente a otras actividades profesionales, las profesiones no se orientan sólo hacia el lucro, sino que se guían también por una serie de expectativas de conducta que se van reforzando durante la formación y que se superponen y acaban por imponerse a otras motivaciones de la actividad.
- c) *Organización*: Esta característica define las profesiones por las formas específicas de organización de sus miembros y las delimita frente a otras actividades profesionales. A través de ellas se logra una o varias de las siguientes finalidades: prestigio, capacitación, estudio o defensa profesional.
- d) *Formación*: Las profesiones se ejercen sobre la base de un saber especializado, adquirido sistemáticamente en un largo proceso de aprendizaje. La formación universitaria, apoyada en profesiones tradicionales consideradas como modelos constituye la operacionalización de esta característica.
- e) *Orientación de servicio*: Las profesiones difieren de otra actividad por el objeto de su quehacer laboral. Orientan su actividad hacia el cliente (individual o colectivo), más en general, resuelven problemas de gran relevancia para los valores sustanciales de la sociedad.
- f) *Autonomía*: Se refiere fundamentalmente a una cierta independencia respecto al cliente y a la capacitación de autodefensa como colectivo.

Cómo lograr desarrollar la profesionalidad es algo complejo que depende, al igual que el concepto de función y perfil del profesor, de los contextos donde nos situemos. No obstante, asumiendo compromisos anteriores referentes a un modelo de escuela autónoma y autóctona, comprometida con el cambio se podría perfilar el tipo de desarrollo profesional aceptable.

La mejora de la calidad educativa queda ligada para M. Fernández (1988) a un proceso puramente de profesionalización de los profesores. Este puede instrumentarse con especial eficacia si se institucionaliza un esquema de renovación educativa sistemática, anclado en los pivotes básicos del perfeccionamiento, de la investigación en el aula y del análisis de la práctica escolar por los mismos profesores (figura 4).



Figura 4. Relaciones dinámicas básicas entre algunos factores de profesionalización docente (Fernández Pérez, 1988;12).

Situados en la línea antes perfilada, una mejora de la profesionalización docente supone:

a) *Conexión entre la formación inicial y la formación permanente.*

De hecho, el término formación del profesorado tiende a incluir ambas perspectivas y evitar la ruptura que tradicionalmente se ha dado. Una mayor formación práctica en la formación inicial y una mayor reflexión sobre la práctica en la formación permanente pueden ayudar a superar lagunas y establecer puentes. La atención específica a los profesores noveles ha de servir también a ese objetivo.

b) *La formación permanente y la práctica reflexiva como actitud*

La actuación profesional se somete voluntariamente y de manera continua a procesos de reflexión. Hay en ello una predisposición a actuar y hacer de la actividad profesional un ámbito de análisis y de investigación que posibilite su constante mejora.

c) *Institucionalización de la formación permanente*

La transcendencia social de la educación hace que toda actividad de mejora deba ser analizada como propuesta educativa y como propuesta político-social. La formación permanente no debe ser sólo, por tanto, una respuesta individual, implica también un compromiso social que se traduce en una política educativa que la contempla como una necesidad prioritaria.

De manera más específica, un avance en la profesionalización docente debe considerar.

— La cultura que enmarca cualquier actividad educativa

Concepciones, expectativas, creencias y percepciones de carácter social o personal delimitan o justifican muchas de las actuaciones de los profesores. A este nivel, cabe recordar las aportaciones que el equipo de la Universidad de Sevilla está proporcionando (Villar, 1988; Marcelo, 1987, 1988).

— La especificidad del nivel de enseñanza considerado

A nadie se le escapa que el modelo curricular y organizativo utilizado en los niveles básico y secundario potencia o dificulta determinadas opciones profesionales¹.

— La importancia del diseño curricular establecido

La adopción de un currículo abierto, la potenciación de concepciones interdependientes y la ordenación que se hace de la participación en la configuración curricular como manifestaciones de una determinada política curricular, reflejan concepciones que posibilitan el desarrollo profesional al proporcionar libertad y margen de maniobra a los profesores (Gairín, 1990: 286-289). Como ya señalara Coll:

¹ Así, la falta de una formación pedagógica amplia en el profesorado de secundaria y la existencia de una estructuración curricular fragmentada son dificultades añadidas al proceso de conformación de equipos de profesores.

“Un buen Diseño Curricular no es el que ofrece a los profesores soluciones hechas, cerradas y definitivas, sino que les proporciona elementos útiles para que puedan elaborar en cada caso las soluciones más adecuadas en función de las circunstancias particulares en las que tiene lugar su actividad profesional. Estimular la innovación y la creatividad pedagógicas ofreciendo un marco integrador y coherente es, sin lugar a dudas, la finalidad que debe perseguir todo Diseño Curricular”. (1987:161).

— La necesidad de atender al profesor novel

La problemática docente de estos profesores difiere de la de los experimentados, como concluyen variadas investigaciones. A menudo se encuentran con problemas diversos ya priorizados por algunos estudios: a) disciplina en el aula, b) tratamiento de las diferencias individuales en el aula, c) insuficiencia del material didáctico, d) cómo enfocar el trato con los padres, e) cómo motivar a los alumnos, f) elaboración de un programa para el día, g) adjudicación de los resultados del aprendizaje, y h) problemas de horario.

Todo ello justifica que la preocupación aumente y que la atención a ellos sea más selectiva. Coinciden en este planteamiento los estudiosos de la formación permanente, los movimientos de renovación pedagógica y las diferentes reuniones que sobre el tema se han realizado (véase CIDE, 1988: IV, particularmente la aportación de David Hargreaves).

— La consideración del papel de los directivos

El pensar en el centro autónomo como unidad básica de cambio, el considerar al profesor como colaborador, investigador y reflexivo nos acerca a una realidad escolar determinada. En ella, los directivos, lejos de ser independientes de la innovación, adquieren el papel de “soporte técnico”, de medio para alcanzar infraestructura o de elemento de promoción de la moral de los grupos (Gairín, 1988b).

Como ya señalara Hargreaves:

“Nuestra experiencia en el Reino Unido es que, sin lugar a dudas, la persona más importante en relación con los programas de reforma de la educación es el director de cada institución. Por ello, dirigimos la mayor parte de los recursos a la formación de los directores de escuelas, con el fin de darles las aptitudes de gestión necesarias para dirigir luego las reformas.” (1988:239).

Actividad 8

Describir diez actuaciones de profesores que sean indicadores de un alto nivel de profesionalización y otras diez que indiquen desprofesionalización. Analizar posibles soluciones ante esa realidad.



El Proyecto Curricular en el marco del Proyecto de Centro

Actividad 9

Debatir problemáticas sustantivas y metodológicas relativas a la existencia en los centros educativos de planteamientos institucionales propios. Al respecto pueden servir como dinamizadoras las siguientes cuestiones:

- ¿Cómo ha de entenderse la libertad de cátedra?
- ¿Es independiente este derecho del derecho de los alumnos a una enseñanza de calidad, que supone como mínimo la actuación coordinada de los profesores?
- ¿Qué límites se pueden establecer a la coordinación del profesorado y demás personas implicadas en la intervención educativa?
- ¿Cómo operativizar una propuesta de acción que facilite el establecimiento de planteamientos comunes dentro de un mismo centro educativo?
- ¿Bajo qué condiciones es posible delimitar una línea de acción coordinada?

La necesidad de planteamientos institucionales

Toda intervención educativa se mueve en marcos de actuación, entre los que figura la delimitación de las metas que se quieren conseguir. Establecer finalidades educativas como funciones que han de cumplir las instituciones y objetivos a conseguir resulta así una necesidad inherente al proceso sistemático de actuación.

Las metas que se persiguen siempre han existido, explícita o implícitamente, si bien en su definición no siempre ha existido una participación amplia. Lo que debe perseguir la educación, lo que han de conseguir y desarrollar los profesores, la forma en que deben organizarse los centros y los currículos es resultado, a menudo, de puntos de vista parciales: Administración, titularidad de los centros, profesorado, etc.

Una escuela participativa y cada vez más autónoma necesita explicitar lo que desea y lo que precisa hacer desde el consenso de todos los que intervienen en el hecho educativo. Se justifica también esta necesidad por:

a) *La naturaleza específica de las organizaciones escolares*

La especificidad de los centros educativos como organizaciones es ampliamente reconocida tanto por la naturaleza de los fines que asume como por la peculiaridad de su organización, como ya se mencionó anteriormente. A la ambigüedad de las metas añade la deficiente tecnología que emplea, la obligatoriedad de participación que tienen los usuarios, las divergencias culturales entre sus miembros y la alta dependencia de los contextos. Todo ello aconseja el establecimiento consensuado de metas que sirvan a un acercamiento cultural y operativo en las formas de acción.

b) *El proceso de gestión participativa que ha regulado nuestra sociedad*

La participación en la toma de decisiones de padres, alumnos y otros miembros de la comunidad educativa exige definir de una manera colaborativa las metas que se persiguen y delimitar los campos de competencia.

La definición y el establecimiento explícito de metas comunes en las instituciones, además de favorecer su cumplimiento por la información que proporciona, sirve, por otra parte, a los siguientes objetivos:

- Facilitar el establecimiento de líneas de acción coherentes y coordinadas para todos los miembros de la Comunidad Educativa.
- Racionalizar esfuerzos personales e institucionales y rentabilizar al máximo su actuación.
- Reducir magnitudes de incertidumbre, de contradicción y de esfuerzos estériles.
- Favorecer la delimitación de esfuerzos y ayudar a la realización profesional y crecimiento personal de los recursos humanos.
- Permitir procesos de evaluación.

Pero, además, contribuye a:

- Evitar la improvisación y la rutina.
- Facilitar la implicación de todos los miembros de la Comunidad Educativa, si el proceso se hace participativo.

- Orientar a las personas que se incorporen al Centro Educativo.
- Dirigir procesos de innovación (Gairín, 1991c: 24-25).

La existencia de planteamientos institucionales es, asimismo, una exigencia organizativa para centros educativos que tienen un cierto nivel de autonomía institucional. La falta de directrices externas potencia en éstos la creación de una “línea de escuela” mediante el establecimiento de metas comunes y el impulso de la participación y acción coordinada de los diferentes estamentos que componen la Comunidad Educativa.

La necesidad de que existan planteamientos institucionales no sólo se justifica por las razones anteriores, sino que también se apoya en la evidencia que proporciona la práctica y los diferentes estudios que sobre instituciones se han realizado.

Los asistentes a Seminarios de Formación señalan con frecuencia como elementos propios de una escuela que funciona bien los siguientes:

- Proyecto consensuado.
- Estructura organizativa participativa.
- Estructura organizativa ajustada al contexto.
- Recursos coherentes con el Proyecto institucional.
- Existencia de mecanismos claros de planificación y de evaluación.
- Buen clima humano.
- Implicación, motivación y estabilidad de los profesionales.
- Buena imagen institucional.
- Definición de roles y funciones de los protagonistas.

Otros colectivos en formación coinciden con esa apreciación de que una escuela eficazmente organizada se caracteriza por⁵:

- Existencia de un principio de autoridad.
- Coordinación entre los diferentes elementos que intervienen.
- Buenas relaciones humanas.
- Actuación de una manera profesionalizada; esto es, hay un componente profesional elevado.
- Relacionar adecuadamente los elementos humanos, materiales y funcionales.

5 Seminario de Formación de Formadores en Organización y Gestión de Centros. ICE, Universidad Autónoma de Barcelona. Gerona, 1991.

-
- Respetar y satisfacer de alguna forma las necesidades individuales de sus miembros.
 - Mantener metas y orientar la actividad hacia ellas.
 - Ser capaz de atender las demandas internas y de conjugarlas con las externas.
 - Tener capacidad de innovación y cambio.

Coinciden en gran medida estas apreciaciones con los estudios de las “escuelas eficaces”⁶. Sin categorizar éstos como una fuente de información exclusiva ni posiblemente la más relevante a la vista de las críticas que se han hecho a los estudios de base, lo cierto es que reiteradamente aparecen referencias a la existencia de metas definidas.

Parece así justificada la defensa que se hace de que los centros educativos concreten sus propuestas educativas, evitando al mismo tiempo actuaciones intuitivas, muchas veces provisionales y con un alto nivel de incertidumbre y esfuerzo. Por otra parte, la exigencia de concreción conlleva el esfuerzo colectivo en la búsqueda de objetivos comunes, permitiendo de esta forma superar la etapa de actuaciones individualizadas que ha caracterizado durante mucho tiempo a los centros educativos, y facilita medios para la construcción de auténticas comunidades educativas.

Bien es verdad que objetivos comunes siempre los ha habido en las instituciones escolares, aunque en la mayoría de los casos eran generales e implícitos; sin embargo, lo que ahora se propone es la necesidad de explicitarlos por escrito, ya que, aunque existieran, se hacía difícil constatar su realización al no corresponder siempre los hechos con las intenciones o con las declaraciones.

El Proyecto de Centro y los planteamientos institucionales

La delimitación de planteamientos institucionales puede abordarse desde diferentes procedimientos intuitivos hasta otros más o menos sistematizados/planificados. La configuración de Proyectos de Centro es una propuesta entre las posibles que aspira a:

- Delimitar por escrito el conjunto de intenciones de la Comunidad Educativa. Se participa así de la obligación democrática de presentar públicamente las opciones subyacentes a una oferta educativa y la de informar a los usuarios.
- Facilitar el proceso de participación, delimitando ámbitos de competencia entre los diferentes protagonistas.
- Posibilitar la adaptación de la actividad educativa a la diversidad social y contextual.
- Proporcionar criterios que faciliten la actuación, pero también los procesos de evaluación y control social.

6 Señalan básicamente como indicadores de un buen funcionamiento algunas características sociales y organizativas (metas claras y compartidas, ambiente de orden y disciplina, altas expectativas, premios e incentivos muy difundidos, apoyo/cooperación entre escuelas y familias, procesos organizativos de colaboración y fuerte liderazgo instructivo) y algunas de carácter curricular (currículo interrelacionado y limitación respecto a los resultados).

Una concreción del Proyecto de Centro que conecta con las exigencias administrativas que se hace a los centros educativos y que cumple con los requerimientos institucionales a medio-largo plazo y los de corto plazo. Los primeros, de carácter programático, deben garantizar una cierta estabilidad de los planteamientos, mientras que los segundos, de carácter operativo, han de favorecer su realización.

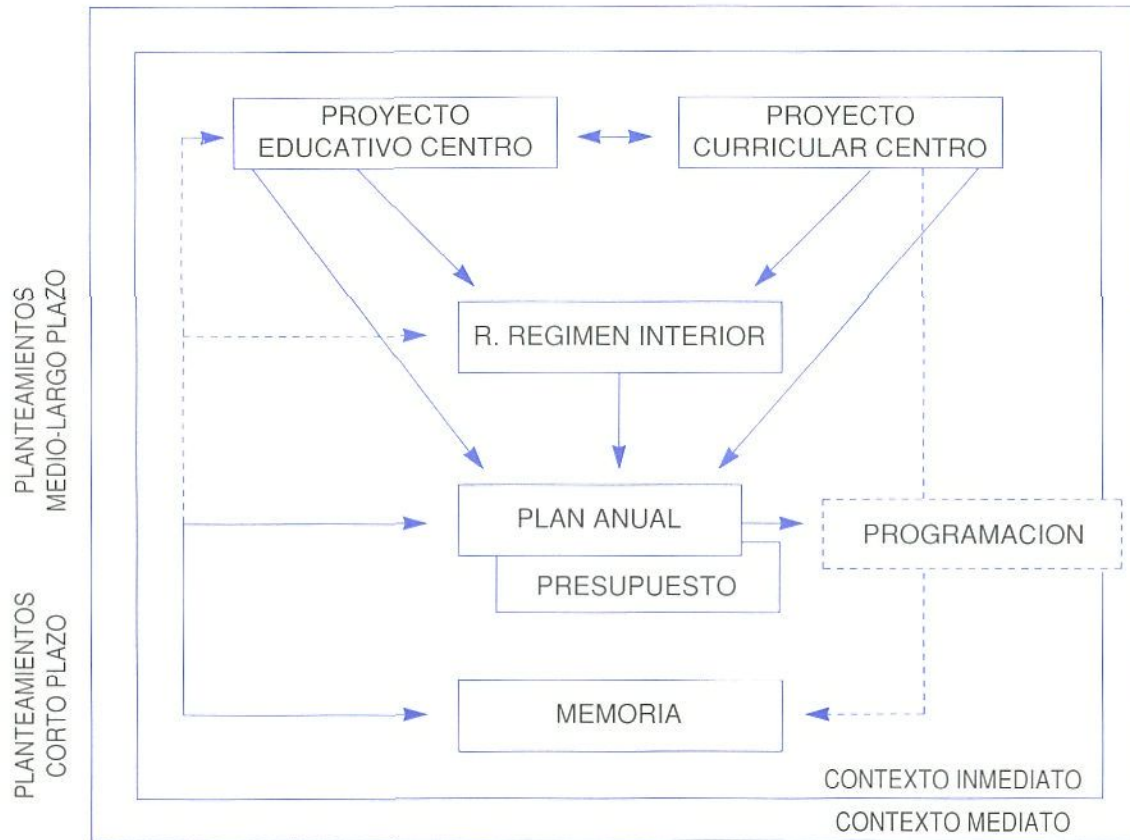


Figura 5: Documentos configuradores del Proyecto de Centro

La concreción del Proyecto de Centro a partir de los documentos anteriores permite señalar (Gairín, 1992a):

- a) La consideración de diferentes documentos es operativa, pero no conceptual, de tal modo que la intervención educativa debe caracterizarse por su sentido global, con consecuencias en aspectos curriculares, organizativos, de preparación y actuación del profesorado u otros.
- b) La naturaleza y contenido de los diferentes documentos (cuadros 4 y 5 de la página siguiente) justifica el distinto nivel de compromiso de los miembros de la Comunidad Educativa. La participación de ésta en el Proyecto Educativo, el Reglamento de Régimen Interno y en los documentos de gestión a corto plazo se justifica por la naturaleza subjetiva del contenido referenciado y por el modelo de dirección participativa de que se ha dotado a nuestros centros educativos.

Documento	Objeto	Naturaleza	Contenido	Nivel de participación
Proyecto Educativo	Planteamientos educativos de carácter general.	Ideológica y estructural. Organizativa.	Principios de identidad. Objetivos institucionales. Organigrama general.	Miembros de la Comunidad Educativa.
Proyecto Curricular	Delimitar estrategias de intervención educativa.	Técnico-didáctica.	Objetivos y contenidos por áreas y/o ciclos. Criterios metodológicos y de evaluación.	Profesorado, técnicos.
Reglamento de Régimen Interno	Ordenar la práctica.	Normativa. Organizativa.	Organigrama desarrollado. Ordenación del uso de recursos. Derechos y deberes. Procedimientos.	Miembros de la Comunidad Educativa.

Cuadro 4: Relación entre planteamientos institucionales a medio-largo plazo

Documento	Objeto	Naturaleza	Contenido	Nivel de participación
Plan anual	Ordenar la actividad del centro en función de prioridades.	Organizativa.	Objetivos, acciones, recursos, responsables, evaluación, temporalización.	Miembros de la Comunidad Educativa.
Presupuesto	Distribuir recursos económicos de acuerdo a prioridades.	Organizativa.	Entradas y salidas según partidas económicas.	Miembros de la Comunidad Educativa.
Memoria	Registrar la evaluación de actuaciones y la propuesta de otras nuevas.	Organizativa.	Informes evaluativos. Recomendaciones.	Miembros de la Comunidad Educativa.
Programación	Ordenar actuaciones educativas a nivel de aula.	Didáctico-organizativa.	Objetivos, contenidos, estrategias metodológicas, evaluación.	Profesorado, técnicos.

Cuadro 5: Relación entre planteamientos institucionales a corto plazo

- c) Los diferentes documentos vienen a explicitar la secuencia que comprende desde el tipo de persona que se quiere potenciar hasta el conjunto de experiencias que se organizan y normas que se establecen para conseguirlo (cuadro 6):

Modelo antropológico	Modelo pedagógico	Modelo Curricular	Modelo Normativo
La persona es libre.	La educación fomentará la capacidad crítica. La educación proporcionará conocimientos. La educación desarrollará los valores de respeto, autonomía y responsabilidad. ...	La metodología será activa y fomentará la construcción del conocimiento. La información se organiza por ciclos, cursos y materias. ...	Elementos de los programas. Horarios. ...
La persona es solidaria.	La educación favorecerá los procesos de colaboración. La educación atenderá la diversidad. La educación fomentará los procesos de integración. ...	Se utiliza el trabajo en equipo. La organización curricular buscará la atención individualizada. ...	Normativa de horarios. ...
La persona participa de la realidad social.	La educación cultivará los valores democráticos. Las instituciones educativas potenciarán el respeto a los compromisos individuales y colectivos. Se favorecerán los procesos de gestión participativa. ...	Los alumnos participan en la gestión de la clase. Existen delegados de padres y alumnos por curso. ...	Normas de clase. Elección y funciones de los delegados. Normas sobre salidas y actividades externas.
Ideario	Proyecto Educativo	Proyecto Curricular	Reglamento de Régimen Interior

Cuadro 6: Secuencia educativa y documentos de gestión

Las relaciones entre el modelo antropológico y el modelo pedagógico se evidencian cuando se analizan los supuestos que subyacen en cualquiera de los modelos de intervención propuestos y usados en educación. Asumir que la educación debe potenciar la capacidad crítica y proporcionar conocimientos sólo tiene sentido cuando se piensa en un modelo de persona libre. De la misma forma, considerar que la educación debe facilitar los procesos de colaboración sólo es válido si se busca la realización de personas solidarias.

Ahora bien, si algo caracteriza la educación es su intento de modificar la realidad. Adquiere en este sentido relevancia el interés por descender a la práctica y por concretar en actuaciones determinados principios pedagógicos. Llegamos así a delimitar experiencias que persiguen la realización de los valores y actitudes asumidos por el modelo pedagógico. La forma en que esas experiencias se organizan constituye el modelo curricular.

Por último, la realización tanto de principios educativos como de propuestas de intervención concreta exigen de un conjunto de normas. Así, las normas relativas a salidas y excursiones pueden facilitar tanto la asunción de un planteamiento institucional referido a mejorar las relaciones centro educativo-entorno como la realización de actividades de enseñanza-aprendizaje relacionadas con el medio. Igualmente, se hacen precisas normas que faciliten la elección de representantes, delimiten la composición de órganos o especifiquen las funciones que deben realizar cuando se busca potenciar la gestión participativa.

Los modelos normativos varían según los presupuestos de partida. La elaboración de normas a partir de modelos de comportamiento ideal nos proporciona un Reglamento de Régimen Interior válido para varias instituciones, mientras que la consideración de las normas necesarias para llevar a cabo actuaciones curriculares en cada contexto conlleva el establecimiento de Reglamentos de Régimen Interior específicos para cada institución.

Igualmente, cabe señalar cómo la concreción por escrito de los modelos antropológico, pedagógico y curricular a nivel de cada centro educativo da origen a documentos como el Ideario, Proyecto Educativo y Proyecto Curricular. Tan sólo habrá que considerar que en el caso de los centros públicos la Constitución actúa como Ideario y que el Proyecto Educativo queda definido por la interpretación que de los principios educativos hace la Administración y por las declaraciones que en el marco de la autonomía permitida realizan los centros educativos.

- d) La delimitación de los diferentes planteamientos debe considerar los marcos que definen el contexto de actuación. En este sentido, especifican y completan en lo contextual las exigencias que plantean el sistema socio-cultural (próximo y general), el sistema educativo y el sistema escolar.
- e) Los documentos señalados son los que habitualmente se usan más en los centros escolares; sin embargo, no son los únicos. Es fácil encontrar propuestas educativas de ciclo y de profesores, desarrollos curriculares específicos, planes de órganos determinados, etc., que suponen diferentes niveles de concreción y que tienen indudable repercusión en el funcionamiento del centro.

También puede ocurrir que existan en algunos centros documentos que unifiquen varios de los señalados. Sin que este planteamiento sea necesariamente erróneo, parece conveniente, a la vista de la experiencia organizativa acumulada, mantener la separación señalada (documentos específicos para contenidos específicos) cuando el tamaño del centro (centros con dos o más líneas) o su complejidad organizativa aumenten.

- f) Si bien la lógica formal aconseja partir de lo general a lo particular y, por tanto, de la delimitación del modelo antropológico al normativo, lo cierto es que no siempre es posible respetar la secuencia planteada.

De hecho, la realidad de los centros aconseja partir de situaciones inmediatas y cercanas a los protagonistas, como pueden ser la recopilación de acuerdos realizados por los centros o por sus órganos (Seminarios, Claustro...), el centrarse en la resolución de los problemas de la institución o el partir de las necesidades inmediatas del profesorado (realizar unidades didácticas, delimitar criterios de evaluación, definir el modelo de proyecto curricular...). En cualquier caso, al cabo de un tiempo, y cuando los diferentes documentos se vayan perfilando, cabrá hacer un análisis que permita ver la coherencia entre los diferentes planteamientos.

- g) La vinculación en el contenido entre los diferentes documentos debe existir, y, al respecto, puede ser un ejemplo de coherencia el presentado en el cuadro 7.

<p>Principio del Proyecto Educativo</p> <p>Objetivos</p> <p>Aspecto estructural</p>	<p>El proceso educativo debe considerar el medio en el que se desenvuelve, facilitando, en consecuencia, la mayor integración posible entre escuela-entorno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incorporar a los programas el conocimiento del medio social y natural circundante. • Fomentar las actividades de proyección externa de la escuela. • Facilitar la participación de personas de la localidad en el diseño curricular. • Impulsar la investigación social y natural del entorno. • Favorecer el diálogo y la voluntad colectiva de construir una realidad social más cercana a las personas. <ul style="list-style-type: none"> • Comisión delegada del Consejo Escolar para impulsar las relaciones escuela-entorno.
<p>Principios relativos al Proyecto Curricular</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuir los contenidos de Historia, Geografía (Física, Humana, Económica...) y de Ciencias Naturales a través de los diferentes niveles escolares. • Planificar actividades de desarrollo curricular en el medio. • Determinar objetivos y actividades instructivas susceptibles de ser desarrolladas por profesionales del entorno inmediato. • Realizar monografías sobre aspectos socioculturales de la localidad.
<p>Aspectos del Reglamento de Régimen Interior</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar operativamente las funciones y funcionamiento de la Comisión del Consejo Escolar que ha de potenciar las actuaciones relativas a la relación escuela-entorno. • Reglamentar salidas y excursiones. • Clarificar ámbitos y responsabilidades del personal no docente que intervenga en actividades docentes. • Definir el módulo horario y porcentaje presupuestario dedicado a las actividades relativas al conocimiento y explotación didáctica del entorno.

Cuadro 7: Ejemplo de coherencia y derivación de Planteamientos Institucionales (Gairín, 1991: 37-38).

-
- i) La participación del Claustro en la elaboración y realización del Proyecto de Centro, y especialmente en el Proyecto Curricular (véase el capítulo I de la primera parte de este libro), no sólo es una respuesta a exigencias normativas, sino que también supone el reconocimiento de su protagonismo en la dirección pedagógica de las instituciones. La asignación de funciones como la coordinación y fijación de criterios de evaluación y recuperación, la coordinación de las funciones de orientación y tutoría, la promoción de iniciativas en el ámbito de la investigación de las actividades docentes y complementarias son una clara expresión de esa realidad. Una clara respuesta supone, por otra parte, la adecuada articulación entre ese órgano colegiado y los niveles de coordinación intermedia como puedan ser los departamentos/seminarios, los equipos de ciclo, los gabinetes de orientación u otros.

Por último, la concreción de un Proyecto de Centro exige, igualmente, una mayor implicación del profesorado. Un modelo de escuela autónoma precisa de un profesorado capaz de diseñar y desarrollar colaborativamente el currículo, que se sienta miembro de la organización, que piense y actúe críticamente y que esté comprometido con el cambio de la realidad.

A las funciones tradicionales de transmisión y control que realiza el profesor se añaden otras relativas a la detección de necesidades, a la planificación curricular y a la dinamización pedagógica. Adquiere así sentido la actuación de un profesor enmarcado y definido bajo tres coordenadas:

1. Función motivadora y de transferencia.
2. Funciones organizativas:
 - a) Fundamentales: interpersonal, empática, liderazgo, comunicativa.
 - b) Instrumentales: diseñadora, programadora, metodológica y evaluadora.
 - c) Normativas: participativa, crítico-responsable, político-cultural, creadora.
 - d) Sistemáticas: comunitaria, sugeridora, integradora, universalista.
3. Función innovadora (López Herrerías, 1978:747).

Y todo ello da pie a un nuevo concepto de profesionalidad, definida principalmente por una amplia formación técnico-pedagógica, por la existencia de una actitud metódica de cambio y por la utilización de procedimientos que implican reflexión sobre la práctica y revisión continua de actuaciones.

El Proyecto Curricular de Centro. Características básicas

La potenciación de actitudes y valores educativos sólo es posible a través de la organización y realización de experiencias. Surge así el currículo como *"la teoría y práctica de la planificación, proceso y evaluación de experiencias de enseñanza-aprendizaje"* (Gairín, 1987b: 241) o como un intento de comunicar qué, cuándo y cómo enseñar y qué, cuándo y cómo evaluar.

Actividad 10

Complete el siguiente esquema relativo a un principio del Proyecto Educativo, de acuerdo al ejemplo desarrollado en el cuadro 7. Puede usar también como referente las opciones educativas básicas mencionadas en el Capítulo I de la Primera parte de este libro, cuando se refiere a las señas de identidad.

Proyecto Educativo	<p><i>El centro educativo potenciará actuaciones que favorezcan el desarrollo del espíritu científico.</i></p> <p>Objetivos:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
	<p>Estructura organizativa:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Consecuencias para la propuesta curricular y para el Reglamento de Régimen Interior

La elaboración curricular debería estar fundamentada en un conjunto de referencias derivadas de determinadas convicciones antropológicas, psicológicas, sociológicas y pedagógicas. Éstas, asumidas e interpretadas por la Administración Educativa, dan origen a diseños curriculares que alcanzan mayor o menor nivel de concreción y que posibilitan una mayor o menor intervención de los diferentes agentes educativos.

La política educativa actual, y más concretamente la política curricular, ha optado por la elección y organización de una propuesta curricular que contempla la participación en su concreción de diferentes protagonistas, la consideración de un nuevo diseño, una modificación de los contenidos a trabajar y una especial atención a la diversidad.

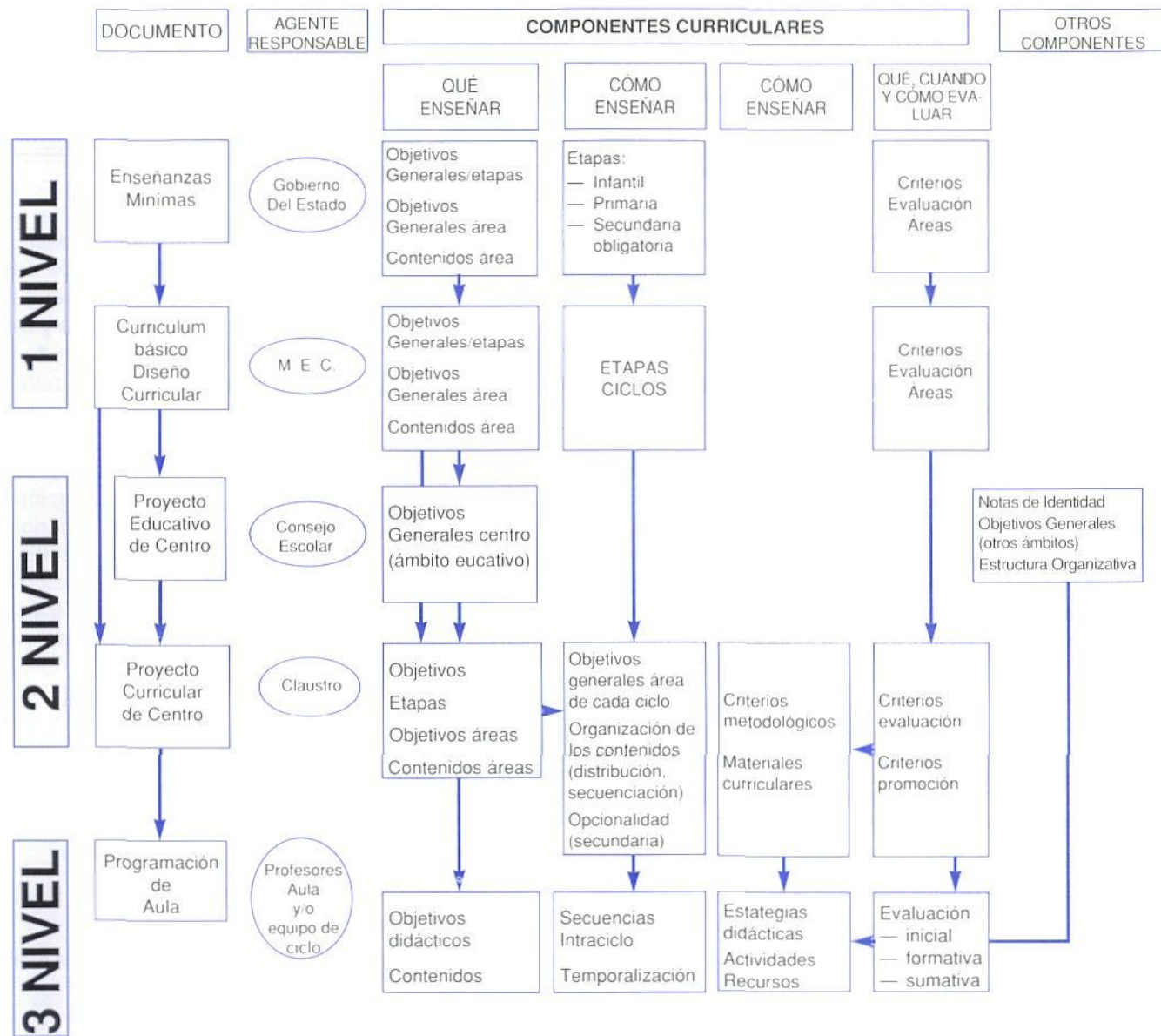
La estructuración del **currículo por niveles** es coherente con la consideración de un currículo abierto y el respeto a la autonomía institucional. Currículos abiertos posibilitan la adaptación educativa a diferentes contextos, realidades y necesidades, a la vez que facilitan una mayor implicación del profesor en la planificación y desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El primer nivel de la configuración curricular (cuadro 8) corresponde a la Administración Educativa, quien a partir de las enseñanzas mínimas establece el **Currículo Básico**. Como instrumento pedagógico que aspira a ser un marco común, queda formulado con un alto grado de apertura y flexibilidad con el fin de posibilitar una amplia gama de adaptaciones y concreciones. Su contenido abarca:

- Objetivos generales de etapa, entendidos como objetivos terminales.
- Definición de las áreas en las que van a organizarse los distintos ámbitos del conocimiento.
- Objetivos generales de las áreas.
- Grandes bloques de contenidos.
- Criterios de evaluación.

El **Proyecto Curricular de Centro** surge de la organización que cada centro educativo realiza en función de la propuesta prescriptiva establecida. Representa el conjunto de decisiones articuladas destinadas a concretar el *Currículo Básico* en proyectos de intervención adecuados a un contexto específico. Su realización corresponde a los equipos de profesores y en su contenido se contemplan, entre otros elementos:

- Delimitación de objetivos por ciclos y materias/áreas.
- Selección, secuenciación de contenidos.
- Espacios de opcionalidad en Educación Secundaria Obligatoria.



Cuadro 8: Niveles de planificación curricular.

7 Adaptación del esquema difundido por la revista *Aula*.

-
- Estrategias metodológicas, que abarcan los principios metodológicos, el agrupamiento de alumnos, la organización de espacios y tiempos y la selección de materiales a aplicar.
 - Estrategias y procedimientos de evaluación, incluyendo los criterios de promoción.
 - Medidas de atención de la diversidad, particularmente programas de orientación y organización de recursos materiales y personales para alumnos con necesidades educativas especiales⁸.

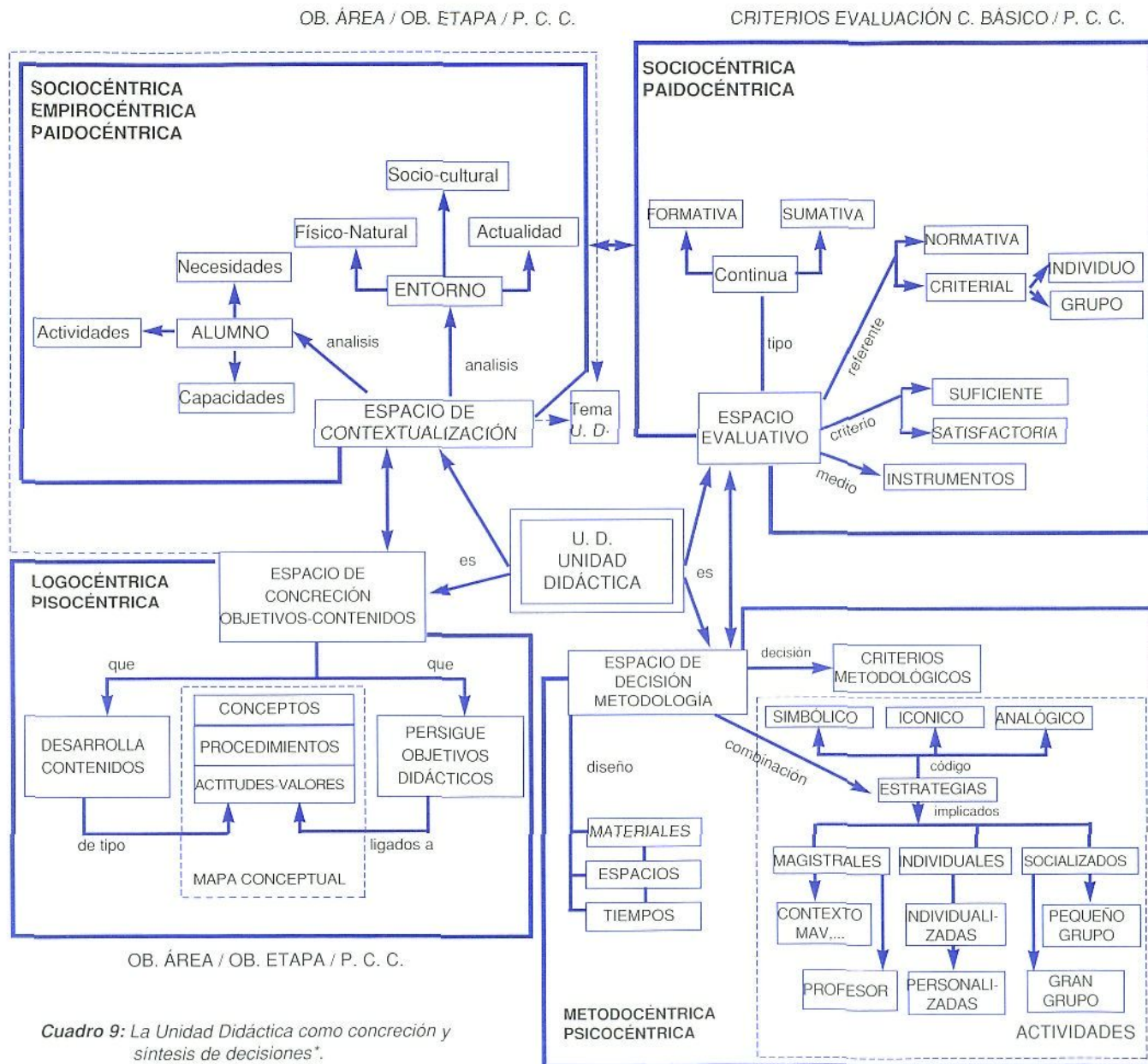
Por último, la **programación de aula** (tercer nivel) queda integrada por un conjunto de unidades didácticas ordenadas y secuenciadas de acuerdo con los criterios de los profesores y las necesidades concretas de cada grupo de alumnos. Cada unidad didáctica, como unidad de trabajo relativa a un proceso de enseñanza-aprendizaje articulado y completo, parte de la delimitación de objetivos didácticos, que frente a los objetivos de etapa y área tienen un carácter más concreto y definido. Contiene además, y con mayor o menor detalle, la concreción de los contenidos propios de la unidad, las actividades a realizar, así como aquellos aspectos metodológicos y para la evaluación que se consideran relevantes.

Aparece así la Unidad Didáctica como un espacio de concreción y síntesis de decisiones sobre los contenidos y objetivos a desarrollar, las estrategias metodológicas a emplear y la evaluación a aplicar, en relación al contexto del entorno/centro y a las características del alumno (cuadro 9). Partiendo de referentes superiores (Currículo Básico y Proyecto Curricular) se concretan aspectos como las estrategias metodológicas, a partir de decisiones sobre la metodología a usar, el diseño/selección de materiales, espacios y tiempos y la selección de actividades (procurando una adecuada combinación/variedad del código utilizado y de las personas implicadas). Asimismo, la evaluación exige la adopción de decisiones sobre el tipo, referente, criterio y medio que se va a utilizar.

8 Un desarrollo exhaustivo de los presentes apartados puede verse en la Primera parte de este libro. Los Decretos 1334 y 1335, de 6 de septiembre de 1991, establecen orientaciones para la elaboración de proyectos curriculares en Educación Primaria y en Educación Secundaria Obligatoria. De acuerdo con ellos el Proyecto Curricular incluirá:

- a) Distribución por ciclos de los objetivos educativos, contenidos curriculares y criterios de evaluación para cada una de las áreas.
- b) Criterios metodológicos de carácter didáctico con el desarrollo de dichos contenidos y con el proceso de evaluación.
- c) Orientaciones generales sobre la presencia, en las distintas áreas, de la educación moral y cívica.
- d) Orientaciones generales para la incorporación a las distintas áreas de la educación para la paz, la igualdad entre los sexos, el respeto al medio ambiente, la educación sexual, la educación para la salud, la educación para la salud, la educación del consumidor y la educación vial.
- e) Principios básicos sobre el modo de desarrollo de programas educativos específicos en el centro.
- f) Determinación de las materias optativas que se ofrecen en el centro y de sus líneas curriculares básicas (sólo para Educación Secundaria Obligatoria).

Además, el Proyecto Curricular incluirá las líneas principales de la orientación educativa y los criterios que han de guiar las adaptaciones curriculares para los alumnos con necesidades educativas especiales.



Cuadro 9: La Unidad Didáctica como concreción y síntesis de decisiones*.

* Adaptación de Pont, 1992.

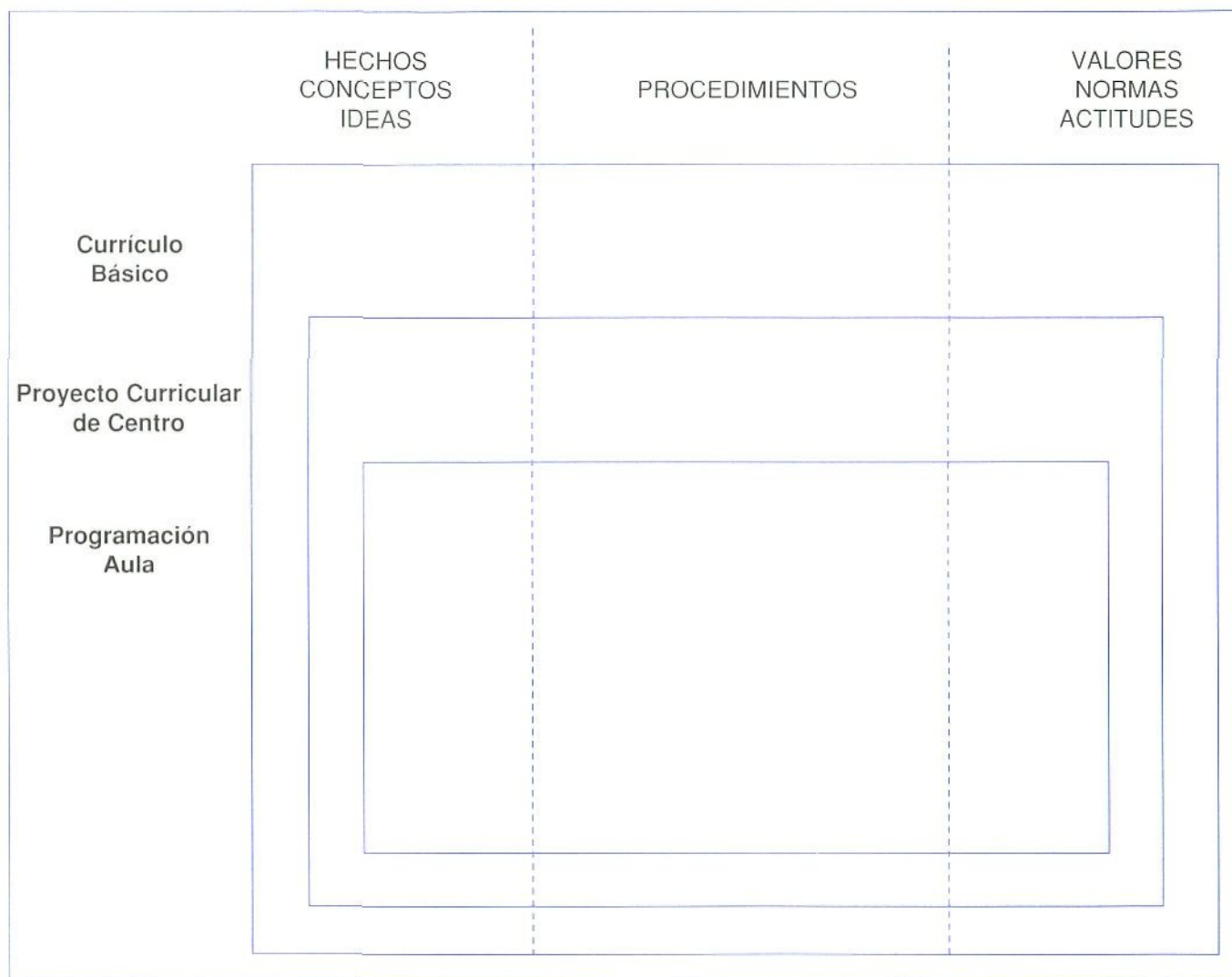
La aplicación de la Unidad Didáctica en el aula abre paso a la segunda fase de la intervención educativa, en la que la recogida de información y el análisis de cómo se ha desarrollado permiten modificar la Unidad y, en último extremo, revisar el Proyecto Curricular. Resulta previsible considerar así cómo la reflexión sobre la práctica permitirá un proceso sucesivo de ajustes y de aproximaciones que facilite a través de sucesivas reformulaciones lograr una propuesta coherente y ajustada a las necesidades de cada centro educativo.

La nueva propuesta educativa incorpora, además, un nuevo diseño curricular. Éste supone en la práctica la consideración de objetivos didácticos en referencia a las capacidades que se han de desarrollar, en lugar de los objetivos (generales, específicos y operativos) centrados más en términos de conductas terminales. Los contenidos se refieren, por otra parte, tanto a lo conceptual como a lo actitudinal y procedimental. El considerar los procedimientos (estrategias mediante las cuales se puede acceder a integrar la información) como contenidos supone, en último término, la reivindicación de las técnicas de trabajo y el reconocimiento de que tanto procedimientos como valores/actitudes son elementos susceptibles de desarrollarse mediante acciones sistemáticas de intervención.

Un ejemplo parcial que permite apreciar la coherencia que debe presidir la selección que se establece de valores, procedimientos y conceptos puede verse en los cuadros 10 y 11.

Hechos, conceptos y sistemas conceptuales	Procedimientos	Actitudes: valores, hábitos
<p>Núcleos temáticos</p> <p>1. <i>Geología</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Las pizarras de la era primaria. Testimonios actuales. — El batólito de granito. Formación. — La erosión del granito. Arenisca. Sedimentos en ríos y playas. <p>2. <i>Relieve</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — Principales sierras y llanos de la región. — La sierra. — Montañas, picos, llanos y marismas. <p>3. <i>Hidrografía</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — El agua. Su importancia. — Las aguas de superficie: torrente y rieras. — El nivel freático. El agua de mar. — Las aguas subterráneas y su extracción: pozos, fuentes y minas. <p>4. <i>Climatología</i></p> <ul style="list-style-type: none"> — La temperatura. — La pluviosidad. — La humedad relativa y absoluta. — Los vientos. 	<ul style="list-style-type: none"> — Elaboración del mapa geológico de la comarca. — Confección de una maqueta de relieve. — Elaboración de gráficas de temperatura. — Elaboración del mapa hidrográfico de las rieras de la comarca. — Elaboración de esquemas. — Elaboración de definiciones de temas científicos. — Recogida bibliográfica. Consulta y cita. 	<ul style="list-style-type: none"> — Aprecio y respeto hacia el medio natural. — Conciencia del riesgo que supone una mala utilización de la Naturaleza. — Presentación correcta de los trabajos.

Cuadro 10: Un ejemplo parcial de planificación en el área de Ciencias (Cuadernos de Pedagogía, 139)



Cuadro 11: Nueva estructura del Diseño Curricular en el ámbito de los objetivos/contenidos.

La modificación de los contenidos es también otra característica de la propuesta curricular que se refleja en la mayor importancia que se da al medio natural, social y cultural, la potenciación de la educación física y musical, la incorporación temprana (tercer curso de Educación Primaria) de las lenguas extranjeras y la aparición de áreas como la Tecnología y la Educación Plástica (cuadro 12).

Educación Infantil	Educación Primaria	Educación Secundaria Obligatoria
<ul style="list-style-type: none"> • Identidad y autonomía personal. • Medio físico y social. • Comunicación y representación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento del medio natural, social y cultural. • Educación Artística. • Educación Física. • Lengua Castellana y Literatura. • Matemáticas. • Lenguas extranjeras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciencias de la Naturaleza. • Ciencias Sociales, Geografía e Historia. • Educación Física. • Educación Plástica y Visual. • Lengua Castellana y Literatura. • Lenguas Extranjeras. • Matemáticas. • Música. • Tecnología.

Cuadro 12: Áreas curriculares establecidas*.

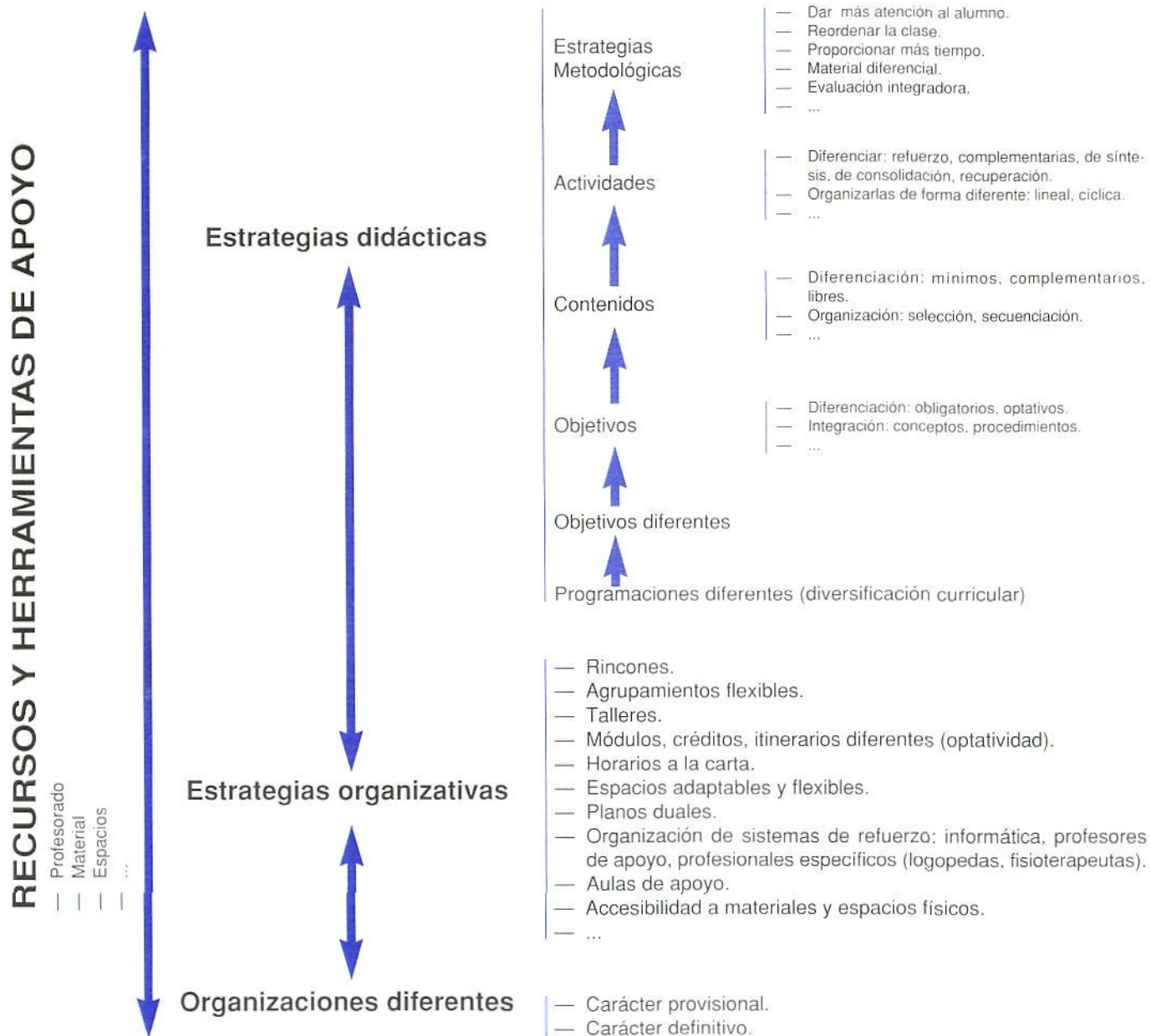
Por último, el Proyecto Curricular de Centro debe reflejar el conjunto de decisiones tomadas en relación a la *diversidad de alumnos*. Las posibilidades de intervenir son varias: quedan apuntadas en el cuadro 13 y se desarrollan en el capítulo VIII de la primera parte*.

Cuando el nivel de diversidad entre los alumnos sea bajo, bastará con introducir en las Unidades Didácticas modificaciones metodológicas: más atención personal al alumno, proporcionar más tiempo, estructurar de manera diferente los materiales, etc. Si ello no fuera suficiente cabría pensar progresivamente en la diferenciación de actividades (básicas, de desarrollo y de refuerzo), de contenidos e incluso de objetivos (obligatorios, optativos y libres). Un mayor grado de diversidad obligaría a establecer objetivos distintos y, por tanto, programaciones diferenciadas.

Complementariamente a las soluciones didácticas pueden establecerse las de carácter organizativo: profesorado de apoyo, rincones, talleres, agrupamientos flexibles, módulos flexibles y otros, especialmente la optatividad y diversificación curricular en Secundaria Obligatoria, que permiten pasar del marco restrictivo de la clase a ámbitos más generales (nivel, ciclo, etapa) y hacer realidad la flexibilidad del currículo. No obstante, si la diversidad presentada fuera muy alta, se justifica en algún caso la necesidad de acudir a centros especializados con carácter provisional o permanente.

Pero además, si bien el conjunto del proyecto tiene por objeto la planificación de un proceso de enseñanza-aprendizaje lo más individualizado posible, la atención a la diversidad debe considerar el contenido del programa de orientación que vaya a llevarse a cabo en el centro, así como la organización de los recursos materiales y personales que se realizan en relación a la atención de los alumnos con necesidades educativas especiales. Puede verse al respecto el apartado "Medidas de atención a la diversidad" (pág. 63) de la Primera Parte de este libro, y el documento "Orientación y Tutoría" de los Materiales para la Reforma (M. E. C., 1992).

* En Educación Primaria y Secundaria Obligatoria hay que añadir las enseñanzas de Religión Católica (voluntaria para los alumnos) y las actividades de estudio para los alumnos que no cursen esta área y la Lengua Catalana y Literatura en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares.



Cuadro 13: Algunas posibles intervenciones en la atención a la diversidad

El Proyecto Curricular de Centro en el marco de los planteamientos institucionales

El Proyecto Curricular de Centro, como vertebración del Currículo Básico y como garantía de progresión y coordinación de las actuaciones de intervención que a lo largo de la escolaridad se realicen, mantiene una estructura propia; no obstante, queda relacionado con los planteamientos institucionales en función del esquema presentado en las figuras 5 y 6 y en el cuadro 8. Algunos aspectos que evidencia su naturaleza y relaciones son los siguientes:

- a) El Proyecto Curricular es subsidiario del Currículo Básico y del Proyecto Educativo. Del primero por cuanto define y acota, a través de prescripciones, sugerencias y orientaciones, los objetivos y contenidos generales del proceso de intervención en enseñanza-aprendizaje; del segundo, en cuanto prioriza intencionalidades educativas de acuerdo al contexto de intervención.
- b) La coordinación de las actuaciones de enseñanza-aprendizaje que busca el Proyecto Curricular sólo será posible si los profesores trabajan en colaboración. Para ello resulta esencial potenciar el funcionamiento de la Comisión Curricular, de los Departamentos Didácticos y de los Equipos Educativos; concorde, por otra parte, con el reconocimiento de los centros educativos como instituciones con identidad formativa y de los profesores como generadores/constructores del currículo.

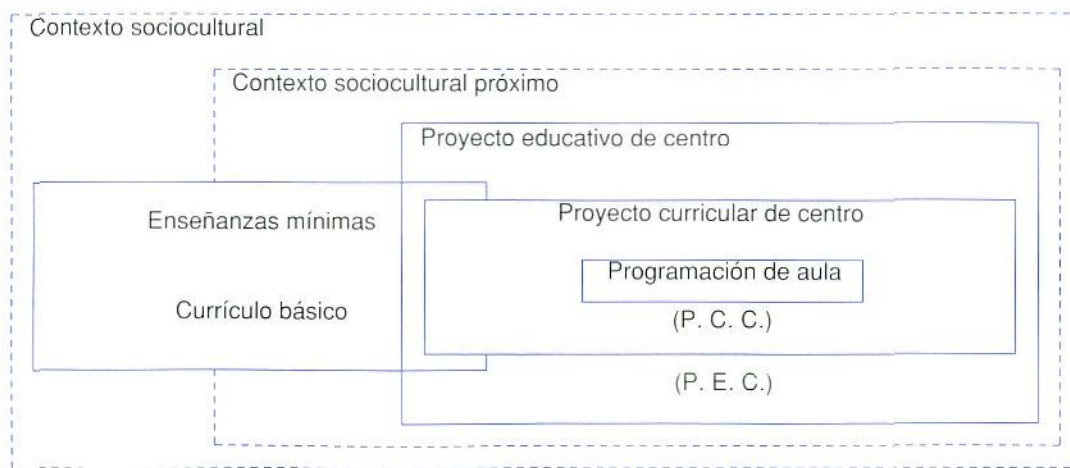


Figura 6. Concreciones y relaciones en la propuesta curricular

- c) La configuración y el desarrollo del Proyecto Curricular deben realizarse de acuerdo con los nuevos planteamientos psicopedagógicos, que suponen:
 - Una revitalización de la importancia de los valores/actitudes y una superación de la polémica entre la primacía del contenido o del método.
 - La consideración de la necesidad de generar aprendizajes funcionales y significativos.

- Una especial atención a la configuración de proyectos integrados, que superen el atomismo y la desco- nexión que a veces se da en enseñanzas que parten de materias separadas.
 - La consideración de ejes o contenidos transversales que por sus características no parece apropiado el incluirlos como áreas aisladas o como bloques de contenido propios de un área. Nos referimos a temáti- cas como: consumo, prensa, igualdad de oportunidades...
- d) La coordinación que ha de suponer el Proyecto Curricular supera las dimensiones formales exigidas por la Administración y, más allá de distribuir objetivos y contenidos, debe presentar criterios metodológicos. El equilibrio de éstos entre la libertad de cátedra y el derecho de los alumnos a una enseñanza coordinada pueden lograrse a partir de criterios generales que supongan compromisos explícitos en relación a la inter- vención pedagógica. Un ejemplo al respecto puede ser el recogido en el cuadro 14.
- Como puede apreciarse en el cuadro mencionado, las tres primeras proposiciones se refieren tanto al “*saber*” (conocimiento, comprensión), como al “*saber hacer*” (capacidad de producir ciertos actos, de mani- festar ciertas destrezas y al “*saber ser*” (actitudes, voluntad y deseo de hacer, etc.); la cuarta añade un com- promiso para introducir a los alumnos en la tecnología.

Las Ciencias se incluyen en el *currículo de Hollybush* porque queremos que nuestros niños:

- Comiencen a comprender la forma de comportarse las cosas en el mundo en torno suyo, mediante su propia investigación y la observación de las mismas.
- Desarrollen técnicas de investigación y de tratamiento de la información útiles tanto para otras áreas como para las Ciencias.
- Se conviertan en personas cuidadosas que respeten los seres vivos y las cosas inertes de su ambien- te y que no sientan deseos de alterar los recursos naturales.
- Sean capaces de fabricar instrumentos sencillos para realizar un determinado trabajo y comiencen a comprender la técnica.

Las Ciencias están organizadas de forma que los niños tengan:

- Gran cantidad de exploraciones prácticas de primera mano de los seres vivos y de materiales inertes.
- Excursiones y visitas que les proporcionan la oportunidad de explorar cosas fuera de la clase y ampli- en la variedad y el ámbito de su experiencia.
- Tiempo para comentar su trabajo con el profesor.
- Oportunidad de cooperar en grupos.
- Estimulo para construir cosas, tanto en casa como en la escuela.
- Experiencia de diferentes modos de registrar e informar sobre su trabajo.
- Experiencia del éxito en sus actividades, siendo consciente de que ciertos aspectos de las mismas pueden ser mejorados.

Cuadro 14: Ejemplo de criterios generales del P. C. C. en el área de Ciencias

-
- e) Por último, el verdadero reto del cambio educativo no está tanto en la generación de propuestas curriculares (aunque su existencia puede ser un elemento facilitador) como en su cumplimiento. Al respecto, habría que recordar las diferencias que a veces se han señalado entre el currículo prescrito, el currículo realizado por los profesores y el currículo aprendido y el utilizado, o las existentes entre los currículos explícito, implícito y ausente.

Actividad 11

Siguiendo las pautas de la escuela de Hollybrush (cuadro 14), definir en grupo algunos principios que un Proyecto Curricular de Ciencias de la Naturaleza podría adoptar en nuestro país.

3

La realización del Proyecto curricular

El análisis del Proyecto Curricular de Centro en su realización práctica puede hacerse desde perspectivas muy variadas. Por nuestra parte, diferenciaremos entre las dimensiones estática, dinámica y operativa. Por la primera entenderemos al documento explícito que recoge las intenciones y plan de acción relativo a la organización del conjunto de experiencias educativas que se quieren realizar. Por la segunda, al proceso que permita que ese proyecto se elabore y desarrolle y, por la tercera, a los aspectos que sin quedar directamente vinculados a su realización facilitan su concreción y realidad.

La dimensión estática del Proyecto Curricular de Centro

“El Proyecto Curricular de Centro es un conjunto de decisiones articuladas que permiten concretar el Diseño Curricular Base y las propuestas de las Comunidades Autónomas con competencias educativas en proyectos de intervención didáctica, adecuadas a un contexto específico. Esta concreción la hacen los equipos docentes, ya que sólo ellos poseen suficiente información para poder interpretar el Diseño Curricular Base y las correspondientes directrices autonómicas, desarrollándolo de forma adecuada a su situación.

[...]

La función básica de los Proyectos Curriculares de Centro es garantizar la adecuada progresión y coherencia en la enseñanza de los contenidos educativos a lo largo de la escolaridad. Para ello es necesaria la definición de unos criterios básicos y comunes que orienten la secuenciación de los contenidos, de acuerdo con las características específicas de los alumnos. Igualmente es importante que los criterios de agrupación y tratamiento de contenidos, de organización del espacio y del tiempo, de selección de materiales de enseñanza y de criterios de evaluación tengan una

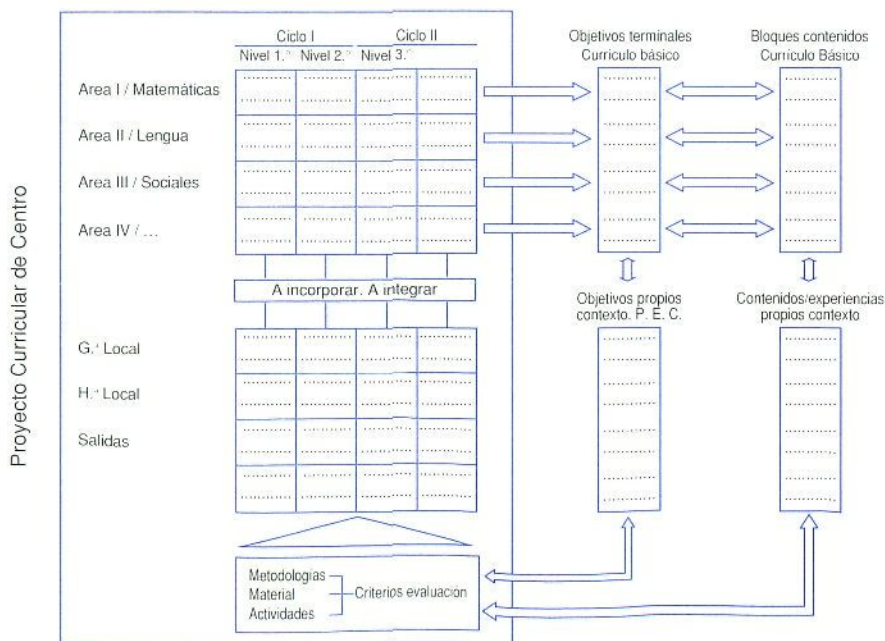
coherencia en el conjunto del centro, que favorezca al máximo los procesos de aprendizaje de los alumnos" (M. E. C., 1989: 52-53).

* Para ampliar la información, puede consultarse la Resolución de 5 de marzo de 1992 (B. O. E. 25 de marzo de 1992).

La vinculación del Proyecto Curricular con el Currículo Básico le hace subsidiario de su estructura, reflejándola, aunque de manera más específica. Como ya se ha señalado, la realización de un Proyecto Curricular supone realizar opciones básicas referidas a la contextualización de los objetivos, a la selección y organización de los contenidos y a la delimitación de las estrategias metodológicas y de evaluación.

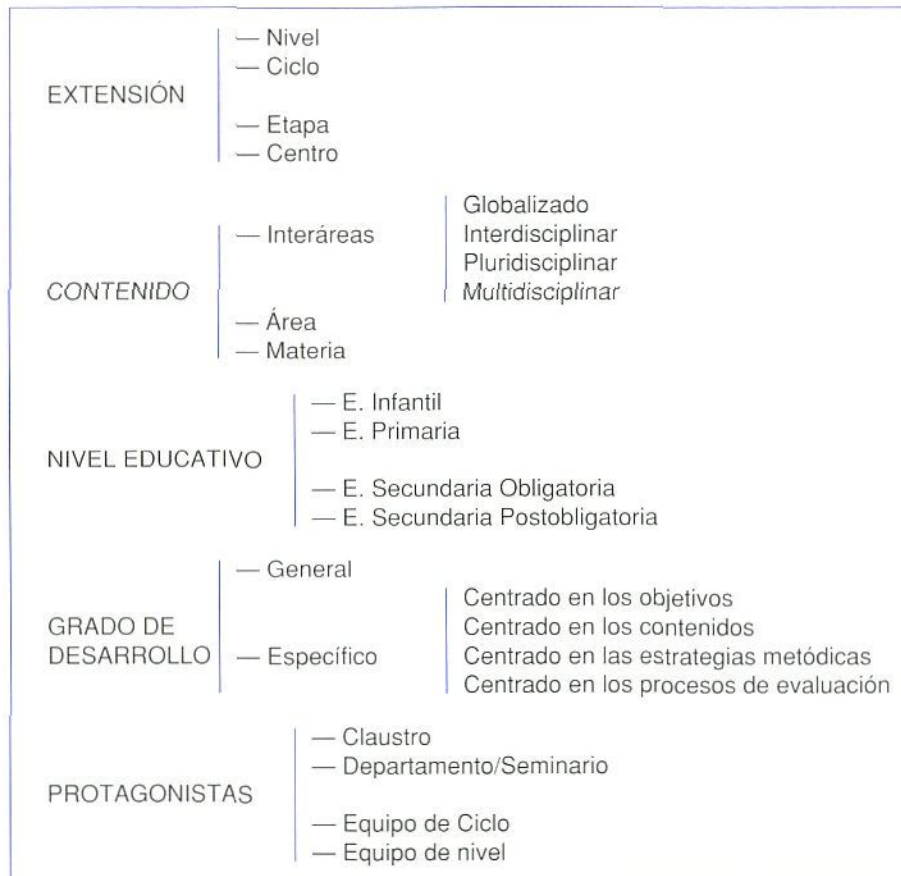
Pero, además, en el caso de la Educación Secundaria Obligatoria, el Proyecto Curricular debe especificar todas las decisiones relativas al espacio de opcionalidad. Partiendo de los márgenes establecidos por la normativa general y la propia de las Comunidades Autónomas, los centros deciden las opciones que consideran más adecuadas para su centro de entre las ofrecidas y las otras que van a incorporar por decisión propia.

Más específicamente, el cuadro 15 puede darnos una idea del producto final, teniendo en cuenta que debería completarse de acuerdo con las exigencias de cada situación concreta. Como allí puede apreciarse, el Proyecto Curricular, además de estructurar la enseñanza para cumplir el currículo básico, debe incorporar objetivos y contenidos que se derivan del Proyecto Educativo o de las necesidades que plantea la realidad en la que se interviene. Por otra parte, la distribución de objetivos y contenidos debe completarse con criterios metodológicos, de evaluación y relacionados con el material y la atención a la diversidad, y nada impide que pueda llegar a establecer modelos de actividades que faciliten la posterior actuación de los profesores.



Cuadro 15: Esquema general de Proyecto Curricular de Centro

Partiendo del supuesto terminal anterior, se pueden delimitar diferentes niveles de estructuración del Proyecto Curricular según sea la variable considerada (cuadro 16). No obstante, cabría reservar el apelativo de Proyecto Curricular para cuando nos referimos a una opción asumida como propia por el centro educativo y que abarca un gran número de unidades organizativas.



Cuadro 16: Tipología de Proyectos Curriculares

Así, la elaboración del Proyecto Curricular puede partir del desarrollo de propuestas más sencillas centradas en un aspecto parcial del diseño curricular, en un determinado contenido o en un nivel definido. Al respecto pueden referirse como ejemplo algunos proyectos curriculares parciales:

- Desarrollo de propuestas interdisciplinares o de estrategias globalizadas.
- Introducción de temas transversales en el currículo existente.

- Elaboración de Unidades Didácticas o de otros materiales curriculares.
- Elaboración de proyectos relacionados con las prácticas en alternancia o con la transición la vida laboral activa.
- Integración de las tecnologías de la información y comunicación en el currículo.
- Secuenciación de contenidos de una etapa/área determinada.
- Establecimiento de fichas de trabajo para la actividad individualizada en el aula.
- ...

Para el supuesto de un Proyecto Curricular completo, las modalidades de organización y presentación del Proyecto Curricular son diversas, pudiendo adoptar estructuras similares a las presentadas por el Currículo Básico: mapas conceptuales de clasificación y relación de los diferentes elementos del diseño curricular u otras. Una propuesta válida puede ser la presentada en el capítulo 3 de la Primera Parte "El proceso de elaboración del Proyecto Curricular" y sintetizado en gran medida en el cuadro 17.

¿Qué se ha de enseñar?

1. Objetivos generales del centro y de las etapas.
Contextualización de los objetivos generales de etapa del Decreto de Currículo a la realidad educativa del centro.
2. Objetivos generales y contenidos de las áreas.
Contextualización y adecuación de los objetivos generales y contenidos de las áreas del Decreto de Currículo a la realidad educativa del centro.

¿Cuándo se ha de enseñar?

3. Objetivos generales de área por ciclo.
Contextualización y adecuación por ciclos de los objetivos generales de área (Decreto de Currículo).
4. Secuenciación de los contenidos.
Secuenciación de los contenidos de cada área, con previsiones generales sobre su organización y temporalización.

¿Cómo se ha de enseñar?

5. Opciones metodológicas.
Criterios y opciones básicas concretas de metodología didáctica para el tratamiento de todos o parte de los contenidos de cada área en los ciclos.
6. Materiales curriculares y recursos didácticos.
Criterios para la selección de materiales curriculares y otros recursos didácticos básicos que se han de utilizar en las diferentes áreas de cada ciclo.

¿Qué se ha de evaluar, cuánto y cómo?

7. Pautas de evaluación.
Procedimientos de evaluación en las diferentes áreas del ciclo.
8. Criterio de promoción interciclos.
Criterios y procedimientos a utilizar para la promoción interciclos.

Cuadro 17: Componentes del Proyecto Curricular de Centro (Adaptado de Del Carmen, Zabala, 1991).

Una mayor delimitación del contenido del Proyecto Curricular exige prestar atención tanto a la naturaleza de sus componentes (cuadro 17) como a las exigencias del proceso educativo y a las especificidades del entorno. Desde esta perspectiva, la concreción del proceso de contextualización de los objetivos puede adoptar diversas formas: priorización de unos sobre otros, agrupación por ámbitos, una mayor operativización y explicitación de las capacidades, un mayor desarrollo a partir de su definición operativa o la incorporación de nuevas propuestas. Asimismo, la secuenciación de contenidos puede dar prioridad a la lógica de la materia (logocentrismo), a la psicología del niño (psicocentrismo) o a la experiencia (empirocentrismo) y participar de modelos en ordenación de carácter concéntrico, cíclico vertical o cíclico horizontal⁸.

La participación del profesorado en la construcción del currículo ha de servir para facilitar su contextualización. En este sentido, resulta imprescindible el Proyecto Educativo de Centro y, más concretamente, el conjunto de objetivos, contenidos e indicadores metodológicos y de evaluación que derivan de los planteamientos que se asumen (cuadros 11 y 14, ya referenciados).

Igualmente, la elaboración del Proyecto Curricular ha de permitir la superación de propuestas curriculares excesivamente sobrecargadas de "contenidos", centradas en un alto academicismo y desconectadas de las necesidades que plantea la realidad. Asimismo, deberá buscar el equilibrio entre la comprensividad (extensión de las ganancias educativas al mayor número de alumnos) y el tratamiento de la diversidad y considerar la función orientadora que debe estar implícita en cualquier actividad educativa.

Actividad 12

Delimitar un esquema básico de Proyecto Curricular válido para un centro determinado y desarrollar a partir de él un esquema aplicado del Proyecto Curricular de un área determinada.

La dimensión dinámica del Proyecto Curricular

La realización del Proyecto Curricular exige la respuesta a dos preguntas básicas: quién lo ha de hacer y cómo se ha de hacer.

a) *Los protagonistas y su organización*

La aprobación y control del Proyecto Curricular corresponde al Claustro de Profesores, si bien los equipos de profesores son las células naturales para su elaboración y ejecución. Sin querer delimitar previamente el sistema que finalmente adopten cada uno de los centros, la figura 7 recoge una propuesta de actuación.

⁸ La consideración del Proyecto Curricular como parte del Proyecto de Centro exige que en la delimitación de sus componentes se usen como referentes el Currículo Básico (Decretos de Mínimos incluidos) y las asunciones realizadas en el Proyecto Educativo.

⁹ Véase al respecto de estos apartados el capítulo segundo de la primera parte.

La elaboración de criterios por parte del Claustro o de la Comisión Curricular arbitrada a nivel de centro para coordinar la elaboración del Proyecto Curricular, respecto a aspectos como: esquema de trabajo, temporalización, conformación de grupos u otros, parece una primera necesidad para el inicio del trabajo de los grupos de profesores. Éstos elaborarán y discutirán sus propuestas, que necesariamente habrán de ser analizadas por el resto de los profesores antes de constituir el documento provisional. El análisis global de esta propuesta permitirá su aprobación por el Claustro y su posterior información al Consejo Escolar y traslado a las autoridades administrativas.

Así pues, la elaboración del Proyecto Curricular corresponde a los diferentes equipos docentes de etapa coordinados por la Comisión de Coordinación Pedagógica (Comisión Curricular) y la aprobación al Claustro de Profesores. Como es lógico en nuestra estructura de centros educativos, el Consejo Escolar deberá ser informado y corresponderá a la inspección de supervisión de los productos elaborados y aplicados. La Circular 2/1992, de la Dirección General de Coordinación y Alta Inspección, desarrolla instrucciones a los directores provinciales en relación a la organización del control y apoyo que el sistema educativo ofrece a los centros en el compromiso que tienen respecto a la elaboración del Proyecto Curricular.

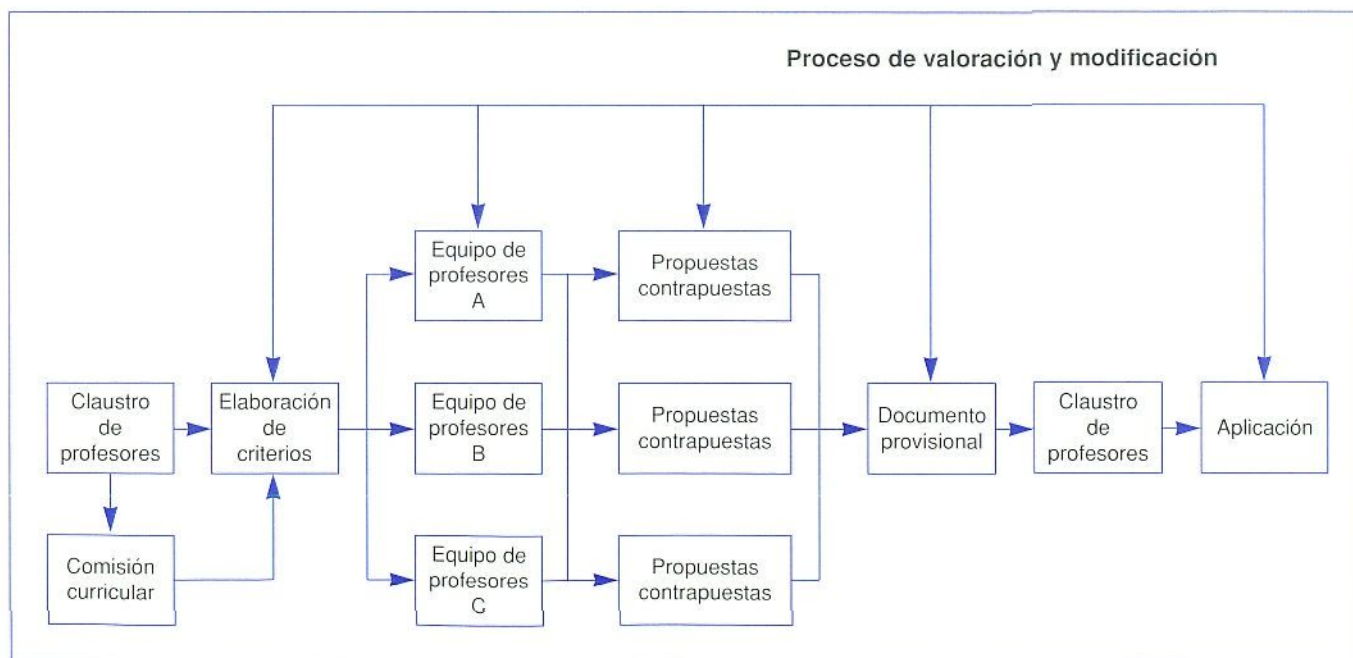


Figura 7: Diagrama del proceso de elaboración del Proyecto Curricular

El conjunto de actuaciones que afectan a la elaboración, seguimiento y evaluación de las propuestas curriculares de centro no puede ser posible sin los equipos de profesores y más concretamente del funcionamiento de estructuras como Departamentos/Seminarios o Equipos educativos.

La preocupación del profesorado por mejorar la práctica es un hecho histórico constatado. Por eso es frecuente la formación de grupos de trabajo y de discusión sobre temas propios de las funciones de los profesores. Cuando la reflexión se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje y trata la problemática de la transmisión de los contenidos culturales (Lenguaje, Matemáticas, Ciencias Sociales, etc.) hablamos de los **departamentos didácticos**. Si el objetivo afecta al ámbito formativo hablamos de **equipos educativos**. Y de **departamento de orientación**, si la finalidad es la coordinación de un programa de orientación.

Los equipos de ciclo pueden considerarse como una estructura intermedia y no especializada que interviene tanto en el área instructiva como en la formativa. En el primer caso actúa como departamento didáctico, y en el segundo, como equipo educativo. El hecho de actuar en estos dos ámbitos les quita eficacia, no elimina la necesidad de la coordinación intraciclos y puede potenciar la pérdida de unidad de actuación en el centro por la excesiva autonomía de sus órganos intermedios. Por ello es lógico que su evolución natural sea la de constituirse como equipos educativos al aparecer los departamentos didácticos.

Departamentos didácticos y equipos educativos son elementos complementarios. Los departamentos permiten una coordinación vertical de las actuaciones del profesorado y los equipos educativos garantizan la unidad de acción delante del alumno y la adecuación de las intervenciones a sus posibilidades. Las relaciones entre estas estructuras son esquematizadas en la figura 8:

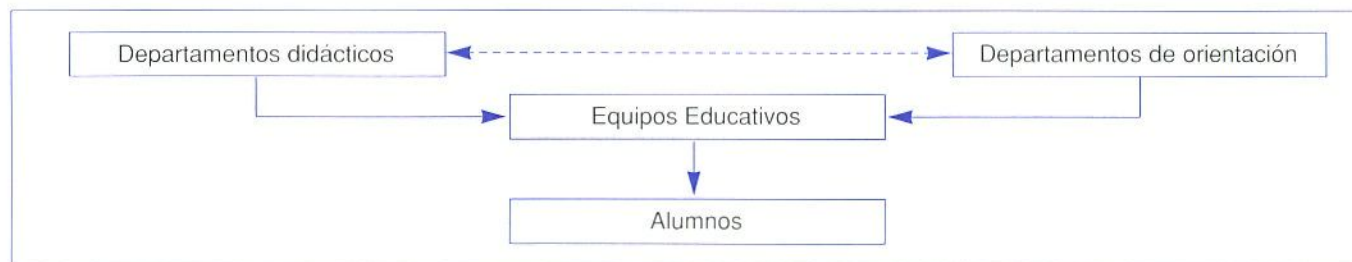


Figura 8: Relación entre departamentos y equipos educativos (Gairin, 1986b).

Departamentos y equipos educativos como estructuras organizativas facilitan la coordinación de actuaciones, el intercambio de experiencias y la incorporación a las instituciones del patrimonio de habilidades y conocimientos que poseen los profesores. Sin embargo, para que puedan ser consideradas como órganos de innovación precisan incidir en los tres ámbitos de actuación que les son propios (figura 9).

La atención sobre el objeto de estudio (proceso de enseñanza-aprendizaje o formación) permite mejorar la coherencia interna de los contenidos a transmitir. La atención al profesorado parte del supuesto de que toda mejora del proceso educativo no se consigue sólo con una buena planificación: precisa, además, de un buen desarrollo. Fomentar el intercambio de experiencias entre los profesores, hacer que asistan a jornadas y congresos, llevar a cabo seminarios de formación internos y externos, etc., ha de contribuir, sin duda, al perfeccionamiento del profesorado.

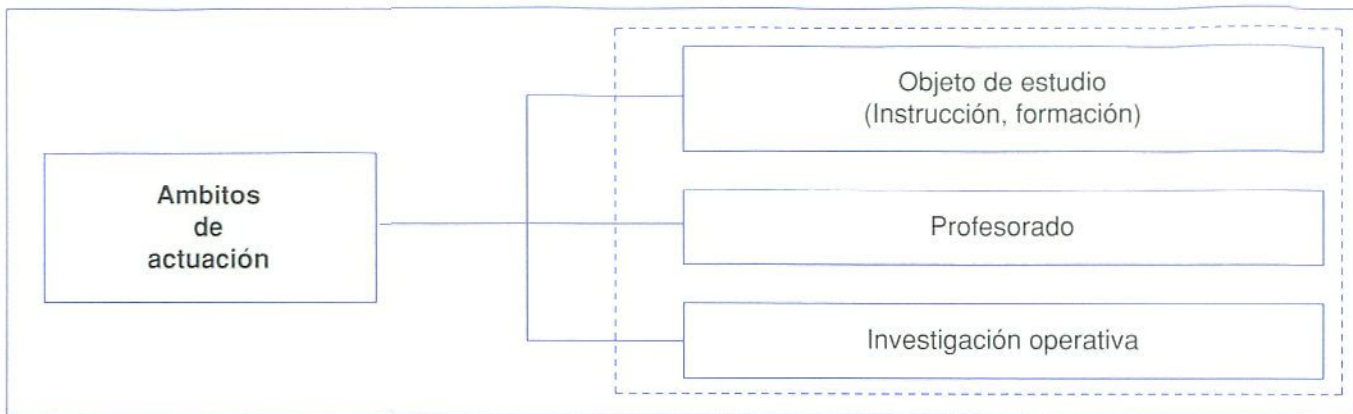


Figura 9: Ámbitos de actuación de los equipos de profesores

Finalmente, la investigación aplicada contribuye a modificar la práctica mediante la reflexión y la experiencia y se convierte en un motor para dinamizar la actuación del profesorado y, al mismo tiempo, solucionar los problemas que plantea el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Actividad 13

Los cuadros 18 y 19, incluidos a continuación, presentan una descripción detallada de las tareas que habitualmente se asignan a departamentos y equipos educativos. Contrastar dicha enumeración con la realidad delimitando causas y consecuencias de los posibles desajustes.

A. Referidas a la materia**A.1. Generales:**

- Elaboración y aplicación del plan de trabajo anual.
- Unificación de criterios y coordinación de actuaciones didácticas.
- Determinación de los criterios generales para la programación.
- Supervisión de las programaciones y de su aplicación.
- Evaluación periódica del grado de eficacia de los programas.
- Coordinación con los equipos educativos.
- Autoevaluación de su funcionamiento.
- Redacción y revisión de la normativa del departamento.
- Supervisar y controlar servicios propios (biblioteca, laboratorio, etc.)
- ...

A.2. Relativas al diseño instructivo:**A.2.1. Objetivos:**

- Determinar los objetivos generales de la materia de aprendizaje.
- Determinar los contenidos generales por niveles de aprendizaje.
- Diferenciar los objetivos mínimos y complementarios de ciclo y de nivel.
- ...

A.2.2. Contenidos:

- Determinar los contenidos básicos de ampliación y de recuperación.
- ...

A.2.3. Material:

- Realizar propuestas de organización del material específico.
- Proponer y priorizar compras de material didáctico.
- Determinar el material del alumno y proponer criterios para la selección de textos.
- Orientar la elaboración de material específico para la materia.
- Inventariar material y controlar la biblioteca técnica.

A.2.4. Actividades:

- Confeccionar matrices de actividades.
- Proponer modelos de actividades.
- Proporcionar experiencias de globalización, interdisciplinariedad...
- Determinar actividades complementarias.
- ...

A.2.5. Metodología:

- Coordinar los procesos metodológicos.
- Reflexionar sobre las metodologías y proponer las más adecuadas.
- Determinar los niveles de dificultad de la materia y de las estrategias, para abordarlos.
- Proponer elementos motivacionales.

A.2.6. Evaluación:

- Proponer y unificar criterios sobre el modo de evaluación.
- Proponer criterios sobre el contenido de la evaluación.
- Elaborar pruebas diagnósticas sobre contenidos.
- Analizar y tipificar pruebas de control.
- Evaluar los elementos del diseño instructivo.
- Analizar y evaluar las estrategias docentes.
- ...

B. Referidas al profesorado

(Buscan su perfeccionamiento didáctico y técnico).

- Intercambio de opiniones y experiencias en el departamento.
- Intercambio de experiencia y valoraciones con otros centros.
- Autoevaluación de las actuaciones del profesorado (*microteaching*, diarios, clases, relatos...)
- Seminarios internos de formación: expertos del centro o externos, grupos de trabajo....
- Seminarios externos de formación: cursos, seminarios, congresos...
- Participación en programas específicos de formación permanente.
- Control, análisis y publicación de experiencias.
- Información sobre temas de interés científico.
- Información general sobre cursos, seminarios, etc... de interés didáctico.

C. Referidas a ambos

(Investigación operativa)

- Investigación sobre el contenido de la materia.
- Estudios sobre diversas metodologías y resultados de su aplicación.
- Revisión y experimentación de técnicas instructivas.
- Validación y fiabilización de pruebas de rendimiento.
- Experimentación de nuevas formas de organización *del profesorado y alumnado*.
- Participación en investigaciones curriculares.
- Creación y utilización de recursos.
- ...

Como órgano ejecutivo

- Aplicación del Reglamento de régimen interior y otras normas.
- Elección de coordinador.
- Adscripción de profesores al ciclo.
- Agrupamiento de alumnos.
- Unificación de criterios y prácticas académico-administrativas.
- Distribución de tiempos (módulos horarios) y espacios.
- Propuesta de asignaciones presupuestarias.
- Distribución, mantenimiento y cuidado del material del ciclo.

Como equipo educativo

A. Referidas directamente a la formación del alumno

A.1. Generales:

- Unificación de criterios y coordinación de actuaciones formativas (disciplinar, integración, dificultades de aprendizaje...).
- Planificación y realización de actividades educativas conjuntas (salidas, festivales...)
- Colaboración y coordinación con otros centros, órganos de apoyo (Equipos multiprofesionales, departamento de orientación...) e instituciones locales o supra-locales con finalidades educativas (ateneos, casas de colonias...).
- Autoevaluación de sus actuaciones.
- ...

A.2. Organizativas:

- Coordinación de actuaciones con otros ciclos.
- Coordinación de las actuaciones de los departamentos didácticos y del departamento de orientación.
- Coordinación de actuaciones escolares y extraescolares.
- ...

A.3. Curriculares:

- Coordinación instructiva de carácter horizontal (metodología, actividades de globalización...).
- Información bidireccional con los departamentos.
- Estudio y planificación de hábitos y técnicas.
- Mejora positiva de actitudes y motivaciones.
- Evaluación formativa.
- Proponer actividades complementarias.
- ...

A.4. Alumnos:

- Seguimiento de la dinámica de los grupos — clase.
- Estudio y seguimiento de casos individuales específicos.
- Coordinación de criterios para el registro sistemático de actuaciones.
- Propuesta de permanencia de un año más en el ciclo.
- ...

A.5. Padres:

- Criterios generales de información y actuación (reuniones, entrevistas...).
- Establecimiento de vías de comunicación personales e institucionales.
- Colaboración en la realización de actividades formativas.
- ...

B. Referidas a las personas que intervienen (formación interna)

- Intercambio de opiniones sobre la problemática educativa del centro.
- Intercambio de experiencias y valoraciones con otros centros próximos.
- Seminarios internos de formación (expertos del centro o externos, grupos de trabajo...).
- Participación en cursos y seminarios de formación psicopedagógica.
- Asistencia a congresos, jornadas, seminarios, etc.

C. Referidas a ambas (investigación operativa)

- Análisis de modelos de informes, entrevistas, historial del alumno...
- Validación de pautas de observación, pruebas psicotécnicas...
- Experimentación de nuevas formas de agrupamiento de profesores y/o alumnos.
- Estudios sobre aspectos con incidencia formativa (disciplinas, formación, grupos de trabajo...).
- Participación en planes experimentales curriculares y organizativos.
- Revisiones bibliográficas: Autoevaluación de actuaciones del profesorado (*microteaching*, narraciones...)

Cuadro 19: Posibles tareas del conjunto de profesores de un ciclo educativo (Gairin 1986b)

b) Los procesos

La elaboración del Proyecto Curricular no puede considerarse estrictamente como un acto limitado en el tiempo, sino como un proceso que lleva tiempo y que exige de una cierta planificación.

Al respecto, cabe considerar:

- a) La necesidad de partir de los problemas concretos que tiene planteada la enseñanza en el centro educativo. Garantizamos así que las programaciones y el Proyecto Curricular sean propuestas reales y útiles en la vida institucional.
- b) La imposibilidad de pensar en modelos uniformes para todos los centros. Cada Institución tiene unas necesidades específicas, unos presupuestos de partida y unos criterios de actuación también diferentes.
- c) La importancia de que participe el profesorado. Para ello puede ser útil, cuando los grupos de profesores son amplios, la configuración de pequeños grupos de discusión que interactúan entre sí y que se enriquecen con las diferentes actuaciones.
- d) La necesidad de ser operativos, que incluye la efectividad de las reuniones, la búsqueda del máximo consenso y el control y seguimiento de los acuerdos.
- e) El papel destacado que tienen los responsables institucionales. El Equipo Directivo y los coordinadores de los grupos deben de garantizar la unidad y eficacia del proceso, favorecer el clima de diálogo y colaboración, proporcionar y gestionar recursos necesarios y velar por el realismo y practicidad de las propuestas.

Directamente relacionada con la elaboración del Proyecto Curricular está la selección y uso de adecuadas estrategias de intervención, entendidas como el conjunto de decisiones y acciones relativas a la elección de medios y a la articulación de recursos con miras a lograr un objetivo determinado (en nuestro caso, la realización del Proyecto Curricular). Su conocimiento puede ayudar al profesor a estructurar procesos económicos (tiempo, esfuerzo, tensión...) eficaces.

El análisis de las *estrategias de intervención* en centros está poco desarrollado siendo escasas las propuestas existentes en nuestro país. Por ello nos guiaremos en esta parte por las aportaciones realizadas al Congreso Internacional sobre Dirección de Centros por Gairín (1992b).

Centrados en la dimensión curricular, podríamos diferenciar entre estrategias externas e internas en relación a su vinculación con la dinámica existente en los centros educativos.

La publicación de normativas referentes a la estructuración de un Proyecto Curricular de Centro en tiempo y con estructura determinada, la introducción en el sistema educativo de nuevos especialistas (Educación Física, Música...), la extensión de servicios existentes (equipos multiprofesionales, orientación en los centros, profesores de apoyo...) o una mayor dotación presupuestaria son acciones externas que favorecen la dinamización de los centros educativos.

Pero sin quitar importancia a estas acciones, su eficacia puede verse mermada si no corresponde con una positiva dinamización interna. Las acciones en este sentido, resultan imprescindibles si se quiere un cambio efectivo y real, siendo, en todo caso, las acciones externas un elemento de apoyo necesario en algunos casos y/o conveniente en otros.

Las estrategias internas a utilizar en los centros pueden ser estructurales u operativas. Las primeras, de carácter fundamentalmente estático, inciden en los elementos de la organización (planteamiento, institucionales, estructuras...) mientras que las segundas, de carácter más dinámico, afectan a su funcionamiento.

Los compromisos adquiridos a partir de los planteamientos institucionales existentes (Proyecto Educativo, Proyecto Curricular o Plan Anual), la creación de estructuras de gestión (comisiones responsables...) o académicas determinadas (departamentos, comisiones curriculares...) el impulso dado a determinados aspectos del organigrama (criterios de selección de coordinadores, regulación formativa de la disciplina,...) o la dotación de mayores recursos a determinadas acciones son decisiones que conllevan compromisos y que impulsan a menudo la acción de los centros.

Pero las estrategias que adquieren para nosotros una importancia fundamental son las operativas, en la medida en que pueden hacer realidad una determinada filosofía (participación, colaboración...) o posibilitar la eficacia práctica de estrategias más generales como puedan ser las estructurales o las impuestas desde el exterior de los centros educativos.

Una aproximación concreta a estas estrategias operativas puede verse en el cuadro 20. Sin pretender ser exhaustivos se presentan variadas opciones que adquieren sentido a partir de intervenciones concretas, algunas de las cuales comentamos a continuación.

La elaboración del Proyecto Curricular puede partir de esquemas prefijados o lo que podríamos denominar propuestas estructuradas.

Algunas alternativas serían:

— *Aplicar procedimientos derivativos*

A partir de los elementos más generales como puedan ser los objetivos generales/contenidos mínimos de etapa o de áreas se van deduciendo elementos más concretos del Proyecto Curricular como son los contenidos, criterios metodológicos, los recursos a utilizar o los criterios de evaluación.

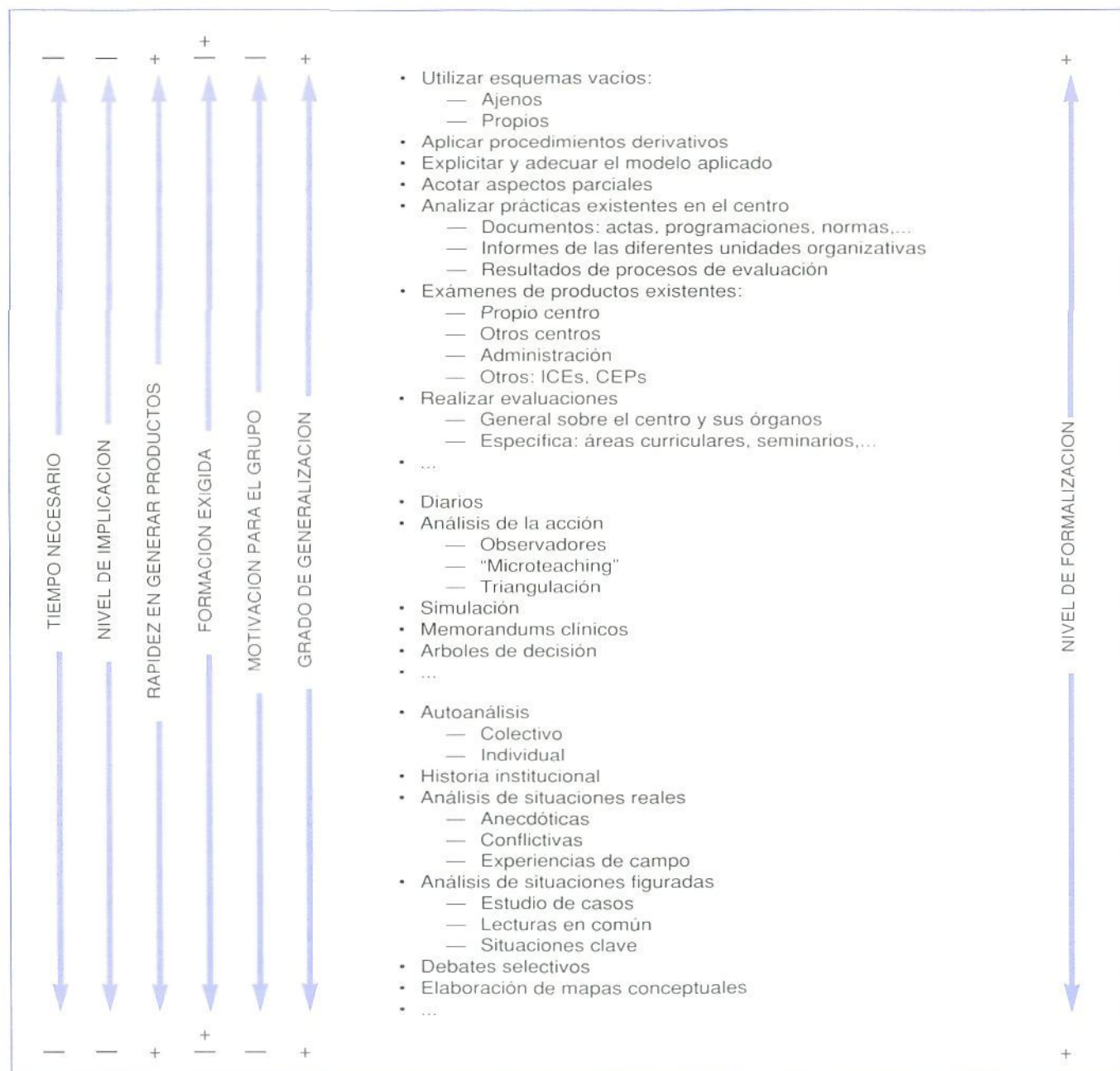
— *Partir de esquemas existentes*

Los esquemas vacíos sobre los apartados que debe tener un Proyecto Curricular presentados por L. Del Carmen y A. Zabala (cuadro 17) o por el propio M. E. C. u otros esquemas propios pueden servir de guía a las decisiones que un conjunto de profesores deben tomar.

— *Explicitar y adecuar el proyecto actual*

La construcción del Proyecto Curricular puede partir del que en la actualidad aplican los profesores. Por ejemplo, explicitados por ciclos y áreas los contenidos que en la actualidad se proporcionan, puede establecer el paralelismo con las exigencias del currículo básico realizando un ajuste a partir de las siguientes reflexiones:

- ¿Qué contenidos prescriptivos no forman parte del currículo actual? ¿En qué ciclo/área se pueden incorporar?
- ¿Qué contenidos del currículo actual no son preceptivos? ¿Conviene eliminarlos o hay que mantenerlos para formar parte de las particularidades del contexto y de decisiones adoptadas por el centro?



Cuadro 20: Estrategias de intervencion con grupos de profesores (Gairin, 1992)

Igualmente, puede realizarse una adecuación de los objetivos, de los criterios metodológicos, del material y de los criterios de evaluación, sometiendo el resultado final (Proyecto Curricular existente adecuado a las nuevas exigencias) a un análisis de coherencia interna.

— *Acotar aspectos parciales*

Si se considera que la realización del Proyecto Curricular es una tarea compleja en el contenido y extensa en el tiempo, su concreción podría hacerse a partir de la acotación sucesiva de aspectos parciales. Así, podemos abordar el trabajo a partir de la actuación de un grupo de profesores en un nivel/ciclo determinado, en un área o en un aspecto del diseño curricular (contenidos, metodologías...). También puede partirse de un conjunto de contenidos que interesen a los profesores (por ejemplo, la composición escrita, el conocimiento del medio...) de un centro de interés o núcleo interdisciplinar consensuado o de las posibilidades que el entorno ofrece.

— *Analizar prácticas existentes en el centro*

La reflexión sobre cómo evaluamos, qué metodología usamos o qué contenidos trabajamos puede dar origen a debates que concluyan en el establecimiento de criterios de actuación comunes. Puede ayudar a la reflexión y toma de decisiones el análisis de documentos elaborados (actas de seminario, programaciones, exámenes que se aplican...) los informes de los responsables de centros sobre aspectos curriculares e incluso los resultados de procesos de evaluación expresamente aplicada al conocimiento de aspectos del currículo.

— *Examinar productos existentes*

Las experiencias que en el centro educativo realizan algunos profesores, las experiencias de otros centros educativos, las ejemplificaciones que la Administración proporciona sobre el Proyecto Curricular o sobre unidades didácticas o las propuestas de otro origen (Editoriales, Centros de Profesores, Centros de Recursos, Institutos Municipales, ICE, etc.) son una fuente de análisis con vistas a generar propuestas propias. También cabe considerar en este apartado el análisis de los materiales didácticos que se emplean.

— *Realizar evaluaciones*

La base de partida para una mejora curricular puede ser también el análisis que un equipo de profesores (seminario, ciclo...) realiza sobre el resultado de aplicar pruebas de evaluación al funcionamiento del centro (QUAFE 80, por ejemplo), a aspectos parciales del currículo (nivel de comprensión lectora, grado de éxito en la resolución de operaciones aritméticas...) o a elementos puntuales de interés para el profesorado (tipos de errores que cometen los alumnos en un ámbito instrumental, causas de los problemas de indisciplina...)

La realización del Proyecto Curricular también se podría abordar a partir de esquemas generales, *propuestas poco estructuradas*, cuya concreción se hace emergente en función de las exigencias que su aplicación conlleva. Al respecto, se pueden citar:

— *Autoanálisis*

Un conjunto de profesores (Claustro, equipo de ciclo, departamento...) se pueden plantear de manera sucesiva preguntas cómo:

- ¿Cuáles son los tres problemas más importantes que afectan al ciclo/materia...?
- ¿Qué tres causas más importantes determinan el problema "X" que afectan al ciclo/materia...?
- ¿Qué tres soluciones de mayor interés se pueden aportar para solucionar el problema "X" cuya causa es "Y"?
- ...

El proceso de interrogación así planteado genera respuestas a los problemas existentes cuya concreción son a menudo programas de intervención con consecuencias en aspectos académicos o de gestión institucional. La aplicación de esta estrategia supone asumir como punto de partida los siguientes presupuestos:

- Los ámbitos y contenidos de reflexión quedan circunscritos a las temáticas cuya mejora puede abordar el grupo.
- Existe siempre una reflexión individual sobre cada pregunta previa a cada puesta en común. En ésta se ordenan las aportaciones por ámbitos o espacios de análisis.
- Las sucesivas reflexiones se centran en aquellos aspectos en los que hay un mayor nivel de acuerdo.

— *Historia institucional*

Presentado un eje cartesiano con referencia a los últimos diez o doce años (abscisa) y a una hipotética escala de calificación de cinco o seis puntos (ordenada), se trata de reflejar en una gráfica la visión personal sobre el funcionamiento de un ciclo/área de enseñanza u otro aspecto que se quiera analizar. A partir de allí, se puede solicitar al profesorado que señale en los puntos de inflexión más destacados los tres aspectos que han generado la alta o baja calificación.

A partir de la reflexión individual, se puede categorizar en una puesta en común los aspectos que hacen que un ciclo/área de enseñanza funcionen bien o mal. Seleccionado uno de estos aspectos pueden analizarse las causas, las consecuencias, posibles soluciones...

— *Análisis de situaciones*

Aspectos del Proyecto Curricular pueden también abordarse a partir de situaciones conflictivas o anecdóticas presentadas por el propio profesorado. Preguntas como: ¿qué pasó?, ¿por qué pasó?, ¿qué lo motivó?, ¿fue previsible?, ¿qué acciones pueden evitarlo/potenciarlo?... han permitido, por ejemplo, derivar de situaciones de indisciplina individual al establecimiento de un programa a nivel de centro para atender a alumnos de aprendizaje rápido.

Igualmente, puede ser motivo de reflexión y posible generación de acuerdos metodológicos, o en relación al contenido de enseñanza, el estudio de casos, las experiencias de campo o la detección de situaciones clave.

La elaboración del Proyecto Curricular también podría realizarse a partir de otras propuestas recogidas en el cuadro 20, tanto desde perspectivas cualitativas (diarios, intervención de observadores en las aulas, triangulación...) como cuantitativas (*microteaching*).

Sea como sea, lo cierto es que las posibilidades son muchas. Su utilización, no obstante, debería incorporar algunas de las consideraciones que a continuación se realizan:

- a) Las estrategias presentadas no son las únicas posibles. Por una parte, podrían considerarse otras de carácter más global como las ya mencionadas en relación a la acción del sistema educativo, a la intervención estructural o a otras formas de acción como puedan ser la formación en centros o el llamado paradigma de la colaboración. Por otra parte, a nivel concreto, no se pueden olvidar los enfoques de acción, relacionados con la dinámica de grupos, las estrategias colaborativas (colaboración entre iguales), el proceso de toma de decisiones u otras aportaciones.
- b) No puede afirmarse "a priori" que una estrategia sea mejor que otra, ya que cada una presenta ventajas e inconvenientes. De hecho, son combinables en la práctica y su utilización, depende del grado de desarrollo que haya alcanzado la organización, de su cultura y del nivel de experiencia que posea el grupo o la persona que la aplica.
- c) Tan importante como la selección de las estrategias adecuadas es la determinación de quien las ha de aplicar y la consideración del contexto en el que se utilizan. Los mejores resultados se alcanzan cuando se aplican en contextos colaborativos y en el marco de una misma institución. Igualmente, resulta necesaria la máxima implicación de los miembros de la organización, si bien en un primer momento puede ser preciso el apoyo de técnicos externos.
- d) En la base de las estrategias está el proceso de reflexión y de resolución de problemas. Es preciso partir de lo concreto y utilizar la capacidad reflexiva e investigadora del grupo.
- e) También resulta necesario considerar las condiciones internas en que se desenvuelven los equipos de trabajo. Un ambiente positivo que motiva al profesorado a comprometerse en tareas innovadoras viene a caracterizarse por:
 - *"La existencia de un ambiente integrado en el centro, caracterizado por una cierta unidad de propósitos, unas metas y una línea de organización clara, y un sentido colectivo de responsabilidad.*
 - *La existencia de un ambiente comunicativo, en el que el profesorado disponga de múltiples ocasiones, tanto formales como informales, para intercambiar información, entre otras cosas, sobre puntos de vista y actuaciones educativas.*
 - *La presencia de una dinámica tendente a afrontar los problemas, en lugar de ocultarlos. Cuando en los centros existe una línea clara de explicitar y afrontar los problemas de la práctica educativa, los profesores y profesoras se sienten estimulados a comunicar sus preocupaciones y considerarlas como cuestiones colectivas. Ello favorece la mejora del trabajo educativo y el desarrollo profesional del profesorado.*
 - *La tendencia, por parte del equipo directivo y los demás compañeros, a fomentar y estimular las iniciativas personales de innovación. Cuando esto no es así, los profesores se acaban desmotivando y se desinteresan de la introducción de mejoras"* (Del Carmen y Zabala, 1991:70).

Cuando esas condiciones no se dan, habrá que establecer los mecanismos que las puedan posibilitar. En este sentido, partir de grupos sensibilizados o potenciar programas de intervención que permitan lograr las condiciones mínimas (a partir de procesos de información y formación) parece imprescindible.

- f) La utilización de estrategias tiene un sentido instrumental respecto a los objetivos que se pretenden; no obstante, su incidencia en la ordenación de la realidad es tan alta que a menudo corren el peligro de convertirse en fines. Por otra parte, las decisiones adoptadas reflejan condicionantes externos pero también planteamientos ideológicos y opiniones metodológicas determinadas.
- g) Toda estrategia obedece a un diseño de acción que aunque sea de manera implícita debe conocerse. La planificación en este caso resulta necesaria aunque ello no prejuzga el nivel de formalización que debe adoptar.

Por último, igualmente habrá que considerar cómo las diferentes propuestas se hacen realidad a partir de tácticas y técnicas concretas de intervención. En este sentido, puede recordarse cómo el estudio y selección de estrategias se vincula a técnicas como la matriz de decisión, el cálculo de costes o la simulación; o bien la relación que tiene el PERT, el CPM, las gráficas GANTT, las agendas y el "planning" con el seguimiento y control de planificaciones.

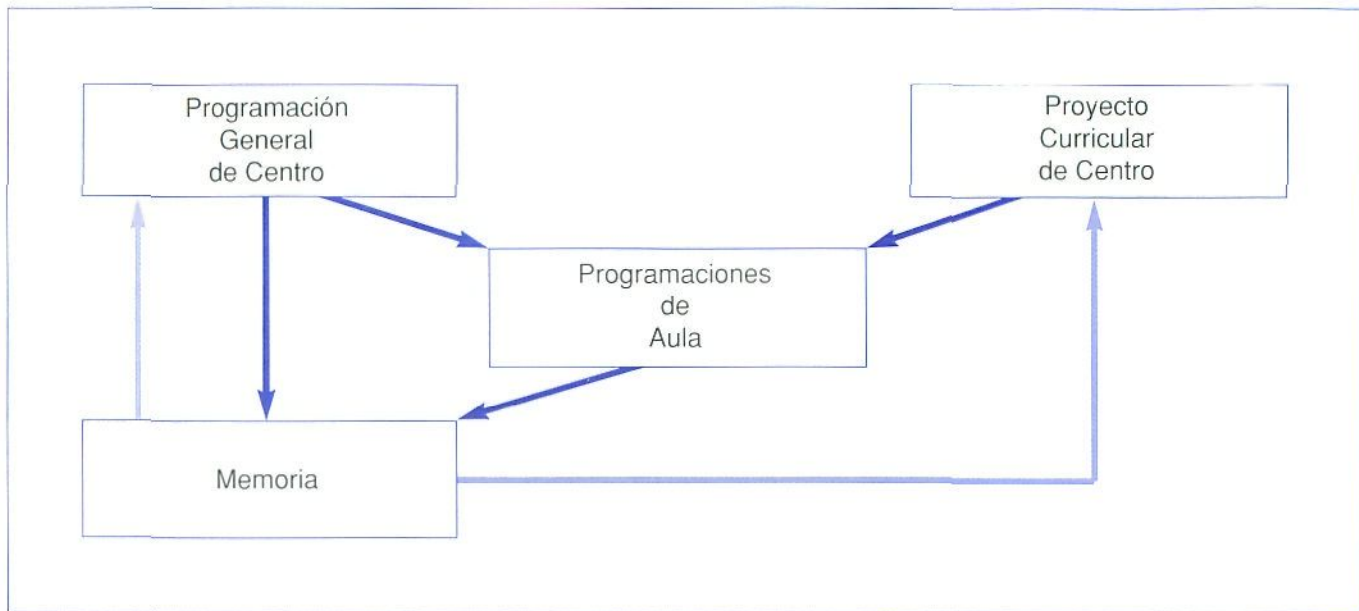
El *seguimiento y evaluación* del Proyecto Curricular no son acciones puntuales, sino respuestas a una actitud de reflexión sobre la práctica que lleva a revisiones y actualizaciones de lo inicialmente previsto. Evaluación, investigación y análisis de la práctica se combinan adecuadamente para conseguir hacer realidad el proceso de innovación y cambio curricular.

Una evaluación de la aplicación y resultados del Proyecto Curricular se realiza cada año a partir de la valoración procesual y final que se realiza de las actuaciones del centro y que se refleja en la Memoria (cuadro 21).

La realización práctica del seguimiento y evaluación del Proyecto Curricular puede suponer la adopción de pautas de análisis más o menos intuitivas. Algunas posibles actuaciones a aplicar aislada o combinadamente son:

- a) Revisión de las actuaciones realizadas a partir de sesiones generales (Claustro) o parciales (Departamento, ciclo...)
- b) Adecuación del debate de evaluación a un guión preestablecido.
- c) Debate colectivo del informe presentado por la Comisión Curricular de coordinación existente o creada al efecto.
- d) Aplicación y análisis de los resultados de aplicar pruebas estandarizadas o específicas para estudiar aspectos relacionados con el currículo.
- e) Debate sobre informes presentados por evaluadores externos.

En cualquier caso, lo cierto es que la evaluación resulta necesaria y puede precisar el uso de pautas o esquemas que orienten su realización. Al respecto, se proponen dos documentos: uno para analizar el Proyecto Curricular establecido (cuadro 22) y otro para guiar el debate sobre el nivel de realización alcanzado en un momento determinado (cuadro 23). También pueden encontrarse propuestas en la misma dirección en la Guía general que acompaña a los Materiales para la Reforma (M. E. C., 1992).



Cuadro 21: Esquema para la evaluación del Proyecto Curricular

Actividad 14

Seleccionar la estrategia más adecuada para realizar el Proyecto Curricular en un centro determinado. Establecer respecto a ella fases, temporalización y condiciones básicas que se deben cumplir para que pueda tener éxito su aplicación.

ÁMBITO DE ANÁLISIS	INDICADORES	CRITERIO			OBSERVACIONES
		Mucho	Poco	Nada	
F O R M A L	<ul style="list-style-type: none"> Identifica el centro educativo. Su presentación permite una lectura fácil y comprensible. Su redacción es unívoca. Especifica quién y cuándo fue aprobado. ... 				
C O N T E N I D O	<ul style="list-style-type: none"> Refleja las opiniones consensuadas del profesorado. Es coherente con la filosofía definidas en el currículo básico y en el Proyecto Educativo. Se adecua al contexto (entorno e intorno). Detecta y trata de dar respuesta a las necesidades de los alumnos y alumnas. Hay contenidos procedimentales, conceptuales y de valores. Los contenidos quedan secuenciados. Se establecen criterios metodológicos. Los criterios de evaluación son unívocos. La propuesta es realista y asequible. Respeto la normativa vigente. Recoge como propuesta general propósitos evaluables que pueden ser utilizados para ponderar los avances del centro. ... 				
E L A B O R A C I Ó N	<ul style="list-style-type: none"> Todos los profesores y profesoras han tenido la oportunidad de participar activamente. Responde a una planificación elaborada participativamente. Hay coordinación entre etapas. Hay coordinación entre áreas. ... 				
E V A L U A C I Ó N	<ul style="list-style-type: none"> Es abierto y permite la incorporación de nuevas propuestas. Se consulta o es utilizado como referencia a la hora de tomar decisiones curriculares y organizativas. Se ha previsto un procedimiento de revisión sistemática. ... 				

Cuadro 22: Ejemplo de pautas de análisis del Proyecto Curricular

ÁMBITO DE ANÁLISIS	INDICADORES	OBSERVACIONES COMENTARIOS (Positivos)	OBSERVACIONES COMENTARIOS (Negativos)
A S P E C T O S G E N E R A L E S	<ul style="list-style-type: none"> — ¿La intervención educativa ha ganado en coherencia? — ¿Hay una mayor adaptación al contexto? — ¿Se ha logrado implicar al profesorado? — ¿Se consideran los miembros de la comunidad educativa más informados sobre las intencionalidades educativas? — ¿Ha servido de orientación para las actuaciones del centro? — ¿Ha permitido una incorporación más real de nuevos profesores? — ¿Ha potenciado procesos de evaluación/innovación? — ¿Las relaciones interpersonales han mejorado? — Existe consenso en la interpretación de los objetivos. — Los objetivos son claros y unívocos. — ¿Es posible identificar una actuación educativa relevante con un principio asumido institucionalmente en el Proyecto Educativo o existente en el currículo básico? — ¿Se establece una conexión adecuada entre las diferentes áreas/etapas...? — ... 		
E S T R U C T U R A M E N T O	<ul style="list-style-type: none"> — ¿Las estructuras establecidas son las más convenientes? — ¿Ha ayudado a establecer y delimitar responsabilidades y campos de actuación? — ¿Los órganos y equipos creados potencian y facilitan el logro de los objetivos? — ¿Se detectan conductas insolidarias individuales o colectivas? — ¿El Proyecto sirve de referencia para justificar acuerdos y dilucidar conflictos? — ¿Se realizan actuaciones de reunión, actualización y mejora del Proyecto Curricular? — ... 		

Cuadro 23: Ejemplo de guión para el debate sobre un P. C. C. que se aplica.

La dimensión operativa del Proyecto Curricular

La construcción del Proyecto Curricular no puede separarse de los procesos de información y de los debates de intercambio de experiencias entre los profesores; esto es, queda unido a los mecanismos que regulan el funcionamiento del sistema relacional en las organizaciones educativas.

A la complejidad inherente al tema relacional se une en el caso de las organizaciones educativas la heterogeneidad de los componentes personales que intervienen, la dificultad de identificar los objetivos institucionales, un tamaño inadecuado de los grupos, una mala organización del tiempo u otros aspectos. Todo ello dificulta el poder llegar a considerar el grupo como una unidad integrada que mantiene un tono de acciones ágiles, eficaces y que incluyan decisiones de calidad. Para conseguirlo, se precisa entre otras cosas:

- Mejorar los niveles de comunicación y participación de los profesores.
- Aumentar el éxito de las reuniones.
- Establecer mecanismos que favorezcan la pronta resolución de los conflictos.

Una mejora de los *niveles de comunicación* exige una mayor atención a los aspectos interpersonales que conforman la relación. La elaboración y desarrollo del Proyecto Curricular y demás planteamientos institucionales supone un proceso de trabajo en grupo que, más allá de los aspectos dinámicos de la comunicación, proporciona la base para el perfeccionamiento docente y la mejora de la calidad educativa. Una buena comunicación, exige la atención a procesos actitudinales como los descritos por Kack R. Gibb (Cuadro 24). Los grupos de actitudes que enumera son "inter-activos"; esto es, unas actitudes pueden compensar o neutralizar las otras. Su significación queda aclarado por el significado de la actitud opuesta.

Actitudes que bloquean la comunicación	Actitudes que facilitan la comunicación
<p>1. Evaluación</p> <p>Evaluación es todo lo que implica juicio o crítica. Una actitud evaluativa puede manifestarse de muchas maneras, sobre todo en el tono o expresión de la voz, o por el contexto. La pregunta más inocente (¿qué ha pasado? ¿quién ha hecho esto?) puede llevar implícita una acusación. Actitudes "evaluativas", que provocan defensa, son frecuentes en los grupos cuando hay inseguridad. Entonces se tiende a ver a los otros en categorías de buenos y malos, a suponer que hay más de lo que se oye, a "leer entre líneas", etc. En un clima de suspicacia es fácil ver evaluación donde no la hay. Una comunicación no evaluativa, pero percibida como evaluativa, bloquea la relación interpersonal. Toda comunicación percibida como controladora provoca resistencia.</p>	<p>1. Descripción</p> <p>La "descripción", en este contexto, es todo lo contrario: presentar hechos, sentimientos, percepciones, etc... que no implican juicio o interpretación de la otra persona, que por lo tanto no sienta necesidad de defenderse, ni sienta que se le pide o exige que modifique su comportamiento.</p>

Actitudes que bloquean la comunicación	Actitudes que facilitan la comunicación
<p>2. Control</p> <p>Hay muchas maneras de utilizar el “<i>lenguaje neutro</i>” para controlar. Insistir en detalles legalistas que retrasen el proceso, mostrar excesiva conformidad a leyes y normas etc... Todo intento de persuasión suele percibirse como controlar. La persuasión provoca resistencia porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Hace que se sospechen motivos ocultos. b) Implica que la postura del otro es inadecuada, inmadura, etc... (y por eso debe ser cambiada). <p>3. Estrategia</p> <p>Cuando se percibe una “<i>estrategia</i>” surge el temor al engaño; el interlocutor ve fácilmente motivaciones ocultas, o no expresadas, o ambiguas, y tiende a exagerar sus aprensiones. En cambio en una actitud de espontaneidad no se perciben motivaciones ocultas.</p> <p>Hay muchas conductas que implican estrategia y son percibidas como tales: fingir emoción, retener información, tener fuentes privadas de información, aparentar espontaneidad, buscar excusas, mirar “casualmente” el reloj, etc...</p> <p>4. Neutralidad</p> <p>El tono neutral bloquea el proceso de comunicación interpersonal en la medida en que se perciba como falto de interés, falta de aprecio del valer de la otra persona, falta de afecto, actitud crítica o mejor “<i>clínica</i>”, de estudio, etc...</p> <p>5. Superioridad</p> <p>Cuando una persona comunica da a entender a otra persona que se siente superior en algo (posición, poder, prestigio, presencia física, etc...) suelen despertar actitudes defensivas en el otro.</p> <p>Cuando se percibe en el otro un deseo de manifestarse como superior lo que de hecho se percibe es esto: que no se desea entrar realmente en una verdadera relación interpersonal, que no se desea “<i>feed-back</i>”, que no se tolera la crítica, que no se necesita ayuda, que se intentará reducir el poder, prestigio, etc... del interlocutor.</p> <p>En estas circunstancias el contenido del mensaje pasa a segundo plano; las relaciones típicas de la otra persona</p>	<p>2. Centrarse en el problema</p> <p>El centrarse en el problema del que se trata es la antítesis de la persuasión: lo que se percibe es entonces:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Que no se tiene ninguna solución preestablecida. — Que se respeta al interlocutor y su derecho a tener punto de vista propios y a evaluar su propio progreso. <p>3. Espontaneidad</p> <p>No se perciben motivaciones ocultas. Se adivina naturalidad en el trato y palabras.</p> <p>4. Empatía</p> <p>La empatía supone percibir y aceptar los sentimientos de la otra persona. Con la empatía se transmite un mensaje diferente: respeto a sentimientos ajenos, identificación con la otra persona, aceptación de la situación, etc...</p> <p>5. Igualdad</p> <p>Se da cuando se comunica naturalidad, deseo de acercamiento.</p>

Actitudes que bloquean la comunicación	Actitudes que facilitan la comunicación
<p>suelen ser las de: no escuchar, olvidar lo oído, sentir necesidad de competir, envidia, etc...</p> <p>Existen diferencias reales en edad, poder, prestigio, ciencia, etc... pero no tienen que crear reacciones defensivas, necesariamente si no se comunican como defensivas, controladoras, etc...</p> <p>En general se manifiesta superioridad en la medida en que uno se siente inseguro. La persona que se siente segura no da gran importancia al hecho de ocupar una posición superior ni tiende a manifestar directa o indirectamente, que se siente superior.</p> <p>6. Dogmatismo</p> <p>Las actitudes dogmáticas como el dar a entender que “<i>se saben todas las respuestas y todas las soluciones posibles</i>”, crea defensividad, e inhibe toda relación interpersonal. Lo que se manifiesta con estas actitudes es que no se necesita más información, y que se desconfía de la ciencia, madurez, etc... de la otra persona.</p> <p>A veces lo que se percibe, y lo que hay realmente, es un sentimiento de inferioridad: necesidad de tener razón, necesidad de negar más que de resolver un problema objetivo, necesidad de ver sus propias ideas como las únicas verdaderas que hay que defender, etc...</p> <p>La actitud contraria lo que comunica es respeto por actitudes y opiniones ajenas. Es una actitud que no manifiesta una prematura toma de posiciones, más bien es provisional e investigadora.</p> <p>El dogmatismo y la manifestación de superioridad van con frecuencia unidos y suelen tener las mismas causas.</p>	<p>6. Provisonalidad</p> <p>Es la actitud opuesta al dogmatismo. Acompaña a la sencillez y naturalidad. Genera sentimientos de acercamiento.</p>

Cuadro 24: Actitudes que bloquean o que facilitan la comunicación según Gibb (Martínez, 1979: 34-37)

Todo proceso de comunicación conlleva, además, la atención a los procedimientos que soportan y transmiten la información. Al respecto, hay que considerar que:

- Los conductos de comunicación deben de conocerse lo mejor posible.
- La comunicación autenticada debe extenderse por todos los miembros de una organización con el menor nivel de restricción.

-
- La línea de comunicación debe ser tan directa y corta como sea posible, con el fin de aprovechar las ventajas de actualidad y minimizar el error.
 - Los procesos de comunicación no tienen por qué ser únicos, aunque se podrían establecer prioridades.
 - La línea de comunicación no debe romperse nunca.

El establecimiento de niveles de comunicación es un principio de *participación*, en la medida en que supone "tener parte en" o "compartir".

Asumir el nivel de participación propio de nuestras instituciones supone:

- Corresponsabilidad*, que queda afectada por el nivel o grado de responsabilidad que cada persona tiene y que exige el que en las decisiones importantes todas las personas se impliquen.
- Cooperación*, como colaboración de los diferentes miembros de un grupo en la realización de los deberes individuales y colectivos. Conlleva la valoración y el reconocimiento de todas las aportaciones, el evitar situaciones de "todo o nada" y la responsabilidad de "aportar" en función de las posibilidades personales e institucionales.
- Coordinación*, que supone la ordenación de los diferentes esfuerzos de cara a la tarea común. Referencia a niveles de autoridad, competencia personal y posibilidades de actuación (tiempo, tamaño de los grupos, etc.).

Una auténtica participación exige, además:

- Flexibilidad en la personalidad y actuación de los miembros.
- Tiempo y espacios, para hacerla efectiva.
- Comunicación definida (sea de tipo horizontal o vertical) entre los diferentes participantes.
- Actitudes que faciliten la participación. Actitudes de respeto, tolerancia, colaboración, flexibilidad y autoaceptación son algunas de las necesarias.
- Experiencia, en el sentido de que la participación, por una parte, se construye y, por otra, se aprende.

Comunicación y participación constituyen pilares básicos que se manifiestan en el trabajo en grupo. La forma en que se organice éste y las actitudes que adoptan los miembros no es independiente de los resultados que se obtienen.

Las *reuniones*, más allá de los factores subjetivos que los delimitan, pueden aumentar su nivel de eficacia si consideramos algunos de los aspectos considerados en el cuadro n.º 25.

1. COMO OBTENER ÉXITO DE UNA REUNIÓN

Antes:

1. Hacer un esquema

- Tema y objetivo a conseguir.
- Puntos a resaltar.
- Consecuencias y soluciones posibles.
- Asistentes probables y sus características.

2. Planear la reunión

- Programa: ¿qué se dirá? y ¿cómo se dirá?
- Horario a mantener.
- Prevenir preguntas e información necesaria, así como posible discusión.

3. Prevenir los detalles

- Lugar, hora, material, copias, filmes, pizarra.
- Citaciones e información precisa.
- Comodidad en el ambiente material.

Después:

4. Promover la actuación posterior

- Seguir el curso de las decisiones adoptadas.
- Informar a los interesados.
- Controlar la ejecución de lo prometido.
- Agradecer la colaboración.

3. COMO EVALUAR UNA REUNIÓN

Después de cada reunión, el responsable puede responderse a las siguientes preguntas y adquirir los compromisos que parezcan más adecuados para la próxima:

1. ¿No he fallado en la preparación de la reunión? (local, pizarra, documentos, contenido, etc.)
2. ¿Se ha comenzado a la hora?
3. ¿Todos los miembros han participado en la discusión?
4. ¿He preguntado sobre los puntos importantes y de forma tal que se han provocado interesantes puntos de vista?
5. ¿He evitado ser autócrata, favoreciendo la presentación de ideas y su libre discusión?
6. ¿He mantenido la discusión sobre el tema evitando hábilmente la digresiones?
7. ¿He escuchado y he dejado hablar a mi grupo en mayor medida que cuando he tomado personalmente la palabra?
8. ¿Me he esforzado en conducir a los asistentes para que manifiesten su punto de vista, teniendo en cuenta la opinión de los otros y respetándola?
9. ¿Me he abstenido de tomar parte en las controversias?
10. ¿He utilizado frecuentemente preguntas que llevasen el tema hacia delante o hacia atrás?
11. ¿He evitado discutir las opiniones e ideas que el grupo manifestaba?
12. ¿He resumido real y brevemente los puntos de acuerdo y desacuerdo que el grupo manifestaba?
13. ¿He conducido constantemente el hilo de la discusión sin perderlo en ningún momento?

2. COMO CONDUCIR UNA REUNIÓN*1. Iniciación*

- Comienzo puntual y amistoso.
- Exposición del objetivo de la reunión.
- Anunciar los puntos de discusión y el modo de llevarla.

2. Presentación del tema a tratar

- Concretar los hechos y lanzar la discusión.
- Hacer participar a todos.
- Estimular, sugerir y preguntar ideas.
- Coordinar los puntos de vista.
- Mantenerse en el tema y horario.

3. Conducción de la discusión

- Animarla, concretar frecuentemente.
- Pedir colaboración y repartir responsabilidades.
- Utilizar adecuadamente las ayudas e información preparada.
- Conducir "deportivamente".

4. Resumen y clausura

- Enumerar los acuerdos o discusiones logrados.
- Obtener plan de acción y responsables.
- Fecha de nueva reunión, si se precisa.
- Fomentar la cordialidad y terminar a la hora.

Cuadro 25: *Cómo obtener éxito en las reuniones (aspectos formales)¹⁰.*

¹⁰ Tomado del Secretariado de Cooperación al Desarrollo. Madrid. (Documento fotocopiado).

Pero tan importante como los aspectos formales es la atención a las dinámicas internas. Llevar una reunión pedagógica, mejorar el funcionamiento de un equipo de trabajo supone ante todo posibilitar la máxima participación como mecanismo de integración personal y de implicación en la tarea. Los factores a considerar y los mecanismos de mejora quedan expuestos de manera palpable a partir de las dimensiones que Schein considera (cuadro 26).

OBJETIVOS Confusos, diversificados, conflictivos. Poco interesantes.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Claros para todos, compartidos, involucran.
PARTICIPACIÓN Pocos sobresalen, algunos son pasivos; algunos no escuchan. Se habla al tiempo; se interrumpe.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Todos intervienen. Todos escuchan activamente.
SENTIMIENTOS No importan, se ignoran o se critican.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Libremente expresados. Respuestas empáticas.
PROBLEMAS DE EQUIPO Se pasa directamente a buscar remedios o soluciones. Se tratan los síntomas en vez de las causas.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Se diagnóstica cuidadosamente la situación antes de decidir o de proponer actuar. Se atacan las causas que se estiman como básicas.
LIDERAZGO No se plantea el problema. El grupo depende de una persona o de un subgrupo reducido que le impone su criterio.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Surgen situaciones de liderazgo que son distribuidas entre varios miembros. Todos se sienten libres de aportar ideas.
DECISIONES No se llega a tomar decisiones. Las toma una parte del grupo sin tener en cuenta a los demás.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Se sigue la técnica del consenso, las discusiones ayudan a mejorar la decisión.
CONFIANZA Los miembros desconfían entre sí, son corteses, descuidados, reservados, escuchan superficialmente y se muestran a la defensiva. Tienen miedo de criticar o de ser criticados.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Tienen confianza unos en otros, exponer al grupo lo que no revelarían a otros; respetan las respuestas que reciben; expresan libremente sus resoluciones negativas sin miedo.
CREATIVIDAD Y CRECIMIENTO Actúan rutinariamente, los miembros siguen papeles estereotipados y rígidos. No progresan. No hay aportación de ideas destacadas.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Flexibilidad, se buscan nuevos y mejores caminos; los individuos cambian su opinión por convencimiento. Hay creatividad. Se apoya al individuo.

Cuadro 26: Evaluación de la eficiencia de un equipo (E. H. Schein).

Actividad 15

Delimitar mediante la estrategia de autoanálisis (apartado 3.2) los cinco problemas más importantes que afectan a la eficacia de las reuniones de profesores en un centro concreto y establecer un plan de actuación para reducir su importancia.

Un aspecto de gran importancia, vinculado a la acción de los grupos, es la *toma de dedicisiones*; esto es, la elección de una opción entre varias posibles.

La toma de decisiones siempre supone una incertidumbre respecto a la mejor opción y un riesgo de equivocarse. No obstante, su ejercicio se hace imprescindible si queremos avanzar en algunas temáticas. De hecho, y desde el punto de vista pragmático, habría que pensar en decisiones efectivas que permitan alcanzar los objetivos perseguidos con los menores costos posibles y con los menores efectos secundarios de carácter negativo.

La toma de decisiones en el ámbito pedagógico debe de realizarse por consenso, ya que es el tipo de actuaciones que integran mejor a las personas. Actuar por mayoría en el caso de decisiones pedagógicas no tiene sentido pues, además de generar tensión entre los grupos, no garantiza el cumplimiento de los acuerdos por afectar la mayoría de las veces a las formas personales del profesor y a un ámbito (el aula) de difícil control.

El análisis de las decisiones debe de hacerse desde la calidad y desde la aceptación; esto es, desde su adecuación a los objetivos perseguidos y desde la manera como reciben la decisión las personas que la han de hacer efectiva. Los problemas que afectan a lo pedagógico deberán de abordarse desde la búsqueda de la alta calidad y la alta aceptación.

Facilitar la toma de decisiones de tales características supone considerar las etapas y los pasos que facilitan la llamada “toma de decisiones integrativa” y que consiste, esencialmente, en alcanzar una tipología de acuerdos que sean aceptables por todos los grupos implicados y cuyos efectos positivos, aunque no sean espectaculares, superen por lo menos a los negativos. Al respecto, habría que considerar la necesidad de:

- *“Revisar actitudes*, que supone atender aspectos como la revisión-ajuste de las condiciones de relación, de las percepciones y de las actitudes personales.
- *Definición del problema*.
- *Predecisiones*, que suponen tanteos respecto a posibles posiciones.
- *Decisiones parciales*, que actúan como procedimientos metodológicos que facilitan el avanzar.
- *Búsqueda de soluciones*, que queda afectada por los principios de calidad y aceptación.
- *Evaluación de alternativas* y toma de decisiones por consenso.
- *La valoración de las decisiones a través de la acción*” (Fabra, 1987: 285-297).

Inherente a la vida institucional y al trabajo de los grupos y personas está la diferencia objetiva y subjetiva que se establece entre los intereses individuales y colectivos y que da origen al *conflicto*. Éste, sea como resultado de una manifestación de puntos de vista diferentes o como proceso de adecuación personal a nuevas situaciones, aparece como inherente a cualquier situación de cambio.

El conflicto, lejos de ser *una maldición* aparece como algo necesario para facilitar la evolución de las situaciones y evitar el estancamiento y conservadurismo en las posiciones. No obstante, para que sea constructivo y válido su tipología e intensidad deberá mantenerse en determinados niveles.

Las organizaciones a menudo se benefician con la estimulación del conflicto por cuanto:

- Es un medio por el cual pueden conseguirse cambios.
- Facilita la cohesión de los grupos.
- Eleva la eficiencia de los grupos y de las organizaciones.
- Aumenta el nivel de satisfacción de las personas al producir y resolver ciertos niveles de tensión.

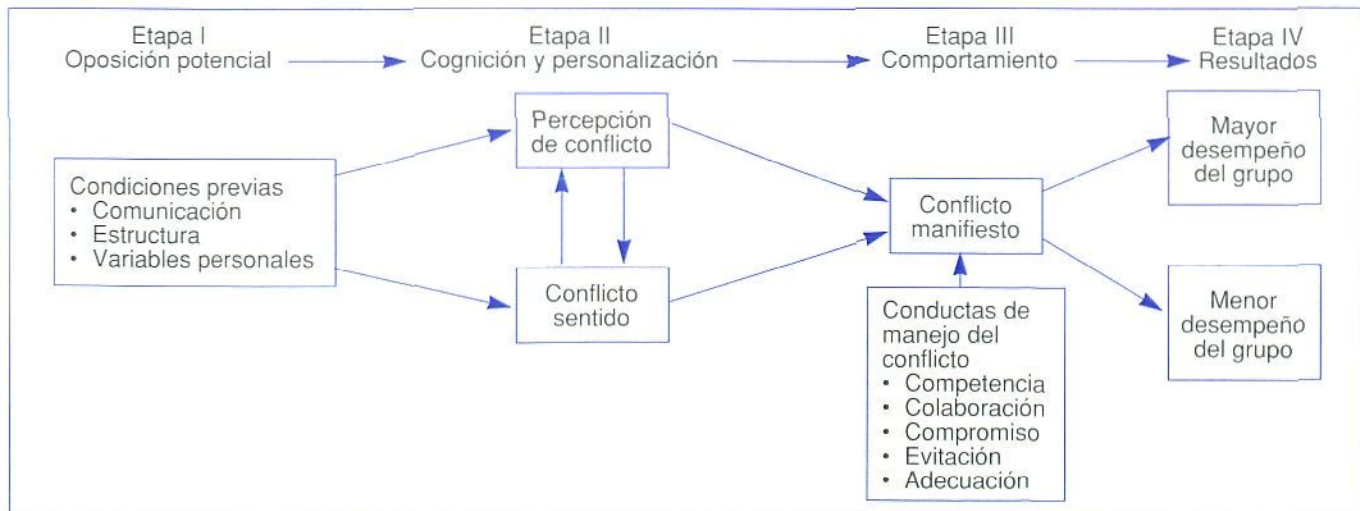
No obstante, hay que señalar que aunque el conflicto es parte integral de los grupos y organizaciones su potenciación para algunos autores conlleva:

- La imposibilidad real de mantener las tensiones a niveles controlados.
- La improcedencia de acudir al conflicto cuando existe un buen liderazgo.
- La pérdida de prestigio para los responsables institucionales.
- La supeditación de la competencia (búsqueda de una meta sin interferencia de otra persona) al conflicto (conducta dirigida contra otra persona).

La actuación frente a los conflictos debe olvidar, desde nuestro punto de vista y a pesar de lo mencionado anteriormente, los enfoques que lo señalan como malo (tradicionales) o como proceso natural (conductistas) y verlo como algo que alienta la innovación y el cambio de la realidad (enfoque interaccionista).

Ver el conflicto como algo necesario no supone pensar que todos los conflictos sean buenos. Variará la situación en función del tipo y grado de conflicto y de la situación personal y grupal del colectivo donde se manifieste.

El proceso de configuración de los conflictos queda recogido en el cuadro 27. Una mala comunicación y deficiencias en la definición de las estructuras organizativas y en la delimitación de competencias y factores personales, como son los sistemas de valores y las características de la personalidad, determinan las condiciones de crear la oportunidad de un conflicto.



Cuadro 27: El proceso del conflicto (Robbins, 1987:302).

Cuando las condiciones citadas en la primera etapa generan frustración, aparece la posibilidad de oposición (Etapa II) y se da pie a que uno o varios miembros del grupo inicien acciones que frustren la obtención de metas de otros que van contra los propios intereses (Etapa III). En esta etapa es necesario que las acciones sean intencionales para que el conflicto sea manifiesto.

Las orientaciones primarias al manejo del conflicto pueden empezar en la etapa II, pero a menudo se aplican cuando ya se ha manifestado (Etapa III). Las dimensiones *cooperación* y *asertividad*¹¹ permiten a K. Thomas diferenciar cinco orientaciones: *competencia* (asertivo y no cooperativo), *colaboración* (asertivo y cooperativo), *evitación* (no asertivo y no cooperativo), *adecuación* (no asertivo y cooperativo) y *compromiso* (participa de un cierto nivel de asertividad y cooperación). El cuadro 28 presenta una relación de las situaciones apropiadas a cada orientación.

Actividad 16

Definir operativamente cinco conflictos que afecten a la convivencia de los profesores de un centro educativo. Analizar causas y consecuencias y estructurar pautas de intervención.

Como consecuencia del manejo del conflicto se producen resultados que mejoran el funcionamiento de los grupos o que distorsionan su eficacia. Un conflicto es constructivo cuando mejora la calidad de las decisiones, aumenta la satisfacción final de los miembros del grupo, ofrece un ambiente donde libera las tensiones y resuelve los problemas, a la vez que favorece el proceso de autorrevisión y cambio. Para ello será necesario que se mantenga en los niveles óptimos evitando las situaciones disfunciones que se producen cuando es bajo (apatía, estancamiento, indiferencia al cambio y falta de creatividad) o alto (desorganización, incompetencia, pérdida de interés por las finalidades de la institución).

11 Se entiende por cooperación al grado en que una persona intenta satisfacer los intereses de la otra. La asertividad atiende, por el contrario, al grado en que una persona trata de satisfacer sus propios intereses.

Orientación al manejo del conflicto	Situaciones apropiadas
Competencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando es vital la acción inmediata y decidida (por ejemplo, en casos de urgencia). 2. En cuestiones importantes en que es preciso emprender acciones impopulares (por ejemplo, reducir costos imponer reglas de poca aceptación, disciplina). 3. En cuestiones vitales para el bien de la organización cuando uno sabe que tiene razón. 4. Contra los que se aprovechan de un comportamiento no competitivo.
Colaboración	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encontrar una solución integradora cuando ambos tipos de intereses no admiten el compromiso. 2. Cuando el objetivo consiste en aprender. 3. Aprovechar las ideas de personas con distinto punto de vista. 4. Lograr la aceptación al incorporar en un consenso los diferentes intereses. 5. Resolver los sentimientos que han entorpecido la relación.
Evitación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando una cuestión es trivial o bien urge resolver problemas más interesantes. 2. Cuando uno se da cuenta de que no puede satisfacer sus deseos. 3. Cuando hay más posibilidades de problemas que de lograr una solución provechosa. 4. Para lograr que la gente se tranquilice y recobre la objetividad. 5. Cuando la obtención de información reemplaza a la decisión inmediata. 6. Cuando otros pueden resolver el conflicto más satisfactoriamente. 7. Cuando las cuestiones parecen secundarias o sintomáticas de otras.
Adecuación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando uno descubre que esta equivocado: para permitir conocer una opinión mejor, para aprender y mostrar que uno es razonable. 2. Cuando las cuestiones son más importantes para otros que para uno: para satisfacerlos y no perder su cooperación. 3. Para obtener crédito social en cuestiones posteriores. 4. Para minimizar la pérdida cuando la mayoría no comparte nuestras opiniones y perdemos. 5. Cuando la armonía y la estabilidad tienen prioridad. 6. Para permitir que los empleados se desarrollen al aprender sus errores.
Compromiso negación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuando las metas son importantes, pero no justifican el esfuerzo o la posibilidad de arruinar modos más asertivos. 2. Cuando oponentes de igual poder persiguen objetivos mutuamente excluyentes. 3. Para lograr arreglos temporales a cuestiones complejas. 4. Para obtener soluciones adecuadas ante la presión del tiempo. 5. Como respaldo cuando la colaboración o la competencia no son convenientes.

Cuadro 28: Cuando utilizar las cinco orientaciones en el manejo del conflicto (Robbins, 1987: 307, en referencia a K. Thomas).

Bibliografía

Bibliografía comentada

FERNÁNDEZ ENGUITA, M. (1990): *La escuela, a examen*. Madrid: Enderma.

Este estudio incide desde la perspectiva sociológica en la realidad de la escuela a partir de análisis de sus actuaciones y de sus resultados. Las funciones sociales de la escuela son sometidas a debate a partir de temas como: origen social y rendimiento escolar, la distribución social de las oportunidades en la escuela, la socialización de la fuerza de trabajo, la problemática específica de la mujer, la condición de enseñanza o la reforma como síndrome permanente.

GAIRÍN, J. (1991): *Planteamientos institucionales en los centros educativos*. Curso de Formación para Equipos Directivos. Unidad Temática II. Subdirección General de Formación del Profesorado, M. E. C., Madrid.

Fundamenta y desarrolla la propuesta de generar en los centros los documentos de gestión que constituyen la expresión manifiesta del Proyecto de Centro. A lo largo de los diferentes capítulos se aborda la necesidad, condicionantes y problemática operativa que afecta a la realización y aplicación de documentos como el Proyecto Educativo, el Proyecto Curricular o la Programación General del Centro.

Varios (1981): *El profesor. Formación y perfeccionamiento*. Madrid: Escuela Española.

Varios (1988): *La formación de los profesores*. Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

VILLA, A. (1988): *Perspectiva y problemas de la función docente*. Madrid: Narcea.

ZABALZA, M. (1989): *La formación práctica de los profesores*. Departamento de Didáctica y Organización Escolar-I. C. E., Universidad de Santiago de Compostela.

Éstos son algunos textos que recogen el resultado de reuniones científicas destinadas a reflexionar sobre el profesor. A través de ellos se pueden encontrar variados enfoques que abordan temas como: perspectivas metodológicas en el análisis de la función docente, la evaluación del profesorado, enfoques sobre la formación inicial y permanente, los profesores noveles, las prácticas en procesos de formación, la investigación sobre aspectos de formación, el pensamiento de los profesores.

FERNÁNDEZ PÉREZ, M. (1988): *La profesionalización docente*. Madrid: Escuela Española.

Varios (1988): "Profesionalidad y profesionalización de la enseñanza". *Revista de Educación*, 285, enero-abril. Número monográfico.

La revista del Ministerio de Educación y Ciencia recoge un excelente conjunto de artículos en torno a aspectos conceptuales, comparativos y operativos relativos a la profesionalización. El texto de Miguel Fernández incide en la misma temática realizando una propuesta aplicativa que se basa en: el perfeccionamiento del profesorado, la investigación en el aula y el análisis de la práctica docente.

IMBERNON, F (1989): *La formación del profesorado*. Barcelona: Laia.

Con un lenguaje sencillo, pero profundo, se sintetiza gran parte de los planteamientos existentes sobre la formación del profesorado y, más específicamente, sobre la formación permanente. A los análisis que hace el autor sobre el concepto, modelos y problemas de la formación cabe añadir por su novedad o por las posibilidades de información que representa el tratamiento de temas como: actualidad de la formación permanente en el Estado español, la formación permanente en diversos países, recopilación legislativa por Comunidades Autónomas, direcciones de utilidad y bibliografía comentada.

DEL CARMEN, L., Y ZABALA, A. (1991): *Guía para la elaboración, seguimiento y valoración de Proyectos Curriculares de Centro*. Madrid: CIDE.

Los autores presentan, a través de análisis conceptuales, metodológicos y operativos, un conjunto de reflexiones sobre el papel que los Proyectos Curriculares juegan como instrumentos para la toma de decisiones, para la mejora de la calidad de la enseñanza, para la formación permanente del profesorado y como registro de la actividad de un centro. Pero, además, el conjunto de esquemas y explicaciones que aportan constituye por su claridad una auténtica orientación para los profesores y centros que tengan interés por configurar la propuesta.

Ministerio de Educación y Ciencia (1992): *Materiales para la Reforma*. Madrid.

Este material enviado a todos los centros en formato de caja pretende proporcionar ayudas al profesorado para implantar y desarrollar su práctica docente en una perspectiva de calidad. A los documentos normativos (referidos a las enseñanzas mínimas y al currículo básico) se añaden otras institucionales, como puedan ser los referidos al Proyecto Curricular, a la Orientación y Tutoría y a las Adaptaciones Curriculares, y libros o capítulos de autor, referidos a temáticas concretas de interés.

WALTON, R. E. (1988): *Conciliación de conflictos*. México D. F: SITESA.

Cuestiones como: "¿Cómo lograr un cierto nivel de confianza en el diálogo?", "¿Cómo manejar la tensión inherente al conflicto?" y "¿Cómo hallar soluciones integradoras al conflicto en lugar de concesiones?" son abordadas por el presente texto. Si bien se parte de un enfoque organizativo, la inclusión de conceptos y métodos aplicables a varios tipos de conflictos, tanto interpersonales como entre sistemas, hace a esta aportación interesante desde el punto de vista del trabajo cooperativo de los profesores.

Bibliografía referenciada y de ampliación

- ABRAHAM, A. (1987): *El mundo interior del docente*. Barcelona: Gedisa.
- AGULLA, J. C. (1973): *Educación, sociedad y cambio social*. Buenos Aires: Kapelusz.
- ALBERTI, A., y otros (1970): *El autoritarismo en la escuela*. Barcelona: Fontanella.
- Anaya Editorial (1992): *El Proyecto Curricular de Centro*. Madrid.
- ANTUNEZ, S., Y GAIRIN, J. (1990): *El Projecte Educatiu de Centre*. Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya.
- BAG, R. (1984): "La autogestión pedagógica, base de la nueva educación". Lobrot: *Pedagogía*, n.º 1. Universidad Pedagógica Nacional, México D. F., mayo-agosto, pp. 15-24.
- BEST, F., y otros (1984): *Naissance d'une autre école*. Paris: La Découverte.
- CARRILHO, A. (1990): *Desenvolvimiento curricular*. Lisboa: Texto.
- CASTILLEJO, J. L. (1976): *Nuevas perspectivas en las Ciencias de la Educación*. Salamanca: Anaya.
- CIDE (1988): *Actos de la reunión sobre la renovación de la Educación Secundaria y Profesional*. Madrid.
- CISCAR, C., y URILA, M.^a (1986): *Organización escolar y acción directiva*. Madrid: Narcea.
- COLL, C. (1987): *Psicología y Curriculum*. Cuadernos de Pedagogía/Laia, Barcelona.
- College de France (1985): *Propositions pour l'enseignement de l'avenir*. Paris.
- Consejo Escolar del Estado (1989): *Informe sobre el estado y situación del sistema educativo. Curso 1987-1988*. Madrid: Centro de Publicaciones del M. E. C.
- Club de Roma (1982): *Aprender. Horizontes son límites*. Madrid: Santillana.
- COLOM, A. (1979): *Sociología de la educación y teoría general de sistemas*. Barcelona: Oikos-Tau.
- COLOM, A (1984): *Hacia nuevos paradigmas educativos: La pedagogía de la post-modernidad: Studia Paedagogica*, n.º 14, Salamanca, pp. 17-38.
- COOMBS, P. H. (1971): *La crisis mundial de la educación*. Madrid: Santillana.
- DANIELLE, M. (1974): *L'école, réalité politique*. Toulouse: Edouard Privat.
- DEL CARMEN, L., y ZABALA, A. (1991): *Guía para la elaboración, seguimiento y valoración de Proyectos Curriculares de Centro*. Madrid: Cide.

-
- DELGADO, J. (1991): *Centro escolar y acción directiva*. Curso de Formación para Equipos Directivos, Unidad Temática I. Madrid: Subdirección General de Formación del Profesorado.
- ESCOLANO, A. (1984): "¿Qué educación y qué profesor en la España de los ochenta: para qué futuro educamos?": *Studia Paedagogica*, Salamanca: n.º 14, julio-diciembre, pp. 79-96.
- ESCOLANO, A. (1986): "¿Para qué futuro educamos?", *Studia Paedagogica*, Salamanca: n.º 17-18, enero-diciembre, 1986.
- ESCUDERO, J. M. (1990): *El centro como lugar de cambio educativo: la perspectiva de la colaboración*. Barcelona: Actas del I Congreso Interuniversitario de Organización Escolar.
- ESTEVE, J. M. (1987): *El malestar docente*. Barcelona: Laia.
- FABRA, M. L. (1987): *La toma de decisiones*. En Gairín, J., y otros (Ed.): *Temas actuales de educación*. Barcelona: P. P. U.
- FERNÁNDEZ ENGUITA, M. (1990): *La cara oculta de la escuela*. Madrid: Siglo XXI.
- FERNÁNDEZ ENGUITA, M. (1990): *La escuela a examen*. Madrid: Endema.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, M. (1988): *La profesionalización docente*. Madrid: Escuela Española.
- FERRÁN, P. (1978): *La escuela de la calle*. Madrid: Narcea.
- FERRÁNDEZ, A. (1981): *Cultura y Educación*. Actas del VIII Congreso Nacional de Pedagogía. Santiago de Compostela: S. E. P., pp. 17-41.
- FERRANDIS, A. (1988): *La escuela comprensiva*. Situación actual y problemática. Madrid: CIDE.
- FERRERES, V.; GONZÁLEZ, A. P., y JIMÉNEZ, B. (1989): "¿Se piensa ya, de verdad, en una profesionalización del docente de Secundaria? Una propuesta inicial de innovación-formación". Tarragona: *Revista de Ciències de L'Educació*. División de Educación. Universidad de Barcelona, pp. 43-51.
- FERRIERE, A. (1971): *La escuela activa*. Madrid: Studium.
- FIERRO, A. (1987): Ponencia "*Sociedad, Educación y Cultura*". En *Reunión sobre la renovación de la Educación Secundaria y Profesional*. Madrid: CIDE, pp. 373-375.
- FREINET, C. y SALENGROS, R. (1972): *Modernitzar l'escola*. Barcelona: Laia, 2.^a edició.
- GAIRÍN, J. (1986): *Proyecto docente sobre Organización Escolar*. Departamento de Pedagogía y Didáctica, U. A. B. (documento policopiado).
- (1986b): *La Prefectura d'estudis*. Curs Experimental de Directores de Centres públics d'E. G. B. Unidad Didáctica 33. Departament d'Ensenyament, Generalitat de Catalunya.

- (1987): *La formación del profesorado de Enseñanzas Básicas. Apuntes para la configuración de un perfil del profesor*. Actas, III Congreso Nacional de Pedagogía Comparada. Servicio de Publicaciones, Universidad de Málaga, pp. 603-617.
- (1987b): "Una introducción al estudio del currículo". *Palestra Universitaria*, n.º 2 U. N. E. D., Cervera, pp. 237-259.
- (1988): *Organización escolar e innovación didáctica*. En varios: Curso de Estrategias para la Innovación Didáctica. Madrid: U. N. E. D.
- (1988b): *Organización escolar e innovación didáctica*. En varios: Estrategias para la Innovación Didáctica. Programa de Formación del Profesorado. Madrid: U. N. E. D., vol. 2, pp. 246-296.
- (1990): *Ámbito institucional en el desarrollo currículo*: En Medina, A., y Sevillano, M.^a L. (Coords.) *Didáctica-Adaptación. El currículum Fundamentación, diseño, desarrollo y evaluación*. Madrid: U. N. E. D., pp. 266-336.
- (1991a): "La dirección participativa". *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 189, febrero, pp. 26-27.
- (1991b): *Modelos organizativos, modelos directivos*. Actos: *I Jornadas sobre la dirección escolar*. Formación Europea de Administradores de la Educación. Barcelona: Marco.
- (1991c): *Planteamientos institucionales en los centros educativos*. Curso de Formación para Equipos Directivos. Subdirección General de Formación del Profesorado. Madrid: M. E. C.
- (1992a): "El Proyecto de Centro como instrumento de planificación". Barcelona: *Aula*, n.º 2, pp. 49-53.
- (1992b): "La dinamización del centro escolar. Estrategias para la mejora cualitativa". En Actas del Congreso Internacional sobre Dirección de Centros. Bilbao: I. C. E., Universidad de Deusto.
- HAAVELSRUD, M. (1983): *La reflexión sûr le futur à l'école. Perspectives*, vol.XIII, n.º 1, pp. 9-19.
- HARGREAVES, D. (1988): *La formación del profesorado*. En CIDE: Actas de la reunión sobre la renovación de la Educación Secundaria y Profesional. Madrid: pp. 235-240.
- IMBERNON, F. (1989): *La formación del profesorado*. Barcelona: Laia.
- LÓPEZ HERRERÍAS, J. L. (1978): *Roles y funciones del profesor*. Zaragoza: Luis Vives.
- JIMENEZ Y CORIA, L. (1985): *Organización Escolar*. México: Fernández Editores, p. 210.
- KENNETH, W. (1980): *Educación y escolaridad*. Barcelona: Herder.
- LUFT, J. (1972): *Introducción a la dinámica de grupos*. Barcelona: Herder.
- LUFT, J. (1976): *La interacción humana*. Madrid: Marora.
- MARCELO, C. (1987): *El pensamiento del profesor*. Barcelona: CEAC.

-
- MARCELO, C. (1988): *Avances del pensamiento de los profesores*. Sevilla: Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- MARTINEZ, A. (1979): *Comunicación y participación en la escuela*. Valencia: Nou Llibres.
- MATERI, L., y BAHLER, N. R. (1984): *Administración Escolar. Planeamiento institucional*. Buenos Aires: El Ateneo.
- MAURI, T., y otros (1990): *El curriculum en el centro educativo*. Barcelona: I. C. E.-Harsori.
- M. E. C. (1989): *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria I*. Madrid: Servicio de Publicaciones.
- M. E. C. (1989b): *Libro Blanco para la Reforma del Sistema Educativo*. Madrid: Servicio de Publicaciones.
- M. E. C. (1992): *El Proyecto Curricular*. Madrid. (Documento incorporado a los Materiales para la Reforma.)
- M. E. C. (1992): *Materiales para la Reforma*. Madrid. (Documentos varios.)
- M. E. C. (1990): *Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo*. Madrid: Servicio de Publicaciones.
- M. E. C. (1989): *Diseño Curricular Base de Educación Infantil*. Madrid: Centro de Publicaciones.
- MELLA, R. (1968): *Ideario*. Barcelona: Producciones Editoriales.
- MEUCHEN, F. (1992): *El Proyecto Curricular*. En varios: *Proyectos y Gestión Educativa. Guías para la Reforma*. Madrid: Iris 5 Internacional.
- MORENO, J. M. (1967): "Organización escolar: Bases para la construcción de un programa". *Notas y Documentos*, n.º 18. Madrid: Dirección General de Enseñanza Primaria, CEDODEP.
- OLIVEIRA, L. (1983): "École archaïque, école créatrice". *Perspectives*, vol. XIII, n.º 2, pp. 161-183.
- PARIENTE, F. (1986): "Se busca escuela divertida". *Padres y Maestros*, n.º 124, diciembre de 1986, pp. 6-7.
- PEDRO BUERA, R. (1982): "Papel de las escuelas y papel de los profesores dentro del Sistema Educativo". *Primer Seminario Teórico Internacional de Prospectiva General y Educativa*, pp. 15-19, noviembre. Madrid.
- PONT, E. (1992): *La Unidad Didáctica*. Melilla: Curso para Orientadores. (Documento policopiado.)
- ROBBINS, S. (1987, 3ª): *Comportamiento organizacional*. México: Prentice Hall, Naucalpan de Juárez.
- SANVICENS, A. (1972): "Métodos educativos". *Revista Española de Pedagogía*, Madrid: n.º 118, abril-junio, pp. 137-168.
- (1973): "El enfoque sistémico en la metodología: La educación como sistema". *Reforma cualitativa de la Educación*, Sociedad Española de Pedagogía. Madrid: Instituto San José de Calasanz, CESIC, pp. 245-275.
- SALCEDO, Ch. (1977): *Experiencia y teoría de las comunas infantiles*. Barcelona: Fontanella.

- SCHWARTZ, B. (1979): *Hacia otra escuela*. Madrid: Narcea.
- Secretariado de la Escuela Cristiana (1991): *El Proyecto Curricular de Centro: qué es, qué pretende, de qué consta y cómo se elabora*. Barcelona.
- SKIDELSKY, R. (1973): *La escuela progresiva*. Barcelona: Redondo.
- TENORTH, H. (1988): "Profesiones y profesionalización. Un marco de referencia para el análisis histórico del enseñante y sus organizaciones". *Revista de Educación*, n.º 285, pp. 77-92.
- TOUZARD, H. (1981): *La mediación y la solución de los conflictos*. Barcelona: Herder.
- Varios (1981): *El profesor. Formación y perfeccionamiento*. Madrid: Escuela Española.
- Varios (1988): "Profesionalidad y profesionalización de la enseñanza". *Revista de Educación*, n.º 285, enero-abril.
- Varios (1988): *La formación de los profesores*. Servicio de Publicaciones. Granada: Universidad de Granada.
- Varios (1991): *Del projecte educatiu a la programació d'aula*. Barcelona: Graó.
- VILLA, A. (1988) (Coord.): *Perspectivas y problemas de la función docente*. Madrid: Narcea.
- VILLAR, L. M. (1988): *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores*. Alcoy: Marfil.
- WALTON, R. E. (1988): *Conciliación de conflictos*. México: Sitesa, D. F.
- ZABALZA, M. (Coord.) (1989): *La formación práctica de los profesores*. Santiago de Compostela: Departamento de Didáctica y Organización Escolar-I. C. E., Universidad de Santiago de Compostela.

Actividades complementarias

1. Delimitar específicamente el tipo de profesional que precisa la educación primaria y secundaria a partir de las finalidades de la educación y de las funciones que la sociedad asigna a cada uno de esos niveles educativos.

Finalidades Educativas	Función de:	Características específicas del profesional deseable
1. Potenciar el desarrollo personal.	<ul style="list-style-type: none"> • La educación primaria. • La educación secundaria obligatoria. • La educación secundaria post-obligatoria. 	
2. Favorecer el proceso de socialización.	<ul style="list-style-type: none"> a) b) c) ... 	

2. De acuerdo con las reflexiones realizadas en la cuestión anterior, delimitar específicamente respecto al profesor de ciencias de la Naturaleza:

a) ¿Qué es? y ¿Qué debe ser? (perfil)

b) ¿Qué hace habitualmente? (roles)

c) ¿Qué debe hacer? (funciones)

d) ¿Cómo lo hace y cómo lo debería de hacer? (estilos).

3. Plantear diez preguntas sobre aspectos relacionados con los centros y los profesores que afecten a la reforma e intente contestarlas en grupo.
4. Definir, a partir de la lectura del texto de Gairín (1990), las variables que delimitan los tres niveles de la realidad curricular: la macroestructura curricular, el contexto escolar y el contexto del aula.
5. Definir y relacionar de manera operativa los siguientes términos:
 - Proyecto Curricular de etapa.
 - Proyecto Educativo.
 - Objetivos didácticos.
 - Objetivos institucionales.

6. Delimitar a partir del D. C. B. los presupuesto antropológicos, sociológicos y pedagógicos que pueden constituir la base del Proyecto Educativo y del Proyecto Curricular del centro.
7. Realizar un informe sobre los procedimientos para realizar el P. C. C. a la vista de las experiencias de diferentes centros educativos.
8. Realizar un plan de actuación real para conseguir que su centro tenga un Proyecto Curricular propio.

9. Elaborar un instrumento que permita valorar la importancia que un centro docente da en sus planteamientos institucionales a la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza.

10. Analizar los problemas que la toma de decisiones tiene en su centro a partir de la lectura del artículo de Fabra (1987).
11. Delimitar tres problemas básicos que dificultan la eficacia de las reuniones de los Equipos de ciclo o Seminarios.

-
12. Debatir colectivamente el análisis que hace la Administración Educativa en los textos que a continuación se recogen sobre las necesidades sociales y educativas.

a) Cambios socio-culturales y económicos:

"... En las dos décadas transcurridas desde la promulgación de la Ley General de Educación, la sociedad española ha experimentado transformaciones profundas que afectan no sólo a su estructura social, sino también a las actitudes y valores sociales. Estos cambios han coincidido con una larga y severa crisis económica que comenzó en los últimos años del régimen anterior. La elevación brusca de los precios del petróleo en casi un 500%, a finales de 1973, señaló un cambio de tendencia en las economías de los países desarrollados, que se ha prolongado por espacio de más de una década. Los países de la O. C. D. E. pasaron de tasas de aumento del Producto Interior Bruto del 5% anual a un estancamiento, al crecimiento cero. Todo ello se acompañó de incrementos de la inflación, de un aumento espectacular del desempleo y de un alto déficit de las balanzas de pagos. Estos procesos se acentuaron cuando los precios del petróleo volvieron a doblarse en 1979.

Estos fenómenos se manifestaron en España de un modo todavía más intenso. El P. I. B. disminuyó su crecimiento medio del 6,5%, en el período 1963-73, al 2,5%, en los años 1974-80. Cuando se comparan las tasas de crecimiento de precios al consumo de estos dos períodos, se observa el aumento de la inflación, que llega hasta un 24,5% en 1977, y pasa de una media del 7,4 % en 1965-73 a otra del 18% en 1974-80. También se da una disminución de la tasa de crecimiento real de la demanda interior, un aumento importante del desempleo y un incremento del déficit exterior mayor que en los demás países de la O. C. D. E. Hasta la segunda mitad de esta década no se lograron aplacar muchos de los efectos de la crisis y sólo desde 1985 se asiste a una inversión clara de tendencia, en la ocupación y el crecimiento del P. I. B., que está repercutiendo en un aumento significativo de inversiones para mejorar el sistema educativo.

Las consecuencias de la situación descrita, en términos de desempleo —particularmente agudo entre los jóvenes—, se han yuxtapuesto a un aumento de la tasa de dependencia de la población (porcentaje de ciudadanos fuera de la edad laboral sobre la población activa potencial) debido a la prolongación de la esperanza de vida y al aumento de la natalidad registrado en nuestro país, con retraso del resto de Europa.

Naturalmente, ni el sistema educativo ni los procesos de enseñanza que en su seno se dan pueden permanecer al margen de fenómenos como los descritos. Una sociedad desarrollada con una tasa de dependencia alta precisa de sistemas flexibles de educación de adultos, capaces de dar respuesta a amplios colectivos que, con independencia del producto económico de su actividad, deben sentirse activos y beneficiarse entre la calidad y flexibilidad de la educación técnico-profesional y el grado de competitividad de la economía nacional." (M. E. C., 1989: páginas 86-87.)

b) Aparición de sistemas de formación paralelos

Gran parte de la oferta de Formación Profesional no reglada que proporciona la cualificación, el reciclaje y la reconversión profesional que precisan muchos adultos, se realiza a través del Instituto Nacional de Empleo (I. N. E. M.), organismo autónomo que depende del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. El

Plan Nacional de Formación e Inserción Profesional (Plan F. I. P.) ha permitido estimular esta modalidad formativa. Para llevar a cabo el Plan F. I. P., el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social establece convenios con las diferentes Administraciones públicas, organizaciones empresariales y sindicales e instituciones privadas. Existe un convenio entre los Ministerios de Educación y Ciencia, y Trabajo y Seguridad Social que define las vías de colaboración en el Plan.

El Plan F. I. P. se instrumenta a través de programas de Formación Profesional para jóvenes y parados de larga duración, inserción profesional a través de contratos en prácticas, recuperación de la escolaridad, enseñanza en alternancia, formación de jóvenes en el Servicio Militar, Formación Profesional ocupacional en ámbitos rurales y en sectores y empresas en fase de reestructuración, Formación Profesional ocupacional de mujeres en actividades en que están subrepresentadas y cursos para personas ocupadas, profesionales autónomos, minusválidos, emigrantes y otros colectivos. En 1988 participaron en estas acciones formativas 283.684 alumnos, la mayoría de los cuales (54%) eran jóvenes menores de veinticinco años. El 57,8% de estos alumnos son personas con E. G. B., certificado escolar o sin estudios, justamente quienes tropiezan con mayores dificultades en su inserción laboral. Más del 75% de los beneficiarios de estos cursos están desempleados. (M. E. C., 1989: página 9.)

También por su importancia ha de hacerse mención de los numerosos cursos que se imparten de Formación Profesional ocupacional, integrados en el Plan de Formación e Inserción Profesional (F. I. P.), a través de los cuales muchos jóvenes obtienen certificaciones profesionales. Dichos cursos, por su contenido y denominación, son a veces similares a los de la Formación Profesional reglada. En otros casos se trata de especialidades experimentales no homologables con aquélla. En cualquier caso, la existencia de estos dos sistemas paralelos de Formación Profesional y la consiguiente duplicidad de oferta tiene como consecuencia una serie de dificultades en cuanto a equiparación de titulaciones, dotaciones presupuestarias, subvenciones, etc., que deben ser corregidas.

El Consejo Escolar del Estado, por ello, insta a las Administraciones públicas competentes para que el nuevo diseño de la Enseñanza Técnico-Profesional conlleve hacia un sistema unificado de certificaciones profesionales, contando con la participación de los agentes sociales interesados al efecto y sin menoscabo de las funciones propias del Consejo General de Formación Profesional.” (Consejo Escolar, 1989: página 30.)

c) Disfunciones específicas en el Sistema Educativo

El análisis detallado de las insuficiencias de la actual ordenación educativa ha sido hecho repetidas veces. El Documento “Proyecto para la Reforma de la Enseñanza” del Ministerio de Educación y Ciencia, de junio de 1987, realizaba un diagnóstico de las mismas que puede ser reproducido sucintamente aquí:

- Los centros de educación infantil o de enseñanza preescolar, a menudo, revisten todavía carácter de “guardería”, sin contenidos educativos propios. Otras veces, por el contrario, descuidan el carácter esencialmente lúdico de la educación en este nivel y anticipan contenidos educativos que son propios de edades posteriores.

-
- En la Educación General Básica, principalmente en el ciclo superior, los programas se hallan sobrecargados de contenidos, son poco aptos para favorecer la asimilación real de los contenidos y escasamente adaptados a las actitudes y motivaciones de los alumnos de la correspondiente edad.
 - Al término de la Educación General Básica y en la articulación con las Enseñanzas Medias persisten altos índices de abandono escolar, así como de número de alumnos que no alcanzan el título de graduado escolar al final de la educación obligatoria.
 - Tanto la Formación Profesional, sobre todo la de primer grado, cuanto el Bachillerato, conocen igualmente, sobre todo en el primer año, elevados índices de fracaso y de abandono.
 - Los contenidos de la Formación Profesional son poco motivadores para los alumnos, no siempre orientados a la práctica y a veces desconectados de la realidad profesional y económica del mundo productivo.
 - En el Bachillerato domina el academicismo, el aprendizaje sólo memorístico y la escasa flexibilidad en los programas.
 - El Curso de Orientación Universitaria, pese a haber tenido periódicos cambios en sus programas, no ha llegado a cumplir adecuadamente ni su papel orientador, ni su función de conectar las Enseñanzas Medias con la Universidad.
 - Tanto las Enseñanzas Artísticas, como las Musicales, se hallan desconectadas del sistema educativo principal, cumpliendo funciones de suplencia que no son las suyas y haciendo, por otra parte, muy difícil a los alumnos que las cursan con finalidad profesionalizadora el compatibilizar estas enseñanzas con la educación ordinaria." (M. E. C., 1989: páginas 89-90.)

d) Necesidad de reformar el Sistema Educativo

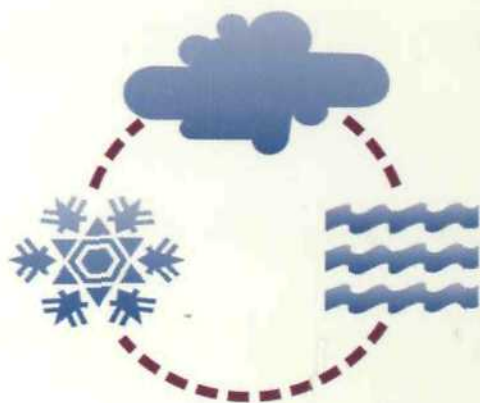
Los problemas irresueltos y las nuevas necesidades derivadas de los cambios en la sociedad española, aconsejan replantear, en términos globales, la ordenación del Sistema Educativo. Destacan, a ese respecto, sobre todo:

- La inadecuación del modelo de la L. O. G. S. E. a la Constitución de 1978, sobre todo en lo tocante a la nueva organización y ordenación territorial del Estado.
- Los desajustes actuales entre las necesidades culturales y de capacitación profesional de la población y las posibilidades educativas que ofrece el sistema. Esos desajustes se relacionan con los importantes cambios de las estructuras económicas y sociales que han tenido lugar en España durante los últimos veinte años y con los más recientes desarrollos tecnológicos, científicos y culturales.
- La necesidad de homologar las estructuras y las cotas de calidad del Sistema Educativo con los de los países de la Comunidad Europea, de la que España es ahora integrante. (M. E. C., 1989: página 86.)



DIRECCIÓN GENERAL de RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección General
de FORMACIÓN DEL PROFESORADO

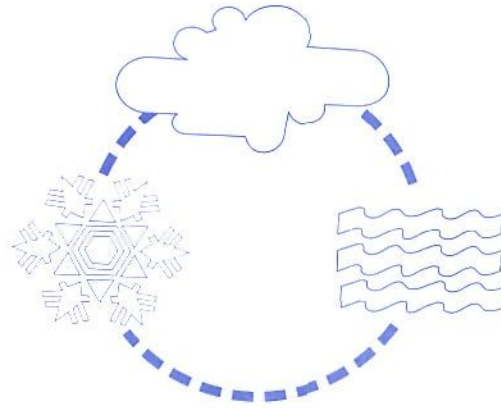


Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza

Curso de actualización científica y didáctica



Ministerio de Educación y Ciencia



Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza

Autores

M.^a del Pilar Jiménez Aleixandre
Carmen Albadalejo Marcet
Aureli Caamaño Ros

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O.: 176-92-015-6

I. S. B. N.: 84-369-2254-9

Depósito legal: M-23040-1992

Imprime: MARIN ÁLVAREZ HNOS.

Índice

Introducción	7
¿Qué es la Didáctica de las Ciencias?	7
Una mirada atrás	9
Algunas líneas de investigación actuales	10
1. El desarrollo cognitivo y afectivo: objetivos de la enseñanza de las Ciencias ...	13
El desarrollo del pensamiento formal y los objetivos de la enseñanza de las Ciencias	15
La reconstrucción de los conocimientos conceptuales	15
Las destrezas relacionadas con la resolución de problemas, la exploración y la experimentación	17
El desarrollo afectivo	18
La imagen de la Ciencia	20
Bibliografía.....	23
2. Análisis de modelos didácticos	25
El modelo de transmisión-recepción	27
El modelo de descubrimiento	30
El modelo constructivista	33
Bibliografía.....	39
Anexo	41
3. La organización de los contenidos de Ciencias	43
<i>Hacia un currículo equilibrado</i>	44
Criterios de selección	44
Criterios de organización y de secuenciación	46
Ejemplos de organización de contenidos siguiendo distintas pautas.....	52
Bibliografía.....	53
Anexo	55

4. Las concepciones previas de los alumnos. Estrategias para lograr el cambio conceptual	57
Las concepciones previas de los alumnos	57
Origen de las ideas alternativas	59
Características de las ideas alternativas	61
¿Cómo conocer las ideas previas?	62
Estrategias para lograr el cambio conceptual	67
Dos ejemplos de elaboración de un modelo mediante una estrategia de cambio conceptual	72
La nutrición de las plantas	72
La naturaleza corpuscular de los gases	81
Bibliografía	91
5. Los trabajos prácticos	95
Objetivos de los trabajos prácticos	96
Una tipología para los trabajos prácticos	96
Los procesos y las habilidades en relación a los trabajos prácticos	97
Experiencias, experimentos, ejercicios e investigaciones	101
Experiencias	101
Experimentos	103
Ejercicios prácticos	104
Investigaciones	106
Los trabajos prácticos en relación a su apertura y el grado de dirección del profesor	112
Análisis de una serie de trabajos prácticos	113
Ejemplos de trabajos prácticos	113
Bibliografía	125
6. La resolución de problemas	129
¿Qué es un problema?	129
¿Por qué utilizar actividades de resolución de problemas?	130

Tipos de problemas	132
La enseñanza de la resolución de problemas	134
Los problemas de papel y lápiz	139
La resolución de problemas y el trabajo en equipo	155
Bibliografía.....	157
A modo de conclusión: hay muchas formas de aprender Ciencias	161
¿Un modelo de aprendizaje conlleva un modelo de enseñanza?	161
La variedad de estrategias docentes.....	163
Bibliografía.....	165

Introducción

M.^a del Pilar Jiménez Aleixandre

¿Qué es la Didáctica de las Ciencias?

Durante muchos años se ha entendido que la Didáctica de las Ciencias consistía fundamentalmente en listados de recursos, de actividades de laboratorio o de prácticas de campo. Respondiendo sin duda éstos a necesidades sentidas por el profesorado (¿Cómo puedo mejorar mis clases?), adolecían de una falta de vertebración que correspondía a un campo de estudio que aún estaba constituyéndose.

Actividad 1

De igual forma que podemos definir brevemente el campo de estudio de la Zoología, la Bioquímica o la Paleontología.

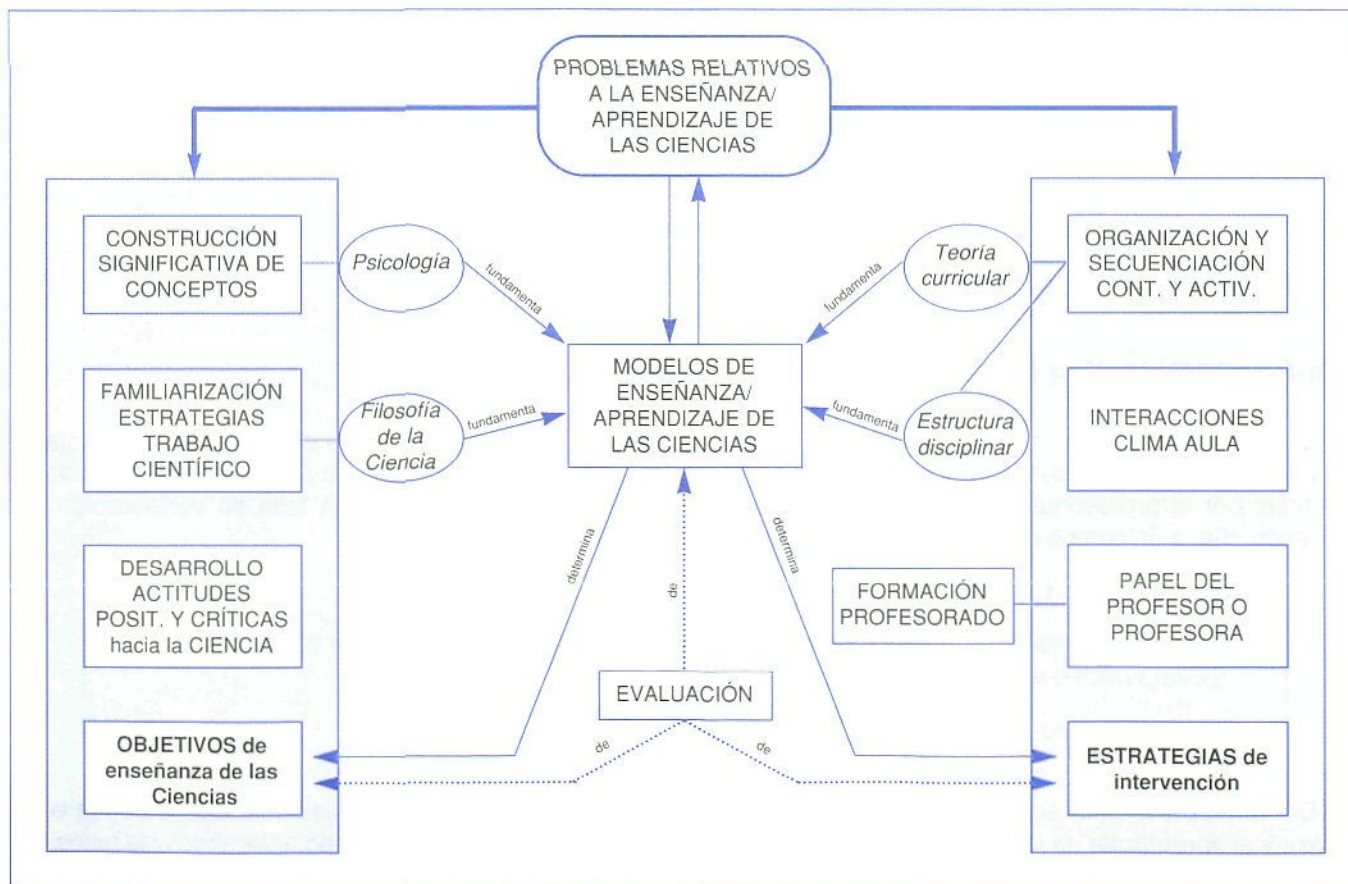
¿Cómo definirías el campo de la Didáctica de las Ciencias?

De forma breve podríamos decir que la Didáctica de las Ciencias aborda los problemas suscitados en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias. Viennot (1989) delimita con precisión este campo, indicando que estos problemas están relacionados con el contenido de las disciplinas (excluyendo cuestiones sociológicas o psicológicas de tipo general), y que lo que pretende es generar conocimientos **predecibles** y **transmisibles**, superando las competencias y convicciones personales e intransferibles.

Actividad 2

Cita algunos de los principales problemas a los que te has enfrentado como profesora o profesor de Ciencias.

En nuestra opinión los problemas relativos a la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias (a veces se habla de enseñanza-aprendizaje para subrayar la estrecha conexión entre ambos) son específicos y, si bien guardan relación con la Filosofía de la Ciencia, la Psicología, la Teoría curricular y otras disciplinas, su resolución requiere una investigación con metodología y características propias, cuyos resultados van configurando un sistema de conocimientos cada vez más estructurado.



Cuadro 1. Cuestiones a resolver en la enseñanza de las Ciencias

Estos problemas pueden considerarse como distintas facetas de las dificultades experimentadas por las y los estudiantes en el aprendizaje de las Ciencias, o si se quiere expresarlo en otros términos, los problemas planteados para la consecución de los objetivos de la enseñanza de las Ciencias.

Algunos de ellos aparecen esquematizados en el cuadro 1, tanto en cuanto a las cuestiones suscitadas desde el punto de vista de las capacidades y actitudes que se desean potenciar (objetivos) como desde la perspectiva de las distintas formas de intervención en el aula, así como de las relaciones de todas estas dimensiones con los modelos de aprendizaje.

Una mirada atrás

Decimos que el campo de la Didáctica de las Ciencias está empezando a estructurarse porque hace sólo diez o quince años la enseñanza seguía, en la mayoría de los casos, un modelo tradicional de “clase magistral”, a excepción de algunos núcleos aislados que realizaban una práctica innovadora. La desconexión con los movimientos de renovación de otros países, como por ejemplo el que revolucionó la enseñanza de las Ciencias en el mundo anglosajón en los años 60, era general, tanto en la renovación como en la investigación didáctica.

Este panorama cambió a finales de los 70 y principios de los 80, con una explosión de iniciativas para transformar la escuela; en Ciencias subrayando la importancia de las actividades prácticas, del estudio del entorno y de la adquisición de destrezas científicas, en gran medida debido a la influencia de las corrientes innovadoras procedentes de Inglaterra y de Estados Unidos. Estas innovaciones se realizaban —las realizábamos— de forma empírica, probando algo que funcionase mejor, que fuese más satisfactorio.

Como ha señalado Gil (1983), esta actividad innovadora carecía de fundamentación teórica, o, de tenerla, era de carácter inductivista, considerando la observación como punto de partida de la actividad científica.

Este análisis no supone un rechazo de esas corrientes de innovación, sino más bien una reflexión autocrítica realizada por muchas personas que tomamos parte en ellas. Por el contrario, creo que en ocasiones no se valora suficientemente la aportación fruto del trabajo de muchos docentes que, al principio con escaso o nulo apoyo de las instancias oficiales, dedicaron buena parte de su tiempo libre a preparar actividades, a discutir con otros o a formarse. Sin ese movimiento, con todos los errores y carencias que ahora percibimos, no estaríamos hoy donde estamos.

Una característica del trabajo de innovación de esta etapa, aún no superada totalmente en la actualidad, era su carácter no acumulativo, patente en publicaciones, comunicaciones, etc. Es decir que, en vez de basar las nuevas aportaciones en las anteriores —sea para confirmarlas o para refutarlas—, cada nuevo trabajo parecía volver al punto cero, pues ni se citaban otros trabajos anteriores sobre las mismas cuestiones, ni se daban por supuestas conclusiones de otros (tampoco para criticarlas de forma rigurosa), lo que provoca una circularidad en las propuestas y la impresión de que no se avanza.

Algunas líneas de investigación actuales

Al decir que la Didáctica de Ciencias es un campo en formación, tanto a nivel internacional como en nuestro país, queremos indicar que aún falta bastante camino por recorrer. Por ejemplo no podemos decir que disponemos ya de soluciones para los problemas de aprendizaje de las Ciencias, sino más bien que estamos en situación de poder **plantear** estos problemas en términos adecuados.

Están delimitándose lo que son problemas de la enseñanza de las Ciencias y lo que en otro lugar (Jiménez, 1988) he llamado “ruido de fondo”, es decir cuestiones que a veces fagocitan los debates sobre Didáctica y de las que algunos ejemplos pueden ser:

- Tengo demasiados alumnos por aula.
- Hay escasez de material en los laboratorios.
- Los alumnos vienen con muy mala base de (póngase el nivel anterior).
- No tengo tiempo para terminar el programa.
- Si haces experiencias o itinerarios pierdes mucho tiempo que necesitas para la teoría.
- Si hago actividades en pequeño grupo no sé cómo ponerles nota.

No se puede negar que estos problemas existen y preocupan a las y los docentes, pero la solución de algunos de ellos pasa más bien por medidas de tipo administrativo (como los dos primeros) y no son cuestiones propias del aprendizaje de las Ciencias ni que pueda resolver la investigación didáctica.

Sin entrar a debatir cada una de ellas, quizá se pueda mencionar que para bastantes actividades resulta problemático trabajar con un número excesivamente pequeño de estudiantes, que limita las interacciones (aunque, por supuesto, es preferible tener 30 que 40); o que, aunque es mejor contar con un laboratorio bien dotado —en lo que son deficitarios algunos Centros públicos de Primaria, pero no los de Secundaria—, no son indispensables sofisticados aparatos para una buena enseñanza de las Ciencias, mientras que sí lo es una estrategia adecuada. Por otra parte, es importante distinguir entre programas y su desarrollo en los libros de texto (modelos de seres vivos puede ocupar un capítulo o diez).

En cuanto a la “mala base”, hoy día creo que hay consenso en educación acerca de que la primera tarea del docente es, precisamente, conocer lo que saben sus estudiantes y trabajar a partir de ahí, y en mi opinión, la enseñanza obligatoria debería plantearse sus objetivos de tal forma que uno de ellos sea lograr que todos los estudiantes alcancen como mínimo el nivel de “aprobado”.

¿Cuáles son entonces los problemas específicos de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias? Sin pretender una relación exhaustiva, podemos citar algunos:

- Las dificultades de las y los estudiantes para transferir lo aprendido en un contexto a otro distinto, en concreto la persistencia de ideas alternativas en la interpretación de fenómenos naturales.
- La resolución de problemas de forma mecánica, mediante la aplicación de un algoritmo, en vez de realizar un análisis cualitativo de la situación, y comprobar la idoneidad de los modelos disponibles para explicarla resolviendo el problema (lo que puede llevar a revisar el modelo).

- El desarrollo de actitudes positivas (interés, curiosidad, honestidad en la experimentación, etc.) y críticas hacia la Ciencia, superando la situación actual en la que, en muchos países, el interés hacia la Ciencia disminuye a lo largo de la escolarización.
- La realización de trabajos prácticos que supongan una exploración por parte de las y los estudiantes, un desafío, y no seguir una “receta”.
- La idoneidad (o la ausencia de ella) de los distintos modelos de enseñanza y de las estrategias con ellos relacionadas. Asociado a éste, el problema de cómo evaluar la idoneidad o eficiencia de los modelos, y su fundamentación teórica.
- La relevancia (o ausencia de la misma) de los contenidos de Ciencias para la vida de las personas; la contextualización de la ciencia que se aprende en la enseñanza obligatoria.

No es una relación original, sino que comprende las líneas de trabajo que siguen quienes investigan en didáctica, respondiendo a “problemas” —esto es cuestiones aún sin resolver y para las que no hay una respuesta obvia— surgidos en las clases de Ciencias. En algunos casos estos problemas se investigan siguiendo métodos cuantitativos, que se aproximan a los de las Ciencias Experimentales, y en otros, se estudian con métodos etnográficos, estudios de casos etc., de carácter más cualitativo, tomados de las Ciencias Sociales.

De estas cuestiones trata este módulo, comenzando con las capacidades y actitudes que la enseñanza de las Ciencias trata de promover, o en otras palabras, los objetivos de la enseñanza de las Ciencias (capítulo primero). Conviene subrayar que estos objetivos suponen en la actualidad un campo más amplio que los tradicionales contenidos conceptuales.

Con unos mismos objetivos, puede haber muchas formas de enfocar el trabajo en el aula, según el modelo didáctico en que cada persona esté situada, y el capítulo segundo analiza algunos de los modelos que más han influido en la enseñanza de las Ciencias. En el tercero se analiza la organización de contenidos en el currículo, es decir, las decisiones que el equipo de profesoras y profesores, o una persona determinada, puede tomar, y las opciones que se le presentan.

En el capítulo cuarto se presentan formas de concretar algunos de estos modelos didácticos en actividades para promover el aprendizaje, en concreto estrategias relacionadas con los objetivos de aprendizaje significativo de conceptos, que según el modelo constructivista, precisan para su consecución tener en cuenta las ideas previas del alumnado y utilizarlas como punto de partida de la instrucción.

En el capítulo quinto se abordan los trabajos prácticos, tradicionalmente vinculados en Ciencias al desarrollo de habilidades y destrezas; desde una perspectiva integradora que propone una continuidad entre “trabajos prácticos” y “teóricos” y que contempla ambos como actividades en las que las y los estudiantes se ponen en situación de investigar o resolver problemas. En el capítulo seis se trata específicamente la resolución de problemas también contemplada como una actividad de investigación, en el sentido de buscar respuestas a una cuestión.

En conjunto estos capítulos pretenden trazar una breve panorámica de algunas formas de enseñar y aprender Ciencias, en las que las y los estudiantes son protagonistas de su propio aprendizaje, adoptan una estrategia u otra para resolver un problema, discuten sobre sus ideas, toman decisiones, es decir tienen un mayor control sobre sus propios procesos cognitivos.

Por último se recogen, a modo de síntesis, algunas reflexiones sobre la relación entre modelos de aprendizaje y modelos de enseñanza.

Cabe destacar que, aunque este módulo está relacionado con los de Teoría y Práctica del currículo, Psicología del adolescente y del aprendizaje etc., esta relación es más estrecha con las orientaciones para la elaboración de unidades didácticas.

Es imposible pretender tratar en este espacio todos los problemas que se le plantean al docente de Ciencias, y mucho menos ofrecer soluciones para todos ellos. Presentamos pues algunos de los que, desde nuestra particular perspectiva y de acuerdo con la bibliografía existente, parecen más generalizados. Si con ello se cumple el doble objetivo de, por un lado, tranquilizar a las personas preocupadas por estos problemas, que comprobarán que son comunes, y por otro inquietar a las que se sienten satisfechas con su práctica, haciéndoles fijarse en cosas que quizá no habían visto, se habrán cumplido nuestros objetivos.



El desarrollo cognitivo y afectivo: objetivos de la enseñanza de las Ciencias

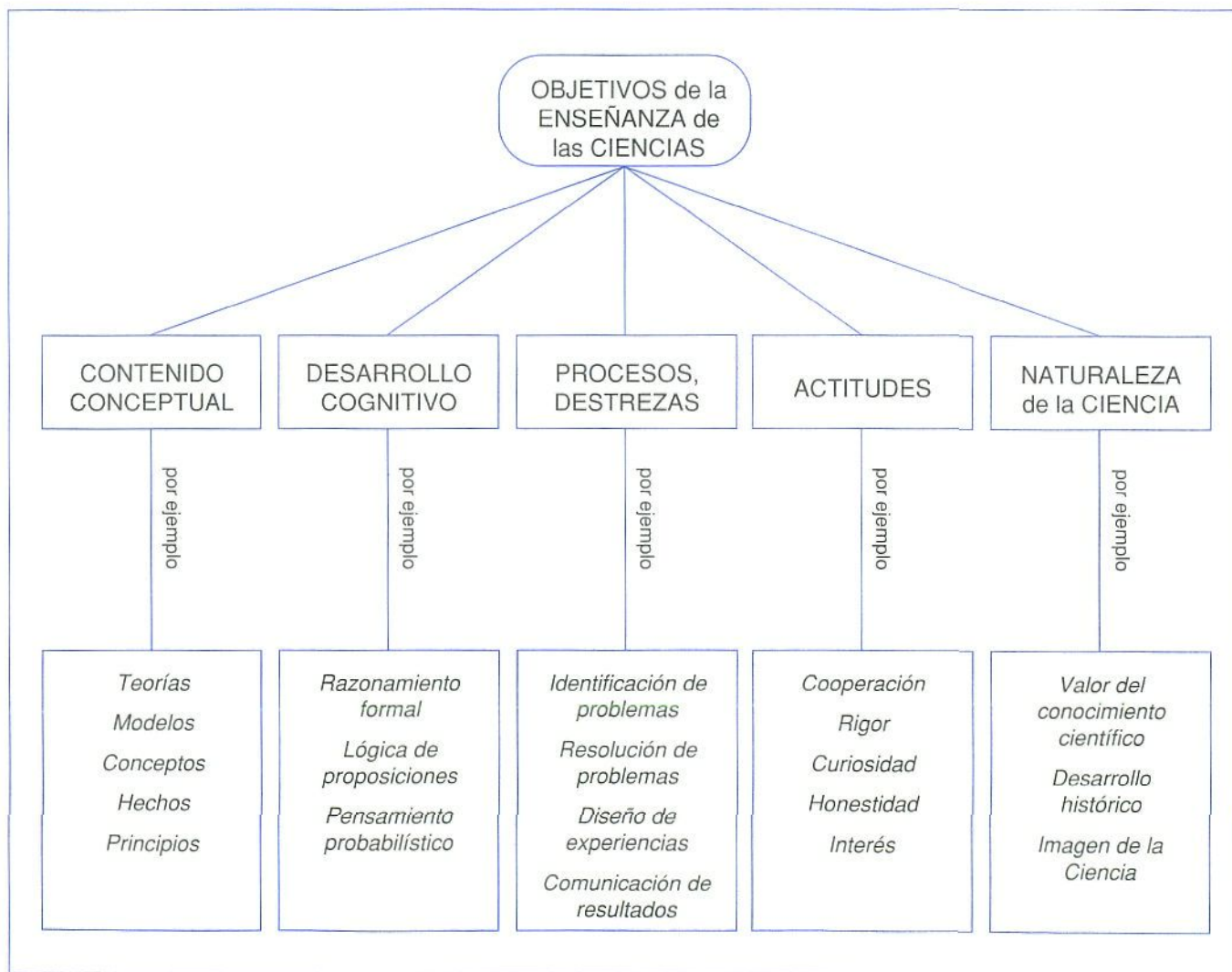
M.^a del Pilar Jiménez Aleixandre

La enseñanza de las Ciencias debe plantearse desarrollar una extensa variedad de **capacidades** y **actitudes**, y por tanto, los objetivos de la enseñanza de las Ciencias se pueden referir a diferentes campos o dimensiones. Hace ya algunos años los programas y los textos incluían objetivos como “la familiarización con el método científico” o el “respeto por el entorno”, pero en realidad era poco frecuente plantear en clase algo diferente de aprender conceptos y teorías científicas, y mucho menos evaluar aprendizajes en otras dimensiones.

Para Olivares (1987), estos campos son cuatro: contenidos, procesos, actitudes y aspectos metacientíficos. En el cuadro 2 presentamos una reformulación de estos cuatro campos, en la que hemos separado los procesos en dos: los que se refieren al desarrollo cognitivo, por un lado, y los relacionados con las metodologías científicas, por otro.

Esta sistematización, como casi todas, tiene un componente arbitrario (podrían incluirse en un solo campo actitudes e imagen de la Ciencia por ejemplo), y la separación entre algunos ámbitos resulta artificial y no parece darse en el aprendizaje en contextos reales; así hay datos que indican que el desarrollo cognitivo no se da en abstracto, sino sobre contenidos conceptuales concretos (Pozo, 1987), y que procesos y conceptos científicos se aprenden conjuntamente (Millar y Driver, 1987). Si tratamos cada uno de estos campos por separado es porque resulta más sencillo aislar así los problemas que plantean, igual que un histólogo estudia cortes de hoja, tallo o raíz, y no por eso pierde de vista que la planta funciona como un todo. También la clase de Ciencias es un conjunto, una unidad en la que una modificación de un factor afecta a los demás.

Nos referiremos, pues, a continuación a cada uno de estos campos, recordando que —como hace el Decreto de Currículo— consideramos como **contenidos** tanto los conceptuales como los procedimentales y actitudinales.



Cuadro 2. Objetivos de la enseñanza de las Ciencias

El desarrollo del pensamiento formal y los objetivos de la enseñanza de las Ciencias

El progreso de las estructuras cognitivas es un objetivo, no sólo de las Ciencias experimentales, sino de la educación en general. Puesto que en el módulo de Psicología se trata con detalle el pensamiento formal, no entraremos aquí a discutir sus características, únicamente mencionaremos algunas de las implicaciones que supone proponerse su desarrollo como uno de los objetivos de la enseñanza de las Ciencias.

Uno de los problemas planteados por diversos currículos de Ciencias, tanto centrados en los conceptos como en los procesos, es que el tipo de destrezas mentales que requieren de las y los estudiantes excede a las capacidades de la mayoría de la población escolar de esta edad.

Por ejemplo, un reciente trabajo de Saura *et al.* (1989) encuentra que sólo un 5% de los estudiantes de 8.º de E. G. B. de la muestra están iniciándose en el pensamiento formal. Esto es similar a los estudios en el Reino Unido (Adey y Shayer, 1990), donde parece que sólo un 30% de los estudiantes de dieciséis años está en la etapa inicial de las operaciones formales, y un 11% en la avanzada.

Señalemos que, aun si el modelo de los estadios piagetianos requiriese algunas matizaciones, sigue constituyendo un marco útil.

Incluso un neopiagetiano, Lawson (1989), ha propuesto que la persistencia de las ideas alternativas estaría relacionada con un desarrollo insuficiente del pensamiento hipotético deductivo. Como hemos argumentado en otro lugar (Jiménez, 1991), creemos que el razonamiento formal se desarrolla, no en abstracto, sino sobre dominios conceptuales concretos. Un aspecto interesante del modelo propuesto por Lawson es que la comparación entre ideas alternativas y científicas constituye una utilización del razonamiento formal (es decir, que además de aprender conceptos de Ciencias aprenderían a razonar).

También las destrezas del trabajo científico tienen relación con el estadio cognitivo, por ejemplo, el reconocimiento de variables o la identificación de hipótesis (Palacios *et al.*, 1989).

En todo caso sí parece conveniente adecuar las **demandas cognitivas** del currículo de Ciencias al nivel de desarrollo de la mayoría de las y los estudiantes, y por otra parte parece coherente que los docentes y los materiales de Ciencias hagan uso de las destrezas que se pretende que los estudiantes desarrollen. No siempre sucede así, y por ejemplo en un análisis de los temas de Genética en Bachillerato (Jiménez, 1990) hemos encontrado que la mayoría de los textos no utilizaban el pensamiento probabilístico, sino que planteaban los problemas de forma determinista (“uno de cada cuatro descendientes tendrá ojos azules” en vez de “la probabilidad de que uno de cada cuatro descendientes...”).

La reconstrucción de los conocimientos conceptuales

El objetivo de la comprensión y adquisición de hechos, principios, conceptos, teorías y modelos científicos es el que más personas identifican con “aprender Ciencias”, de forma que el término “contenidos” se entiende muchas veces como sinónimo de contenidos conceptuales.

A pesar de ello la línea de investigación sobre las ideas alternativas (Driver *et al.*, 1989) muestra que, en muchos temas de Ciencias, ese aprendizaje no ha logrado un conocimiento aplicable a la vida real.

Actividad 3 (en grupo)

En un cuestionario a estudiantes de catorce años se preguntaba:

“¿Qué tipo de nutrición tienen las plantas?”

La mayoría respondían que “son autótrofas”, “Se alimentan de la luz del Sol”, “Hacen la fotosíntesis”, etc.

En un cuestionario a otro grupo de la misma edad se preguntaba:

“¿De dónde toman su alimento los geranios que tengo en una maceta?”

Habiendo bastantes respuestas que indicaban “Del agua”, “Del suelo”.

¿Cómo explicáis estas diferencias? ¿Creéis que podrían darse los dos tipos de respuesta en un mismo curso? ¿Y en un mismo alumno o alumna? Argumentad las respuestas.

Sin extendernos sobre las ideas de las y los estudiantes, o las estrategias de introducción de conceptos, que son objeto del capítulo cuatro, sí conviene resaltar lo que significa plantearse este objetivo desde una u otra perspectiva.

Si aprender Ciencias se identifica con adquirir conceptos ya elaborados, transmitidos por el docente, y la medida de ese aprendizaje es hacer repetir a las y los estudiantes lo aprendido de forma casi idéntica a como se formuló en clase, podría considerarse que han aprendido Ciencias si responden que las plantas verdes realizan la fotosíntesis, o si dicen que el movimiento de la Tierra en torno al Sol describe una elipse.

Sin embargo, gran parte de esos conocimientos no son transferibles a la interpretación del mundo, y para la vida real las y los estudiantes siguen utilizando otras ideas, pensando que las plantas se alimentan de la tierra de las macetas, y que la fotosíntesis es una especie de intercambio gaseoso opuesto a la respiración, idea fomentada por las ilustraciones de los textos (Jiménez, 1989). O incluso muchos adultos explican los cambios estacionales por la mayor o menor proximidad de la Tierra al Sol.

¿Qué enseñanza de las Ciencias hay que planificar para lograr un conocimiento procedimental aplicable? Ausubel (1978) y Novak (1983) proponen tener en cuenta lo que los estudiantes ya saben, tender un puente entre sus conocimientos y esquemas mentales y la nueva información. En la misma línea Osborne y Freyberg (1991) señalan que son las y los estudiantes quienes deben construir de forma activa los significados. Habiendo en estos momentos un amplio consenso acerca de la importancia de esa reconstrucción de los conceptos y teorías científicos, hay bastante debate sobre la mejor forma de llevarla a cabo. Esta cuestión será abordada en el capítulo segundo, por lo que señalaremos únicamente que las propuestas coinciden en aspectos como hacer jugar un papel activo —especialmente mental— a las y los estudiantes, y para ello, por ejemplo, realizar actividades en las que tengan que aplicar los nuevos conceptos a situaciones variadas. Algunos trabajos en esta línea son el de Barker y Carr (1989) sobre fotosíntesis, el de Clement *et al.* (1989) sobre dinámica, o el de Jiménez (1991) sobre selección natural.

El segundo objetivo general de Ciencias para la Secundaria Obligatoria del Decreto de Currículo expresa esta misma intención:

“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.”

Podríamos desglosar este objetivo así:

- Reconstruir los conceptos básicos de la Ciencia, de forma que se facilite a las y los estudiantes la interpretación de sus experiencias.
- Construir modelos progresivamente más cercanos a los aceptados por la Ciencia acerca de la estructura y funcionamiento del mundo físico, el medio natural, su propio cuerpo y la tecnología de uso cotidiano.
- Utilizar los conocimientos adquiridos en distintos contextos.

Así, la Ciencia escolar desempeñaría el papel de herramienta para explicar los fenómenos y seres naturales, en vez del listado de enunciados y definiciones en que a veces se había convertido.

Las destrezas relacionadas con la resolución de problemas, la exploración y la experimentación

Un tercer bloque de objetivos es la adquisición de destrezas relacionadas con la experimentación y la resolución de problemas, o, según otras formulaciones, las estrategias del trabajo científico.

Durante los años 60 y 70 incluso se llegó a situar como objetivo fundamental el dominio de los procesos de la Ciencia, de la metodología científica, por suponer que estos procesos, que se imaginaban universales y comunes a todos los campos de estudio, eran los que permitían llegar a los conceptos y principios científicos.

La visión que enfrentaba conceptos y procedimientos está superada en la actualidad por una perspectiva integradora, en la que hay dependencia entre el aprendizaje de ambos, ya que, como señalan Gil *et al.* (1991), los procesos tienen sentido precisamente en el marco de paradigmas conceptuales. Para este autor hay que extender las propuestas de enseñanza como investigación más allá de la referencia a las prácticas de laboratorio (con las que suelen relacionarse casi en exclusiva) a todo el trabajo de construcción de conocimientos. Esto supone que todos ellos se plantean partiendo de una cuestión sin resolver. Gil entiende que esta forma de trabajar supone un cambio metodológico, superando las generalizaciones acríticas. Para ello es necesario poner a las y los estudiantes en situación de cuestionar lo que consideran evidente, imaginar nuevas interpretaciones de los fenómenos y contrastarlas experimentalmente, lo que en opinión de este autor es difícil, ya que es contrario a la metodología empleada en la vida cotidiana.

En concreto algunas destrezas de este tipo serían la propia **identificación** de problemas (tarea en la que los textos escolares no suelen colaborar, ya que es raro que señalen los problemas a los que los modelos científicos dan solución), y la **resolución** de problemas, cuestión a la que la investigación ha prestado bastante atención, debido en parte a las elevadas tasas de fracaso escolar en ella.

*Gil et al. (1988) proponen una nueva forma de abordar esta cuestión, que no se centre sólo en las diferencias entre expertos y principiantes, y que empiece por replantearse los problemas como situaciones para las que no se poseen soluciones hechas. En línea con la perspectiva de investigación antes mencionada, y rechazando la aplicación mecánica de algoritmos, los estudiantes comenzarían por un estudio **cuantitativo** de la situación, por una definición del problema; emitirían hipótesis sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada, elaborarían posibles estrategias de resolución etc. En Gil y M. Torregrosa (1987) se encuentra una fundamentada exposición de esta propuesta, junto con ejemplos de “traducción” de enunciados habituales, que se han reformulado a una situación abierta.*

Otra dimensión sería la referida a los **trabajos prácticos**. Gené (1986) ha mostrado que éstos suelen aparecer como una mera ilustración de las teorías expuestas, y que solicitan por parte del estudiante poco más que una repetición de porciones del texto, o la realización mecánica de una “receta” sin implicarlo en el diseño de experimentos o en la emisión de hipótesis.

Actividad 4

Haz un diseño experimental sobre el problema:

¿Percibimos todas las personas de igual forma los sabores?

Seguir los pasos propuestos por Gené: análisis del problema, hipótesis posibles, diseños para comprobarlas, protocolo de la experiencia (también habría que tener en cuenta el registro de datos y la redacción de un informe).

Sugerencias: sustancias puras en diferentes diluciones; nariz tapada o destapada; distinguir entre margarina y mantequilla, café y café instantáneo, dos marcas de refresco, etc.

En otras palabras, Gené pone de manifiesto que en los trabajos prácticos, además de las destrezas prácticas, de las técnicas o métodos experimentales concretos, no podemos olvidar las destrezas intelectuales como emisión de hipótesis, ni la capacidad de comunicar los resultados a los demás.

A esta dimensión se refieren los objetivos generales tercero (aplicar estrategias en la resolución de problemas) y cuarto (realización de actividades científicas) del Decreto de Currículo.

El desarrollo afectivo

Como Head (1989) ha puesto de relieve, el aprendizaje de las Ciencias no puede ser conceptualizado únicamente en términos cognitivos, es decir, hay que tener en cuenta, además de lo que las y los adolescentes piensan, lo que sienten. Este autor señala entre otras las siguientes áreas interrelacionadas en esta cuestión: diferencias entre los géneros, desarrollo en la adolescencia y actitudes hacia la Ciencia.

Actividad 5

- Según tu experiencia como docente, ¿crees que se plantean objetivos de actitudes? Cuando se plantean, ¿se evalúan de forma similar a los conceptuales?
- Elaborad en grupo una breve lista de objetivos de actitudes que os parezcan relevantes en Secundaria. Escoged uno y discutid si lo evaluaríais y cómo.

La necesidad de plantearse objetivos de actitudes puede justificarse desde dos perspectivas; por un lado, porque la educación obligatoria debe perseguir un desarrollo completo y armónico de la persona, y tan importante es por ejemplo la comprensión y la capacidad de aplicación de un modelo científico, como el pensamiento crítico que permita formarse opiniones propias, y tomar opciones o adoptar decisiones en relación con cuestiones científicas. Una decisión que puede inscribirse en este terreno es la de Rosenfeld, quien en 1973 decidió abandonar la Física teórica para investigar sobre el ahorro de energía eléctrica (Roturier y Mills, 1991) con la oposición inicial de las compañías eléctricas, abriendo una línea de trabajo que ha llevado al desarrollo de lámparas de bajo consumo, ventanas de baja emisividad y otras innovaciones.

Por otro lado están los estudios que muestran cómo en el Reino Unido y Estados Unidos el interés de los estudiantes en las Ciencias disminuye con la escolarización (Head, 1985). Puede considerarse un grave fracaso de la enseñanza el que a los estudiantes —sobre todo a las alumnas— les gusten cada vez menos, y parece difícil plantearse la reconstrucción de conceptos, o la adquisición de destrezas si no les importan las Ciencias. En España hay pocos estudios, pero no parece tan fuerte esta tendencia (Serrano, 1989).

Las razones de esta pérdida de interés están en discusión, y entre ellas se citan la imagen de la Ciencia (a la que nos referiremos en el próximo apartado), la actuación del docente, o la pérdida del atractivo de la Ciencia como una actividad que implica aventura. En todo caso la consecuencia sería que uno de los objetivos de la enseñanza de las Ciencias debe ser aumentar —o al menos mantener— el interés de las y los adolescentes en las cuestiones científicas, e intentar que desaparezcan o se atenúen las diferencias entre ambos géneros en este aspecto.

Revisando algunos aspectos señalados en el terreno afectivo:

— **Las ciencias y el género**

La cuestión inicialmente se planteó en términos de conseguir que un mayor número de alumnas escogieran opciones de Ciencias, y de equilibrar las diferencias de actitudes hacia la Ciencia de ambos sexos, que parecen tener repercusiones en el rendimiento académico y el abandono de asignaturas y carreras de Ciencias por parte de las alumnas.

Si bien en otro tiempo se atribuían estas diferencias a razones de tipo biológico, actualmente la investigación está sacando a la luz un complejo entramado de factores que influyen en este desinterés y menor rendimiento de las alumnas. Algunos de estos factores son de orden social, como los estereotipos, el ambiente familiar, etc., pero hay otros de carácter escolar, como los sesgos en el currículo, en el que normalmente

predominan los temas y ejemplos relacionados con las experiencia de los niños y que les interesan más (Smail, M. E. C., 1991), la organización del trabajo en el laboratorio, con el acaparamiento de material u ordenadores por los varones, o los sesgos en el profesorado que, como ha mostrado Spear (1984), puntúan más bajo un mismo ejercicio firmado con nombre femenino que con nombre masculino, y que interaccionan más con los niños que con las niñas. No es extraño, pues, que muchas niñas perciban la Ciencia como un dominio masculino y se apresuren a abandonarlo en cuanto se les da la opción.

A consecuencia de estas investigaciones, en la última década la misma cuestión planteada se transformó, ya que parece que se trata más bien de cambiar la enseñanza de las Ciencias, y no de hacer cambiar a las niñas. Estas críticas tanto a la propia Ciencia, como a su enseñanza, y a trabajos sobre la psicología de las y los adolescentes, como indica Head (1989), están contribuyendo a abrir nuevos caminos en la enseñanza de las Ciencias.

— Actitudes científicas y actitudes hacia la Ciencia

El Decreto de Currículo considera el aprendizaje de las actitudes como un objetivo por sí mismo, en lo que tiene de contribución al desarrollo global de las personas. Además, según algunos estudios, existiría una correlación entre las actitudes hacia la Ciencia y el rendimiento académico.

Es clásica la distinción entre actitudes **científicas** y actitudes **hacia** la Ciencia. En Serrano (1989) hay una buena revisión de ambas dimensiones. Las primeras se refieren al “pensamiento científico”, o deseo de utilizar procedimientos científicos (por ejemplo, curiosidad, objetividad, precaución en la emisión de juicios, etc.). Uno de los intentos más sistemáticos de redefinir este tipo de actitudes y su evolución es el de Giordan (1982), con una interesante propuesta sobre el tanteo experimental.

En cuanto a las actitudes hacia la Ciencia, se refieren al interés, gusto o satisfacción hacia el campo de conocimiento y hacia el aprendizaje del mismo, incluyendo los aspectos más relacionados con las aplicaciones sociales, como la tecnología o la gestión del medio ambiente. Aunque la medida de la variación de actitudes resulta compleja, parece que algunos de los factores que más influyen son el clima del aula y la actuación de la o el docente. Por último, señalemos que hay una polémica abierta acerca de si la medida de actitudes debe hacerse mediante cuestionarios de opinión, o mediante la observación de la conducta, ya que, según unos, la relación entre actitud y conducta no es lineal, y según otros es frecuente que las personas formulen un tipo de opiniones y actitudes (por ejemplo, no sexistas, no racistas o ambientalistas) por creer que es lo que se espera de ellas, mientras que su comportamiento es opuesto a la opinión expresada.

La imagen de la Ciencia

A los objetivos de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales hay que sumar aspectos de carácter metacientífico, referidos especialmente a la naturaleza de la Ciencia en cuanto actividad de producción de conocimientos. Parece que sería deseable en este terreno el desarrollo a lo largo de la enseñanza de una imagen de la Ciencia acorde con las corrientes actuales en epistemología, y que situase el conocimiento científico en su contexto histórico y lo relacionase con las aplicaciones tecnológicas que modifican en gran medida las condiciones de vida de la Humanidad.

Hemos tratado con más detalle esta cuestión en el módulo de Teoría y Práctica del Currículo, por lo que mencionaremos aquí solamente algunos aspectos relevantes para la dimensión de la imagen de la Ciencia como objetivo educativo, en concreto la contraposición entre “natural” y “tecnológico”, por un lado, y los sesgos androcéntricos, por otro.

Una manifestación de la valoración de la Ciencia más como una fuente potencial de peligros que como una contribución al bienestar de las personas es la distinción que los estudiantes establecen entre, por ejemplo, la radiactividad “natural” de un mineral de uranio, que no sería dañina, y la de un aparato que sí lo sería (Posada y Prieto, 1990).

Parece deseable promover una imagen que, sin caer tampoco en el tópico de considerar sólo los aspectos beneficiosos del trabajo científico, contemple la tensión entre éstos y los riesgos.

En el apartado anterior señalábamos las diferencias entre géneros en el aprendizaje de las Ciencias. Pruebas realizadas en distintos países muestran que la imagen que tienen niñas y niños de los profesionales de la Ciencia es la de un varón poco sociable. ¿Y los docentes?

Actividad 6

A continuación figuran varios avances científicos o técnicos debidos a mujeres (con asterisco las que recibieron el Nobel). Pon al lado los nombres que conozcas.

- Inoculación preventiva de la viruela
- Radiactividad* (interpretación y purificación radio)
- Catálisis y síntesis del glucógeno*
- Estructura de la corteza del núcleo atómico*
- Fisión atómica del uranio
- Desplazamiento de elementos génicos (transposones)*
- El primer PULSAR
- Estructura de la penicilina y de la vitamina B12*
- Diagnóstico y marcaje por radioisótopos*
- Factor del crecimiento nervioso NGF*
- “Primavera silenciosa”. Peligro del uso de pesticidas

En nuestra experiencia con numerosos grupos de docentes, el único nombre que reconocen con frecuencia es el de Curie (Maria Skłodowska); igual sucede con los textos escolares, donde la ausencia de científicas es clamorosa, y hasta algunas, como Lise Meitner o Nettie Stevens, aparecen citadas como “el físico Meitner”, “el biólogo Stevens” (Jiménez, 1991 b). No es muy aventurado suponer que uno de los factores que puedan disuadir a las mujeres de dedicarse a la Ciencia es esta imagen marcadamente masculina.

Habría que tener en cuenta también otras dimensiones que no entraremos a discutir de este sesgo androcéntrico, como son la consideración del varón como norma (que alcanza incluso a la selección de animales machos para experimentos) o el desequilibrio en temas de investigación.

Los aspectos mencionados son sólo algunas muestras de que es necesario transformar la imagen que sobre la naturaleza del trabajo científico desarrollan las y los estudiantes. Y en este terreno estamos de acuerdo con Anderson (1983) en que los objetivos de la enseñanza de las Ciencias que eran adecuados hace unas décadas pueden precisar una modificación, y casi diez años después sigue estando vigente su reivindicación de una enseñanza que tenga en cuenta el impacto de la Ciencia y la Tecnología en la sociedad y el ser humano. Esto no significa olvidar los contenidos conceptuales, o los procesos y destrezas, sino la necesidad de ampliar los objetivos y redefinirlos en orden a una mayor funcionalidad del conocimiento científico para el conjunto de la población.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

GIL, D., y M. TORREGROSA, J. (1987): *La resolución de problemas de Física: una didáctica alternativa*. Vicens Vives / M. E. C. Col. Archivos del Profesor.

Una concreción con múltiples ejemplos de la propuesta de estos autores de trabajar la resolución de problemas como investigación, acompañada de una exposición del marco teórico en que se sustenta.

MARCO, B.; OLIVARES, E.; USABIAGA, C.; SERRANO, T., y GUTIÉRREZ, R. (1987): *La Enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Narcea.

Una excelente revisión de algunas de las cuestiones más actuales en la enseñanza de las Ciencias, en la que las autoras, del equipo del IEPS, señalan el estado actual de los problemas con un lenguaje asequible a la mayoría del profesorado.

OSBORNE, R., y FREYBERG, P. (1991): *El aprendizaje de las Ciencias: las implicaciones de la Ciencia infantil*. Madrid: Narcea.

Por fin está disponible en castellano este libro de autores pioneros en la utilización de las ideas de las y los estudiantes en los materiales y estrategias en el aula. Contiene numerosas propuestas prácticas.

SERRANO, M. T. (1989): "Las actitudes en el aprendizaje de la Biología", en Serrano, García, Jiménez, López y Albaladejo: *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales (Biología)*. ICE Universidad de Zaragoza.

Teresa Serrano realiza una utilísima síntesis del estado de la cuestión en las investigaciones sobre este complejo tema, en el que debido a la variedad de perspectivas, resulta muy difícil sistematizar.

Referencias bibliográficas

ADEY, P., y SHAYER, M. (1990): "Accelerating the development of formal thinking in middle and High School students". *J. Res. in Scie. Teach.* 27 (3), pp. 267-285.

ANDERSON, M. (1983): "Are yesterday's goals adequate for tomorrow?". *Science Education* 67 (2), pp. 171-176.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J., y HANESIAN, H. (1978): *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

BARKER, M., y CARR, M. (1989): "Teaching and learning about Photosynthesis. Part 2: a generative learning strategy". *Int. J. Scie. Educ.* 11 (2), pp. 141-152.

CLEMENT, J.; BROWN, D., y ZIETSMAN, A. (1989): "Not all preconceptions are misconceptions, finding anchoring conceptions for grounding instruction". *Int. J. Scie. Educ.* 11 (5).

DRIVER, R.; GUESNE, E., y THIBERGIEN, A. (1989) (Eds.): *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata / M. E. C.

GENE DUCH, A. (1986): "Transformació dels treballs practics de Biologia. Una proposta teoricamente fonamentada". Tesis Doctoral. Univ. Autònoma de Barcelona.

-
- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C., y M. TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. ICE. U. Barcelona / Horsori.
- GIL, D.; M. TORREGROSA, J., y SENENT, F. (1988): "El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos". *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 131-146.
- GIORDAN, A. (1982): *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Pablo del Río / Siglo XXI.
- HEAD, J. (1985): *The personal response to Science*. Cambridge: Cambridge Educational.
- HEAD, J. (1989): "The affective constraints on learning Science", en Adey *et al.*: *Adolescent Development and School Science*. London: The Falmer Press.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1989): "La Ciencia de las y los adolescentes: esquemas conceptuales en Biología", en Serrano *et al.*: *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales: Biología*. ICE. Universidad de Zaragoza.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1990): "Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual". Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1991): "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las Ciencias* 9 (3), pp. 248-256.
- JIMÉNEZ, M. P. (1991) (Coord.): "La elección de ramas por las alumnas". (Investigación financiada por el CIDE. Memoria final.)
- LAWSON, A. (1989): "Research on advanced reasoning: Concept acquisition and a Theory of Science Instruction", en Adey *et al.*: *Adolescent Development and School Science*. London: The Falmer Press.
- MILLAR, R., y DRIVER, R. (1987): "Beyond Processes". *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- NOVAK, J. (1982): *Teoría y práctica de la Educación*. Madrid: Alianza.
- PALACIOS, C.; LÓPEZ, F.; GARROTE, R., y MONTES, P. (1989): "Procesos de la Ciencia y desarrollo cognitivo en Bachillerato". *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (2), pp. 132-140.
- POSADA, J. M., y PRIETO T. (1990): "Exploraciones gráficas de ideas extraescolares de los alumnos sobre radiactividad". *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pp. 127-133.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- ROTURIER, J., y MILLS, E. (1991): "El ahorro de energía". *Mundo Científico*, 112, pp. 440-450.
- SAURA, J. P.; G. DE LAS BAYONAS, A., y MARTÍNEZ, F. (1989): "Una aplicación de las SRTs: análisis de la relación entre el nivel cognitivo y el rendimiento escolar en 8.º de E. G. B.". *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 247-250.
- SMAIL, B. (1991): *Cómo interesar a las chicas en la Ciencia*. M. E. C.
- SPEAR, M. (1984): "Sex Bias in Science Teacher's rating of work and pupil characteristics". *European Journal of Science Education*, 6 (4), pp. 369-377.



Análisis de modelos didácticos

M.^a del Pilar Jiménez Aleixandre

Para llevar a término los objetivos que se plantea la enseñanza de las Ciencias, las profesoras y profesores seleccionan determinados contenidos, programan distintas actividades a realizar por los estudiantes, preparan materiales y recursos a utilizar en el aula, es decir, toman una serie de decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo. Estas decisiones o estrategias responden a un modelo didáctico que puede ser explícito —como en los proyectos basados en el modelo de descubrimiento, o en el constructivista— o implícito, como es el caso de muchas personas que dan clases magistrales basadas en el modelo de transmisión-recepción, porque es este modelo, en el que han estado inmersas desde la infancia, el único que conocen, o el único en el que se sienten seguras.

Aunque, como veremos en el capítulo que cierra el módulo, no todos los autores establecen una relación lineal entre el modelo de aprendizaje (cómo se cree que se aprende) y el modelo de enseñanza (la propuesta docente), nos referiremos aquí a ambos aspectos de los modelos didácticos.

Para Joyce y Weil (1985), un modelo de enseñanza es un plan estructurado para configurar un currículo, diseñar materiales y, en general, orientar la enseñanza. Existen muchas decenas de modelos dirigidos a diferentes campos o tipos de objetivos: de comprensión de conceptos, de desarrollo afectivo, de modificación del comportamiento, etc., y puesto que los estudiantes progresan en campos distintos, no siempre son excluyentes.

Para estos autores el análisis de un modelo comprende tanto la descripción de los objetivos que se propone, las hipótesis teóricas en que se sustenta y sus principios fundamentales, como la descripción de cuatro dimensiones que, esquemáticamente, son:

- Sintaxis: el modelo en acción, el tipo de actividades y su secuencia (fases).
- Sistema social: papeles del profesor o profesora y de las y los alumnos, sus relaciones, la estructura (que denominan “fuerte” si el docente es el centro de la actividad y “débil” si las actividades se distribuyen entre profesor y estudiantes), las interacciones en el aula...
- Principios de reacción: reglas sobre cómo responder a lo que hacen las y los estudiantes.
- Sistema de apoyo: condiciones necesarias para la existencia del modelo, exigencias adicionales, recursos, personalidad del docente, etc.

Analizaremos a continuación, de acuerdo con este esquema, tres modelos didácticos de gran relevancia para la enseñanza de las Ciencias, y que se proponen los mismos objetivos (el aprendizaje de las Ciencias experimentales).

Revisaremos sus fundamentos teóricos, principalmente de tipo psicológico (concepción de cómo se aprende) y epistemológico (concepción de cómo se construye el conocimiento científico), sus principios, y las dimensiones de Joyce y Weil que hemos reducido a tres, incluyendo los principios de reacción en el sistema social.

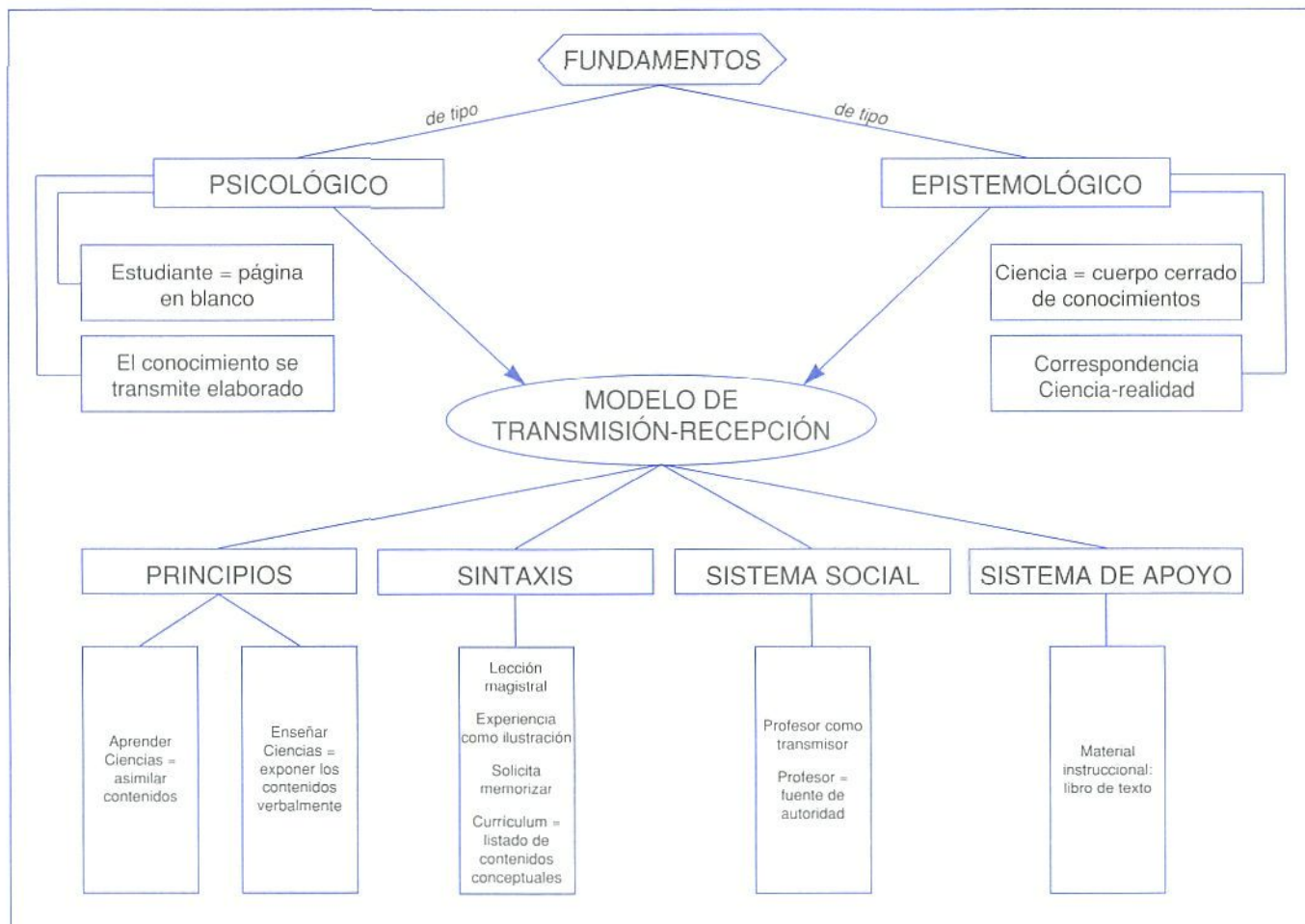
Es evidente que con esta sistematización estamos simplificando una realidad mucho más compleja, ya que hay otros modelos (aunque en nuestra opinión constituyan variantes sobre estos), y sus rasgos se presentan en forma esquemática. Por ejemplo, el de descubrimiento también se propone aprender conceptos, pero lo característico es la importancia asignada a los procesos.

Estos tres modelos —sobre los que volveremos en el último capítulo— corresponden a tres momentos históricos, y, aunque critiquemos las deficiencias de los dos primeros (siempre es más fácil analizar los problemas del pasado que los del presente), hay muchas estrategias de ambos que son aprovechables en la enseñanza de las Ciencias.

En el módulo de Teoría y Práctica del Currículo se analiza la práctica curricular de las y los docentes de Ciencias encuadrándola en cuatro tendencias o modelos. A grandes rasgos podríamos establecer un paralelismo entre ambas sistematizaciones: la tendencia tradicional correspondería al modelo de transmisión-recepción, y la tecnológica sería una versión más sofisticada del mismo; la tendencia espontaneísta es reconocible en muchos docentes que siguen el modelo de descubrimiento, correspondiendo la alternativa curricular al modelo constructivista.

El modelo de transmisión-recepción (cuadro 3)

A pesar de que, en apariencia, el aprendizaje de tipo acumulativo ha sido superado, y de que sea muy escaso el número de personas que lo defiende explícitamente, el peso de la tradición es muy grande, y aun siendo difícil evaluar esto numéricamente, creemos que sigue siendo mayoritario en nuestro país el empleo de estrategias basadas en él (y no sólo en la enseñanza de las Ciencias). Esto es así incluso en el caso de buen número de docentes que, estando insatisfechos con su práctica, encuentran dificultades en el momento de convertir las teorías educativas más avanzadas en trabajo de aula.



Cuadro 3. Modelo de transmisión-recepción

- *Fundamentos*

- Psicológicos: el estudiante es considerado como *tabula rasa* o página en blanco, en la que se pueden inscribir los conocimientos. Así, el conocimiento puede transmitirse elaborado de la mente de una persona a la de otra.
- Epistemológicos: la Ciencia es un cuerpo cerrado (es decir, que no se modifica) de conocimientos, que crece por acumulación. Estos conocimientos científicos constituyen una imagen exacta de la realidad.

- *Principios*

En consecuencia con los fundamentos expuestos, la concepción de aprender y enseñar Ciencias está basada en el lenguaje, sea verbal o escrito.

- Aprender Ciencias consiste en asimilar esos conocimientos científicos tal y como la Ciencia los ha formulado; puesto que son idénticos a los objetos y fenómenos naturales que representan, no es necesario el contacto de la persona que aprende con el mundo físico y natural.
- Enseñar Ciencias consiste en exponer los conocimientos científicos —especialmente los conceptos y principios— verbalmente, en forma clara y ordenada. Puesto que el conocimiento se transmite de una mente a otra, el alumno o alumna adquirirá estos hechos y conceptos tal como el docente los entiende.

- *Sintaxis*

- El eje de la enseñanza transmisiva es la lección magistral, en la que la profesora o profesor expone, y los estudiantes escuchan, toman notas, y en todo caso hacen preguntas para aclarar dudas. Una buena lección es la que refleja de la forma más fiel posible la lógica disciplinar. Puesto que las y los estudiantes adquieren un conocimiento idéntico al del docente (o el libro), la prueba de esta adquisición es la memorización, la repetición de lo expuesto, es decir, exhibir un conocimiento de tipo declarativo.
- Las experiencias prácticas se conciben como ilustraciones de la teoría, en las que las y los estudiantes siguen unas instrucciones detalladas que finalizan en la demostración buscada, o incluso, en muchos casos, observan cómo el o la docente lleva a cabo la actividad (experiencias de cátedra).
- El currículo sigue la estructura disciplinar, y consiste en un listado de contenidos conceptuales, incluso con las denominaciones académicas. Su meta es preparar para el siguiente nivel educativo (propedéutica).

- *Sistema social*

- El papel de la profesora o profesor es el de transmisor de los conocimientos, y fuente de autoridad, tanto científica como en la organización de la clase. La estructuración es de tipo fuerte, recayendo en el docente la mayor parte de la actividad en clase, y participando los estudiantes casi exclusivamente para responder cuando se les solicita, o para seguir las instrucciones en una experiencia o tarea marcada.
- Las interacciones en clase son profesor-estudiante y estudiante-profesor. La realización de las tareas y actividades es de forma individual, estableciéndose una competencia entre los estudiantes acerca de quién la realiza "mejor" (estrategia competitiva).

— Se evalúa al alumno (se “examina”), y lo que se mide es el grado de aproximación entre sus formulaciones y las del profesor o el texto. Se evalúa casi en exclusiva el aprendizaje de hechos, conceptos y principios, no las destrezas experimentales, ni las actitudes, valores o normas.

• *Sistema de apoyo*

— Las condiciones necesarias para que este modelo exista son, en cuanto a la clase, el orden y disciplina, entendidos como actitud pasiva de las y los estudiantes, que sólo actúan a petición del docente.

— La competencia requerida de la o el docente es conocer bien su disciplina, no considerándose necesarios otros conocimientos didácticos o pedagógicos.

— El material instruccional por excelencia es el libro de texto. La utilización de otros materiales obedece en muchos casos más a razones de ampliación de un tema que a contrastar distintas opciones.

Un ejemplo de que las ideas que estaban detrás de este modelo se reflejaban no sólo en la enseñanza formal, puede ser el tipo de Museos de Ciencias llamados de “primera generación” (Bragança, 1990), importantes instrumentos de educación no formal, que seguían el modelo estático de colecciones de las primeras instituciones de este tipo: el Jardín de Plantas y el Gabinete de Historia Natural de París.

Actividad 1

— Hasta la década de los 70 (y aún en la de los 80 en algunos centros) se agrupaban los estudiantes de un curso según sus calificaciones: así, 3.º A para los que tenían sobresaliente o notable de media; 3.º B, bien, etc., dejando en un mismo grupo (3.º E, por ejemplo) a todos los que tenían asignaturas pendientes o eran repetidores. Este sistema, que tiene relación con la costumbre, aún más antigua, de ordenar a los estudiantes en el aula según sus notas, colocando en la primera fila a los que las tenían más altas (el “primero” de la clase) y en las últimas a los estudiantes con más problemas, se justificaba diciendo que resultaba más efectivo organizar la enseñanza para grupos homogéneos y de nivel parecido. ¿Habéis vivido esta situación como docentes? ¿A qué dimensión del modelo responde? Dividid el grupo en dos, unos “a favor” y otros “en contra”, y discutid sus ventajas e inconvenientes. ¿Os parece que tiene relación con la práctica, vigente en 1991, de enviar a los repetidores al nocturno? ¿Qué soluciones propondrías?

Las críticas al modelo transmisivo pueden resumirse en que, según han mostrado buen número de trabajos, la mera exposición de un cuerpo de conocimientos no asegura su comprensión, y los conocimientos no se adquieren ya hechos (Delval, 1983), sino que cada persona los rehace a la luz de sus conocimientos y experiencias anteriores. Tampoco se piensa hoy que el desarrollo del conocimiento científico tenga lugar por acumulación, sino que hay momentos en que las teorías y modelos anteriores son modificados o desechados. Para Gil (1983), además, es difícil que puedan resultar significativos conocimientos que no responden a problemas que las y los estudiantes se han planteado previamente.

El o la docente, además de preocuparse por los contenidos de la Ciencia, debe tener en cuenta los estudiantes a los que se dirige; en palabras de Hernández y Sancho (1989, “para enseñar no basta con saber la asignatura”. Hay otros aspectos, como la importancia de los contenidos de tipo procedimental y actitudinal, a los que nos referiremos más adelante.

Actividad 2

- Discutid en grupo qué aspectos de este modelo se evidencian hoy día en las clases de Ciencias (por ejemplo, en la organización, evaluación...) y haced un listado.
- ¿Cuáles de estos aspectos os parecen negativos? ¿Cuáles son positivos y pensáis que deben ser integrados en los nuevos modelos?

El modelo de descubrimiento (cuadro 4)

Aparece en respuesta al fracaso de la enseñanza tradicional. Hay que tener en cuenta que las críticas a la enseñanza verbal ya comienzan en el siglo XVII, y que las propuestas de poner a las y los estudiantes en contacto con el mundo que los rodea, subrayando la importancia de las sensaciones, toman cuerpo a finales del siglo XIX. Aquí nos referiremos en particular a la enseñanza de las Ciencias por descubrimiento, que tiene su paradigma en los movimientos educativos de los años 60 en los países anglosajones, aunque a España llegaron con bastante retraso, a finales de los 70 o principios de los 80. Por ejemplo, un libro de George, Dietz y Abraham publicado en 1974 fue traducido en 1982, y otro de Gega de 1966 fue traducido en 1980.

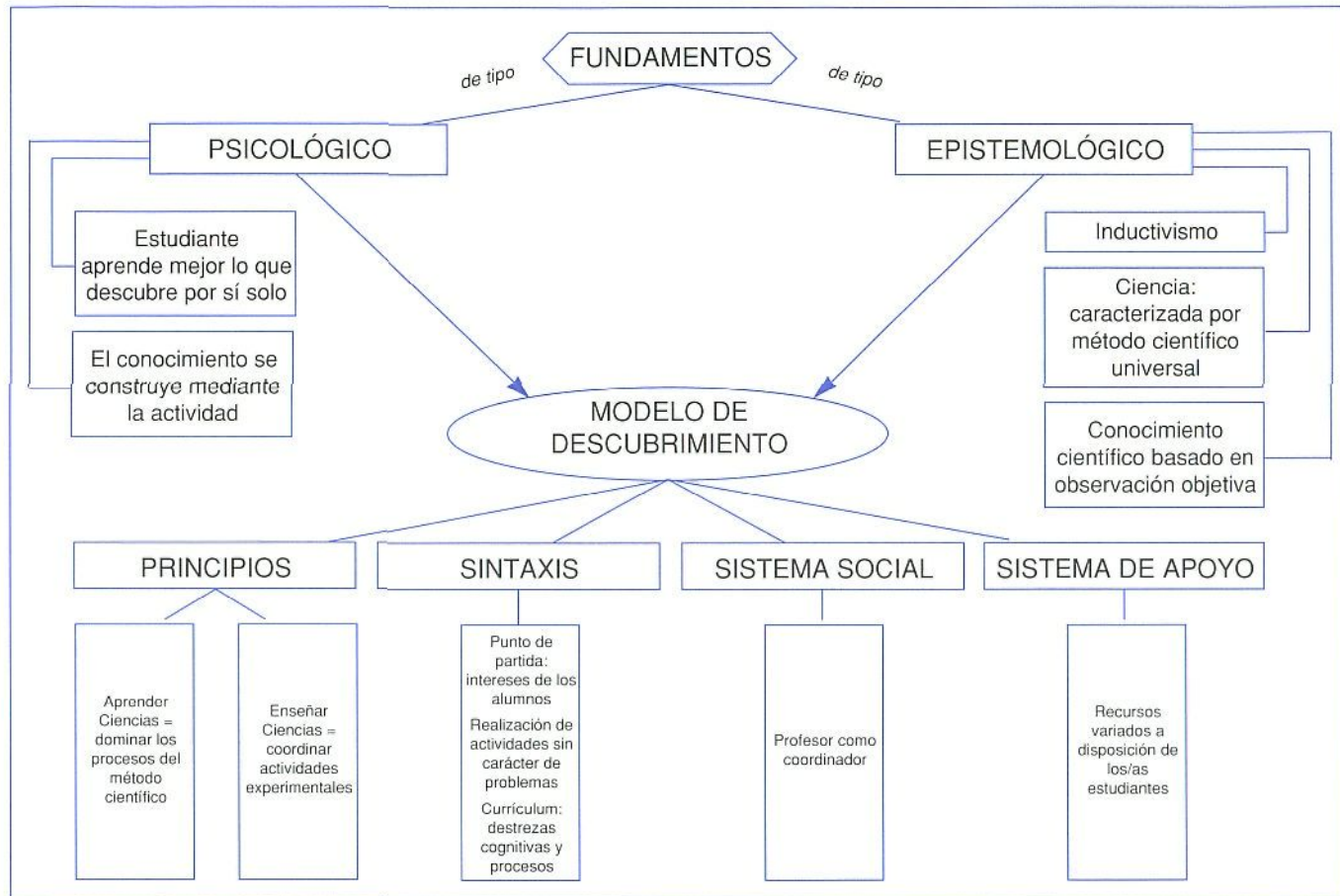
• Fundamentos

- Psicológicos: según algunos autores, como Piaget, la mejor manera de que un niño aprenda algo es que lo “invente”, o en otras palabras, que lo descubra por sí mismo; el conocimiento se construye mediante la actividad.
- Epistemológicos: las ideas inductivistas, según las cuales el rasgo que caracteriza a la Ciencia es el método científico general y universal para los distintos campos. El soporte de este conocimiento científico, su punto de partida es la observación, a la que se le asigna un papel objetivo, es decir, no mediatizado por teorías (ver cuadro 4).

• Principios

En consecuencia, la concepción de aprender y enseñar Ciencias está basada en que los estudiantes descubran por sí mismos los conocimientos a partir de los datos empíricos del entorno.

- Aprender Ciencias es, sobre todo, dominar las destrezas o procesos del método científico, puesto que aplicando éstas a cualquier situación (independientemente de su campo conceptual) se llegará a descubrir los conocimientos. Suele citarse a Piaget como teórico de este movimiento, pero no hay que olvidar el papel de otros como Gagné (1965 “The Psychological basis for Science - A Process Approach”, citado por Millar y Driver, 1987) que suministraron argumentos a favor de tomar como eje de la enseñanza los procesos de la Ciencia. El núcleo de estos argumentos era la idea de que conceptos y principios científicos se obtenían sólo operando con procesos, como observar, clasificar, extraer conclusiones, formular hipótesis...



Cuadro 4. Modelo de descubrimiento.

- Enseñar Ciencias es enseñar estas destrezas de investigación, independientemente del contenido conceptual, es decir, organizar y coordinar actividades experimentales. Puesto que el alumno debe descubrir los conocimientos por sí mismo, el profesor no debe introducir o presentar los conceptos, sino crear unas condiciones favorables para que se llegue a ellos.
- *Sintaxis*
 - A diferencia de la tradicional, la enseñanza por descubrimiento sí se propone tomar como punto de partida los intereses de las y los estudiantes, dado que además tiene menor importancia el tema sobre el que trabajar, y mayor el método que utiliza.

-
- El eje de esta enseñanza es la realización de actividades experimentales que, en muchas ocasiones, como señala Gil (1983), carecen del carácter de problemas. Lo fundamental en estas actividades es que se relacionen con destrezas del método científico, observación, clasificación, inferencia, etc. Una buena clase es aquella en la que los estudiantes realizan actividades de este tipo, aunque algunas sean sobre todo manipulaciones.
 - En el currículo pierden importancia los contenidos conceptuales, en favor de los procesos del método científico. Un ejemplo de curso de Ciencias basado en estas premisas es el que elaboró en 1963 la AAS, American Association for the Advancement of Science, llamado “Science - A Process Approach” (es decir, “Ciencia: un enfoque de Procesos”) y conocido como S-APA. En Usabiaga (1987) aparece una relación de los procesos tratados en él, y en Gagné (1977) una secuencia instruccional para “inferir la existencia de vapor de agua en el aire (anexo 1). En el libro de Gega (1980) a que antes nos referíamos el capítulo 8 lleva por título “Las Ciencias: un método basado en procesos”. Hay que resaltar que gran parte de estas destrezas son de tipo cognitivo, y que uno de los objetivos planteados era la adquisición del razonamiento formal.
- *Sistema social*
 - El papel del profesor o profesora es más el de coordinar las actividades experimentales, restringiendo sus intervenciones, ya que el objetivo es que las y los estudiantes descubran los conocimientos por sí mismos. La estructura es del tipo que Joyce y Weil llaman “débil”, con una activa participación de los estudiantes.
 - Las interacciones, además de profesor-estudiante y viceversa, son también estudiante-estudiante. Aparte de las estrategias competitivas se establecen otras cooperativas en pequeño grupo.
 - Esta corriente de enseñanza realizó un gran esfuerzo en el diseño de pruebas para medir la adquisición de destrezas, como clasificar, emitir hipótesis, identificar variables, etc.
 - *Sistema de apoyo*
 - Este modelo precisa la existencia de recursos variados, tanto seres naturales como aparatos de laboratorio, documentación, etc., a disposición de las y los estudiantes.
 - Se contempla la necesidad de que el docente, además del conocimiento de la disciplina, cuente con formación psicológica y pedagógica.
 - En muchos de estos cursos, en lugar de, o además del libro tradicional, se empleaban guiones de trabajo para los estudiantes, que contenían preguntas sobre lo observado en una experiencia y, a veces, instrucciones muy detalladas.

En el nivel de educación no formal, y siguiendo con el ejemplo de los Museos de Ciencias, es representativo el nombre de un museo de “Segunda generación” (es decir, aquellos en que hay interacción entre el visitante y lo expuesto, tipo Museu de la Ciència de Barcelona) de París, el “Palais de la Découverte” (Palacio del Descubrimiento); o la explosión de este tipo de centros en Estados Unidos en los años 60, en reacción al lanzamiento soviético del Sputnik, y en paralelo a las transformaciones curriculares.

Actividad 3

- Lectura de la secuencia sobre el vapor de agua que aparece en el anexo.
- ¿Le haríais algunas críticas o matizaciones? ¿Cuáles?
- ¿Qué aspectos positivos presenta?
- ¿Os parece que podría transformarse para adaptarse a las nuevas líneas en enseñanza de las Ciencias? ¿Cómo?

En el módulo de Teoría y Práctica del Currículo aparece una crítica más detallada a los supuestos epistemológicos en que se fundamenta este modelo. Naturalmente, una enseñanza basada en el descubrimiento favorece una imagen inductivista del trabajo científico (Jiménez y Niedo, 1989). Además, como señala Giordan (1982), la pretensión de que los estudiantes descubran una interpretación determinada de una experiencia (en ocasiones no realizada, sino leída en un texto), es discutible, tanto porque la interpretación actual no es la única posible, como porque el alumno no ha podido emitir, antes de experimentar, hipótesis sobre los posibles resultados.

Una seria crítica, tanto de los fundamentos como de los programas basados en este modelo, es la de Millar y Driver (1987), quienes subrayan que los procesos de la Ciencia son inseparables de los contenidos, ya que el desarrollo de las destrezas intelectuales se produce sobre campos conceptuales concretos. Para estos autores la crítica no implica la vuelta a los métodos de aprendizaje memorístico.

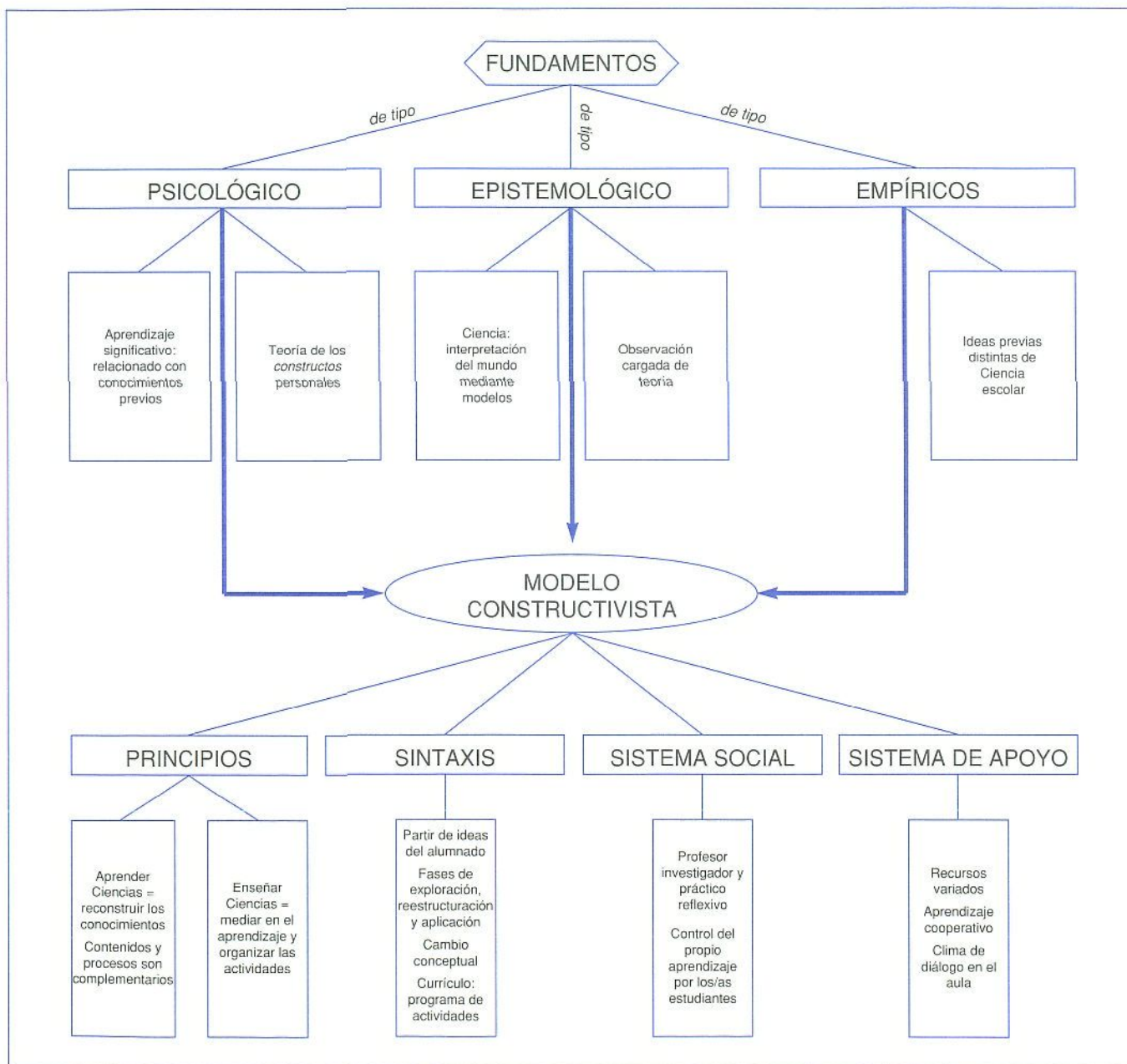
En nuestra opinión, todas estas críticas no deben hacer olvidar que el modelo de descubrimiento supuso un gran paso que, como indica Cleminson (1990), introdujo una perspectiva centrada en las y los estudiantes, y no sólo en los contenidos de la Ciencia.

El modelo constructivista (cuadro 5)

La perspectiva constructivista, como modelo de aprendizaje, ha suscitado un amplio consenso entre las personas que trabajan en didáctica de Ciencias. Como discutiremos en el último capítulo, no todas, sin embargo, están de acuerdo en que le corresponda un modelo determinado de enseñanza. Aunque entre las distintas propuestas que se reclaman constructivistas hay diferencias en algunas cuestiones, hemos intentado presentar aquí los rasgos comunes en que parece existir acuerdo.

- *Fundamentos*

- Psicológicos: es deudora de los enfoques cognitivos, en cuanto a la consideración del aprendizaje como un cambio en las estructuras de conocimiento de quien aprende. No cabe duda de que los trabajos de Piaget,



Cuadro 5. Modelo constructivista

en concreto los conceptos de asimilación y acomodación, están en la base del modelo de cambio conceptual. También Ausubel, quien puso de manifiesto la importancia de contar con lo que los estudiantes ya saben, es reconocido como uno de los inspiradores de este modelo. Otra teoría a tener en cuenta es la de los constructos personales de Kelly, según la cual las personas se explican a sí mismas y a su entorno construyendo modelos hipotéticos —o teorías personales— y evaluándolos en relación con su éxito o fracaso al predecir; si fracasan requieren ser modificados.

- Epistemológicos: la concepción de la Ciencia como un proceso de interpretación de la realidad mediante la construcción de modelos, o programas de investigación, y en ciertos casos, su sustitución por otros. Estos paradigmas y modelos condicionan la observación de la realidad que, lejos de ser objetiva, se realiza a través de los “anteojos conceptuales” de una teoría.
- Empíricos: la emergencia del constructivismo está relacionanda con las aportaciones de la línea de investigación sobre las ideas alternativas, según las cuales las y los estudiantes mantienen sus interpretaciones de los fenómenos naturales incluso si se contradicen con las de la Ciencia escolar, y a pesar de la instrucción.

- *Principios*

Se establece un paralelismo entre la construcción de conocimientos científicos nuevos —o producción científica— y la reconstrucción de conocimientos que realiza un estudiante, en cuanto a que en ambos se utilizan modelos subjetivos para interpretar la realidad, y a que estos modelos pueden modificarse en ciertas condiciones.

- Aprender Ciencias es reconstruir los conocimientos, partiendo de las propias ideas de cada persona, y expandiéndolas o cambiándolas según los casos. Los contenidos conceptuales vuelven a cobrar importancia, ya que se consideran complementarios de los procesos o destrezas del trabajo científico.
- Enseñar Ciencias es mediar en este proceso de aprendizaje, tanto en lo que respecta a la planificación y organización de actividades relevantes, como a la dirección del trabajo individual y en equipo, y a la intervención en determinadas fases de la secuencia. Las actividades a realizar pueden variar según las reacciones de las y los estudiantes.

- *Sintaxis*

- Las ideas de las y los estudiantes son el punto de partida de la instrucción, sea como base para desarrollar otras más acordes con la Ciencia escolar (evolución o captura), o para confrontarlas con ésta y sustituirlas (intercambio conceptual), y es importante no sólo su conocimiento por parte del docente, sino hacer que las y los estudiantes se percaten de que las usan al interpretar diversos fenómenos (Jiménez, 1991).
- En la secuencia instruccional hay variantes, pero suele haber una fase de exploración de las ideas, otra de reestructuración de los conocimientos y otra de aplicación a nuevos contextos. Uno de los puntos en discusión afecta a si debe haber introducción de la Ciencia escolar por parte del profesor (o un texto), o si los estudiantes deben llegar a estos nuevos conceptos en un proceso de investigación dirigida. Se pone el acento en que los estudiantes deben implicarse en actividades especialmente mentales o cognitivas (no sólo manipulación).

-
- El currículo se configura como un programa de actividades, es decir, de creación de situaciones de aprendizaje en las que los estudiantes construyan sus propios significados. Ejemplos de ello pueden ser los materiales neozelandeses del LISP, por ejemplo, la unidad de Barker y Carr (1989), el CLIS (Driver, 1988), fruto de un trabajo en la Universidad de Leeds, las unidades de Hewson (1990) en Física, o en España el proyecto Recerca-Faraday, los Programas-Guía de Física y Química del Seminario Permanente de Valencia, o el proyecto AcAb.

- *Sistema social*

- El papel de la profesora o profesor es el de un investigador en el aula, que estudia y diagnostica los problemas de aprendizaje y al mismo tiempo trata de actuar para solucionarlos. Un modelo que también ha tenido influencia es el de la reflexión en la práctica, que subraya la cooperación entre ésta y la teoría educativa. En todo caso juega un papel flexible, y debe estar dispuesto a cambiar las actividades previstas si es necesario. La estructura es de tipo "débil", con activa participación de las y los estudiantes, si bien la dirección corresponde al profesor.
- Las interacciones son múltiples, tanto entre profesor-estudiante como entre iguales. Se valora positivamente la realización de actividades en pequeños grupos, que proporcionan un marco adecuado para la discusión de ideas.
- Se evalúan tanto conceptos como destrezas, especialmente en cuanto al conocimiento procedimental, a la capacidad de aplicar lo aprendido a la interpretación de nuevas situaciones, a la resolución de problemas nuevos.
- Para promover el control por parte de las y los estudiantes de su propio aprendizaje se emplean estrategias metacognitivas (mapas de conceptos, V epistemológica, etc.).

- *Sistema de apoyo*

- Este modelo, de forma similar al de descubrimiento, requiere disponer de recursos variados.
- Se contempla una formación del profesorado que integre los conocimientos disciplinares, psicopedagógicos y la didáctica de las Ciencias, con un papel de elemento vertebrador por parte de esta última.
- Los materiales comprenden tanto libros como guiones de trabajo, así como guías para el profesorado.
- La exploración de ideas y el aprendizaje cooperativo requieren como condición un clima de diálogo en el aula, donde nadie tenga miedo a exponer sus ideas, y donde sientan que tienen la oportunidad de equivocarse (Driver, 1988).

Actividad 4

- Escoged un pequeño apartado de un tema de Ciencias (por ejemplo, la reproducción de las plantas, la floración etc.) y discutid algunas actividades que podrían llevarse a cabo en el marco de este modelo: cómo se podrían explorar las ideas de los estudiantes, cómo ponerlas en cuestión, cómo construir mapas de conceptos...

En la educación no formal, en los últimos años han aparecido los Museos de Ciencias de “Tercera generación”, que siendo interactivos, y persiguiendo como los de segunda generación interesar al público y los adolescentes en la Ciencia, favorecen una imagen de ésta contextualizada en las necesidades humanas y sociales.

Es difícil realizar una crítica a un modelo en emergencia, y por tanto, que hasta ahora presenta más bien propuestas teóricas y pocas experiencias de utilización. En el último capítulo discutiremos algunas visiones distintas dentro del constructivismo. En todo caso sí hay que reseñar, por un lado, que este modelo pretende recoger los aspectos positivos de los que le precedieron, como la importancia de contar con la estructura de la disciplina (del transmisivo), o de insistir en la participación activa de las y los estudiantes (del de descubrimiento). Por otra parte, también hay que aclarar que el constructivismo ofrece más una perspectiva dentro de la que trabajar, que una solución “lista para usar” de los problemas de la clase de Ciencias; en nuestra opinión, como estos problemas son de tipo muy diverso, es dudoso que haya soluciones únicas para ellos, y de lo que disponemos en este momento es de un marco común que nos permite discutir las diferentes soluciones propuestas en distintas situaciones.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

DRIVER, R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 109-120.

Una interesante exposición del modelo constructivista a cargo de Rosalind Driver, sin duda una de las personas que ha contribuido a ponerlo en práctica en las aulas con el proyecto CLIS, en la que presenta una propuesta de secuencia de actividades de aprendizaje.

JOYCE, B., y WEIL, M. (1985): *Modelos de Enseñanza*. Madrid: Anaya.

Este libro no se refiere específicamente a la enseñanza de las Ciencias, sino que presenta una interesante sistematización de diferentes modelos que pretenden distintos objetivos. Desde luego, su lectura puede ayudar, tanto a analizar diferentes propuestas, como a relativizar algunas críticas que se les hacen.

POZO, J. I. (1989): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Igual que el anterior, es éste un tratado general que presenta, en el ameno estilo habitual en Pozo, un análisis de las teorías de aprendizaje, dentro de los enfoques cognitivos, enfoques que se encuentran en la base del modelo constructivista. Muy interesante el intento del autor de conciliar distintas perspectivas.

Referencias bibliográficas

BARKER, M., y CARR, M. (1989): "Teaching and learning about Photosynthesis. Part 2, a generative learning strategy". *International Journal of Science Education*, 11 (2), pp. 141-152.

CLEMINSON, A. (1990): "Establishing an epistemological base for Science Teaching in the light of contemporary notions of the nature of Science and of how children learn Science. J" of *Research in Science Teaching*, 27 (5), pp. 429-445.

DELVAL, J. (1983): *Crecer y pensar*. Barcelona: Laia.

GAGNÉ, R. (1979): *Las condiciones del aprendizaje*. Interamericana.

GEGA, P. (1980): *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria*. Paidós.

GIL PÉREZ, D. (1983): "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), pp. 26-33.

GIORDAN, A. (1982): *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid: Pablo del Río / Siglo XXI.

HERNÁNDEZ, F., y SANCHO, J. (1989): *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Barcelona: Laia.

-
- HEWSON, P. (1990): "La enseñanza de "Fuerza y Movimiento" como cambio conceptual". *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), pp. 157-172.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1991): "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), pp. 248-256.
- JIMÉNEZ, M. P., y NIEDA, J. (1989): "Estrategias en la enseñanza de las Ciencias Experimentales", en *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. M. E. C. / Universidad de Alcalá.
- MILLAR, R., y DRIVER, R. (1987): "Beyond Processes". *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- USABIAGA, C. (1987): "El método científico y las Ciencias para los alumnos de 11 a 16 años". En Marco *et al.*: *Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza*. ICE Universidad de Zaragoza.

Anexo

Anexo: Para realizar la actividad 3. DE GAGNÉ (1979)

Procedimiento instruccional del ejercicio para “inferir la existencia de vapor de agua en el aire”

<i>Etapa de la enseñanza</i>	<i>Función</i>
1. El maestro dirige la atención de sus alumnos para que observen el empañamiento de las ventanas en un día frío, el anillo de agua congelada, a la humedad que se produce cuando se respira frente a un espejo. Les interroga sobre las causas de tales fenómenos.	1. Crear la motivación para el <i>logro</i> , basada en el deseo de manifestar el saber frente a los demás niños y frente a los padres.
2. Los niños reciben latas de estaño y cubos de hielo.	2. Proporcionar objetos <i>estimulares</i> .
3. Se pide a los estudiantes que metan los cubos de hielo en latas y que se fijen en lo que se sucede en la parte exterior de ellas.	3. Completar la situación estimular. Instrucciones que enfocan la <i>atención</i> y la <i>percepción selectiva</i> .
4. Se ordena a los alumnos describir lo que ven: “niebla”, “gotas de agua”, “grandes gotas de agua que escurren”, “anillo de agua en el fondo de la lata”	4. Instrucciones verbales que estimulen la <i>evocación</i> de conceptos preexistentes.
5. Se les pregunta que cosa pueden inferir de sus observaciones. “El líquido es agua proveniente del aire”	5. Adquisición de una regla por descubrimiento, para algunos alumnos. Esto puede consistir en <i>recordación</i> . Se da retroalimentación.
6. Se les muestran otras alternativas: ¿podría tratarse de otro líquido?, ¿podría proceder del metal de la lata?, ¿cómo comprobar una inferencia?	6. Instrucciones verbales que den a conocer a los sujetos el resultado que se desea de la enseñanza (la manera de verificar esta inferencia). Crear una <i>expectativa</i> .
7. “¿Cómo saben ustedes si este líquido es agua?” (“Pruébenlo”).	7. Pedir la <i>recordación</i> de una regla preexistente
8. “Si el agua proviene del metal, ¿qué ocurrirá al secarla?” (“La lata pesará menos”).	8. Pedir la <i>recordación</i> de una regla preexistente
9. A los alumnos se les formula la pregunta: “Si el agua procede del aire, ¿qué sucederá con el peso de la lata cuando el vapor se acumule en ella?” (“La lata aumentará de peso.”) La observación directa del incremento de peso de la lata por el hielo se hace mediante una balanza de barras iguales.	9. Exigir la <i>evocación</i> de reglas preexistentes.
10. Se solicita a los estudiantes recordar que el vapor de agua es un gas (invisible). El aire contiene vapor acuoso.	10. Pedir la <i>evocación</i> de reglas preexistentes.
11. Se pide a los alumnos que expresen: a) lo que observaron, b) lo que dedujeron, y c) cómo comprobaron su inferencia.	11. Guía verbal que sugiere la <i>codificación</i> de los conceptos de observación e inferencia, reglas para verificar las inferencias. Se ofrece <i>retroalimentación</i> .
12. Se invita a los estudiantes a comprobar sus inferencias en dos o tres situaciones nuevas, y a describir las operaciones y el razonamiento que intervienen. Estos últimos pueden ser: a) evaporación del agua, b) extinción de una vela en un cilindro cerrado herméticamente, c) desplazamiento del agua debido a la acción del gas en un cilindro invertido.	12. Más <i>ejemplos</i> de los conceptos y reglas adquiridas, con objeto de asegurar la <i>retención</i> y <i>transferencia del aprendizaje</i> .
13. Se presenta a los estudiantes una situación nueva y se les ordena describirla en términos de: a) lo que observaron; b) lo que dedujeron; c) cómo comprobaron su inferencia.	13. <i>Valoración</i> que suministra <i>retroalimentación</i> .

Fuente: Cuadro basado en un ejercicio del mismo nombre que aparece en la Comisión AAAS para la Educación Científica. Science: A Process Approach. Part 4. Washington, D. C. American Association for the Advancement of Science. 1963.

3

La organización de los contenidos de Ciencias

M.^a del Pilar Jiménez Aleixandre

Hay un plano en el que siempre se ha considerado que la o el docente tenía un enorme grado de autonomía: las estrategias o metodología a utilizar en clase. Sin embargo, hay otro que hasta no hace mucho solía ser considerado dominio de los “expertos”: la forma de organizar los contenidos, desde las decisiones de cuáles incluir y cuáles no, hasta el orden de éstos en un curso determinado y el carácter que debían presentar.

Sin embargo, como indica Del Carmen (1990), algunos de los grandes proyectos curriculares de Ciencias han fracasado debido, entre otras razones, a la escasa implicación del profesorado en los mismos. Aunque el establecimiento de las grandes líneas que constituyen el marco del currículo es competencia de la Administración educativa, hay muchas decisiones que pueden y deben ser tomadas por el equipo de profesores, por el Seminario o Departamento de Ciencias del centro. Este grado más elevado de participación del profesorado es una de las *características del diseño curricular abierto*.

Analizaremos en este capítulo algunos tipos de decisiones a tomar en el proceso de organizar los contenidos de Ciencias, distinguiendo entre algunas que a menudo se confunden, como organización y secuenciación, y prestando especial atención a ciertas cuestiones problemáticas, y sobre las que a veces se decide por razones emocionales. En conjunto es un intento de racionalizar opciones que en muchos casos tomamos guiados en parte por la “intuición” (que es como se llama entre el profesorado al saber práctico), y por modelos de carácter más implícito que explícito.

Hacia un currículo equilibrado

Quizá habría que comenzar por señalar que el mismo concepto de currículo abierto presupone la existencia de muchas formas distintas de organizar los contenidos que pueden ser adecuadas en determinados contextos. Incluso en el caso de propuestas que se inscriben en un mismo modelo —como puede ser el constructivista, que cuenta con amplio consenso en la actualidad— y que parten de criterios similares, el resultado puede ser muy diferente. Conviene recordar esto porque en un momento en que la reforma del sistema educativo propicia un debate entre distintas propuestas, y a veces la defensa de una se mezcla con la crítica de otra, hay que resaltar que no siempre son excluyentes.

Por otra parte, y al analizar una determinada propuesta curricular, es importante hacer la distinción entre los planes o intenciones expresadas en ella y la realidad de su desarrollo en la clase de Ciencias, o en la formulación de Stenhouse (1984) entre lo que deseáramos que sucediese en la escuela y lo que de hecho sucede. Por ejemplo, es clásica la crítica a la primera versión de los proyectos Nuffield de los años 60 que, partiendo de una rigurosa planificación, y contando con experiencias y actividades de diseño difícilmente superable, constituyó un fracaso al aplicarlo en el Reino Unido, entre otras razones por las demandas cognitivas que imponía a las y los adolescentes (Shayer y Adey, 1984).

Un principio que debe presidir la propuesta es el de diseñar un currículo equilibrado, entendiendo por esto que contemple las distintas dimensiones (en terminología de Caamaño, 1988), o que tenga en cuenta tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales y actitudinales de las Ciencias.

Un currículo equilibrado debe contemplar también la heterogeneidad que presentan las y los adolescentes, y prever por ejemplo la utilización de distintas estrategias, teniendo en cuenta que, desde el punto de vista motivacional, pueden darse preferencias diferentes (Martín y Kempa, 1991). O prever métodos variados de evaluación, teniendo en cuenta que unos estudiantes realizan mejor las pruebas de elección múltiple, y otros aquellas en que hay que redactar una respuesta o un tema (Head, 1985).

Volveremos sobre esta cuestión con algunos ejemplos al tratar de las diferentes posibilidades de organización, pero queremos insistir en que las razones para buscar este equilibrio no son sólo de orden teórico (incluir aspectos fundamentales de la Ciencia pura junto a aspectos aplicados), sino que se fundamentan también en las diferencias de tipo cognitivo y afectivo entre los adolescentes, por ejemplo, entre chicas y chicos.

Criterios de selección

La selección de contenidos, es decir, la decisión sobre cuáles deben ser incluidos en la cultura científica de todos los ciudadanos, está en relación con las distintas fuentes (Coll, 1986) del currículo.

- Con la epistemológica: el conocimiento de la estructura de las disciplinas proporciona datos muy valiosos. Esto no significa trasladar esta estructura a la ciencia escolar, ya que la estructura lógica de la disciplina no se corresponde con la estructura psicológica (Pozo, 1987), o forma en que las y los estudiantes aprenden Ciencias, pero sí puede indicar los contenidos más relevantes dentro de cada una de ellas.

Algunos ejemplos pueden ser la Tectónica global, que desde los años 60 constituye un marco interpretativo en las Ciencias de la Tierra, o los cambios experimentados por los programas de Ciencias Naturales, que han pasado de gravitar fundamentalmente sobre la descripción de los grupos taxonómicos a enfoques centrados en el estudio de ambientes o ecosistemas.

- Con la psicológica: es decir, el conocimiento de la relación entre el grado de desarrollo cognitivo y las demandas que plantean las diferentes actividades o tareas de Ciencias estén encaminadas a contenidos conceptuales, procedimentales o actitudinales.

Un trabajo muy valioso partiendo del modelo de Piaget es el de Shayer y Adey (1984), quienes ha elaborado taxonomías que clasifican tanto las actividades mentales y destrezas que se ponen en juego en el aprendizaje de las Ciencias, como los campos conceptuales —en su terminología “juegos de reglas” de cada disciplina— según su adecuación a cada nivel de desarrollo piagetiano.

Un ejemplo es la taxonomía de las actividades mentales (páginas 94 y 97 de la edición en castellano), que describe las características del pensamiento de niños y adolescentes en cada nivel para seis características:

- Interés y actitud investigadora.
- Razonamiento causal.
- Relaciones.
- Uso de modelos.
- Tipo de categorización.
- Interpretación de pasajes descriptivos.

En el anexo incluimos dos de ellas: la actitud investigadora y el uso de modelos. Por ejemplo, habrá que tener en cuenta que el uso de modelos (excepto los de correspondencia 1/1) presupone el pensamiento formal, a la hora de incluir algunos muy potentes, como el newtoniano o el darwinista, pero que entrañan el riesgo de no poder ser utilizados por una parte de los estudiantes, lo que conduce a un aprendizaje de memoria.

Actividad 1

- Cuando a algunos docentes se les pregunta por qué fracasan una cierta proporción de los estudiantes de un curso, una respuesta frecuente es “porque no estudian”.
- Esta respuesta puede constituir un ejemplo de atribución de una sola causa a un efecto que, posiblemente, tiene causas múltiples. La consideración de la multicausalidad es propia del pensamiento formal.
- Elaborad un listado de otras posibles causas para el fracaso escolar en Ciencias.
- Tratad de recordar algún caso en que los estudiantes de Ciencias muestren estos problemas en el razonamiento causal.

Aunque el uso de estas taxonomías en la elaboración y análisis del currículo no garantiza la solución a todos los problemas de comprensión, no cabe duda de que son un instrumento de gran utilidad, tanto para el diseño como para la puesta en práctica en el aula.

- Con la sociológica: es decir, el análisis de las necesidades que desde el punto de vista social se plantean al currículo, como puede ser la inclusión de contenidos relevantes para la vida cotidiana y la integración social de las personas. Así, la educación para la salud o la educación ambiental como dimensiones transversales que deben ser incorporadas al currículo de Ciencias (y de otras áreas). Un caso concreto puede constituirlo la información sobre la transmisión del SIDA.

Actividad 2

- Un cierto número de personas sufren cólicos nefríticos (presencia de cálculos o “piedras” en el riñón). Algunos son debidos a procesos patológicos, pero otros tienen relación con una dieta inadecuada, y se presentan incluso en adolescentes que, por ejemplo, beben leche en vez de agua por creer que así se alimentan mejor. Un exceso de leche, unido a otros factores, puede provocar la formación de cálculos de oxalato de calcio, y por otra parte el funcionamiento del riñón se ve facilitado por beber bastante agua.
- ¿Podéis buscar otros ejemplos de falta de información sobre cuestiones de salud?
- ¿Deben formar parte estas cuestiones de los programas de Ciencias en Secundaria? ¿Qué razones hay a favor y cuáles en contra? Si no se incluye en Ciencias, ¿en qué área se debe incluir?

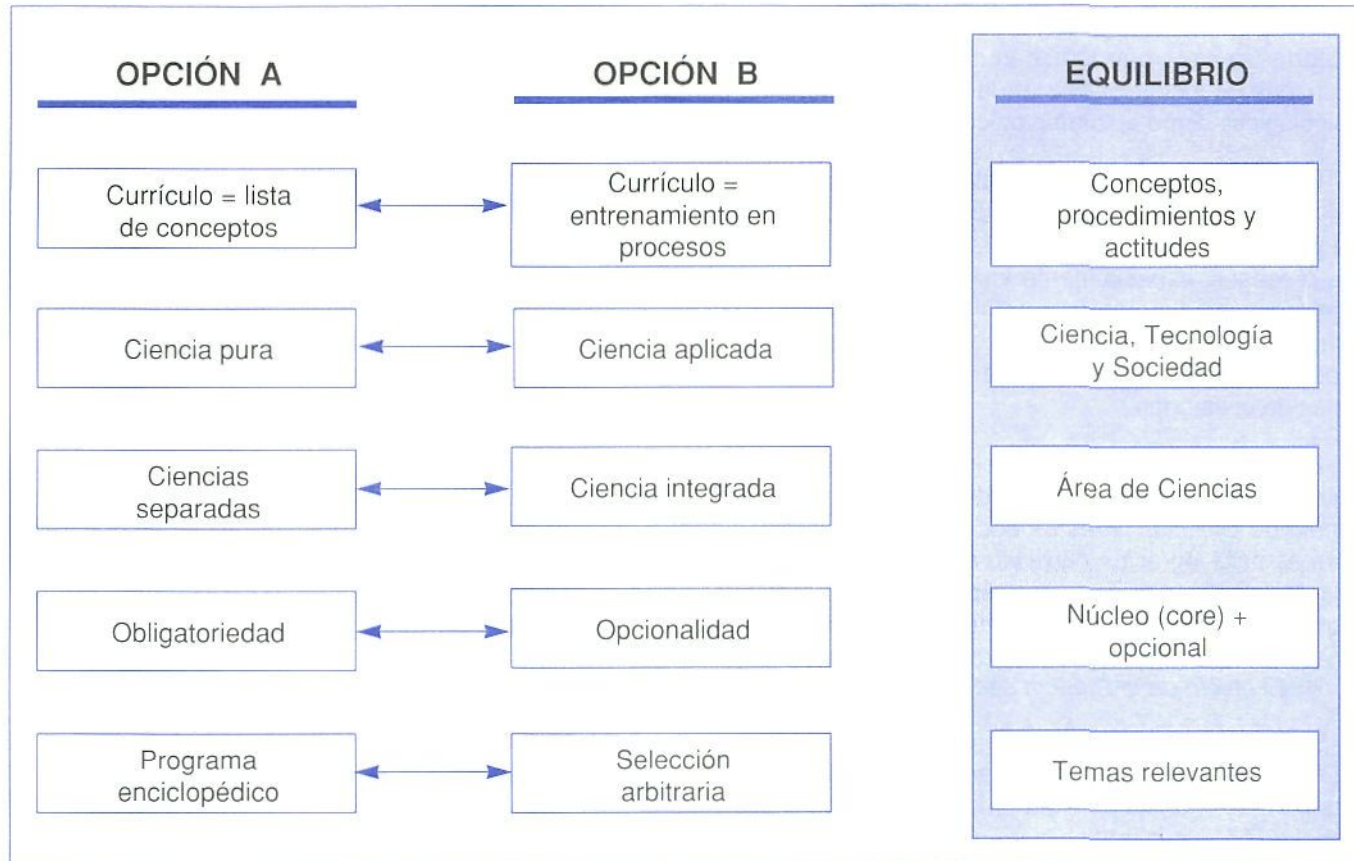
Supuesta la coherencia con estas fuentes, las decisiones sobre los objetivos, o grandes finalidades educativas, corresponden a las Administraciones educativas (como representación de la sociedad). Los contenidos, determinados por estos objetivos o finalidades, son seleccionados en parte por las Administraciones (grandes bloques), y en parte por el profesorado y los centros. El papel de estos últimos debe ser protagonista en el siguiente nivel de concreción: la organización y secuenciación de los contenidos.

Criterios de organización y de secuenciación

La organización de los contenidos, supuesta la selección previa, responde a un conjunto de decisiones que llevan a estructurarlos en una y otra forma. Estrechamente relacionada con esta estructuración está la secuenciación, cuyo resultado más evidente es la distribución y ordenación de contenidos a lo largo de los distintos cursos de cada etapa y dentro de cada curso. Nos ocuparemos en primer lugar de la organización, y en segundo, de la secuenciación.

Caamaño (1988), en un detallado trabajo sobre este tema, distingue cinco cuestiones sobre las que caben distintas decisiones en la organización del currículo de Ciencias, aunque señala que las dos últimas —asignatura anual (estructura modular) y obligatoriedad (opcionalidad)— se corresponden más con aspectos de organización escolar que con las dimensiones de la enseñanza de las Ciencias.

En el cuadro 6 hemos formulado estas cuestiones, suprimiendo la disyuntiva anual - modular (competencia de las Administraciones educativas), y añadiendo otra sobre la extensión de los programas, muy relacionada con la opcionalidad. Aun cuando esta última cuestión también es competencia de las Administraciones, parece de interés realizar algunas precisiones sobre ella.



Cuadro 6. Opciones de estructuración del currículo. De Caamaño, modificado

En la tabla hemos situado en las dos primeras columnas (opción A y opción B) las dos posiciones opuestas o extremas sobre cada cuestión, y en la tercera columna lo que, en nuestra opinión, constituiría una opción equilibrada, adecuada a las características del aprendizaje y la enseñanza de las Ciencias en la Secundaria Obligatoria. Subrayamos que la opción que hemos denominado "equilibrada" no siempre se encuentra en el punto medio entre A y B; así, la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad está más cerca de la Ciencia aplicada que de la pura.

Revisamos a continuación cada una de estas decisiones entre ambas opciones siguiendo en gran medida el trabajo de Caamaño antes mencionado.

- *Contenidos conceptuales (familiarización con procesos)*

Ya se han discutido en otros apartados de este módulo los cambios experimentados por la enseñanza de las Ciencias en las últimas décadas, que llevaron de programas constituidos casi en exclusiva por hechos conceptos y teorías, a otros que tomaban como eje los procedimientos del método científico. Ambas opciones han revelado una serie de insuficiencias en la práctica, y también han sido criticadas tanto en lo referente a sus presupuestos psicológicos como epistemológicos.

Una de las críticas más detalladas, especialmente a la segunda y más reciente de las dos opciones, es la de Millar y Driver (1987), quienes sitúan como objetivo fundamental en la enseñanza de las Ciencias el aprendizaje de conceptos, pero señalan que este aprendizaje, entendido como construcción de conocimientos, supone el de los procesos, especialmente las destrezas cognitivas implicadas en esta construcción. Para estos autores, más que procesos del método científico de aplicabilidad universal a cualquier campo científico, habría procedimientos ligados a cada campo concreto y que se aprenderían en conexión con los conceptos. Además, puesto que los modelos teóricos condicionan la interpretación de las observaciones y las experiencias, no se pueden desvincular éstas de las teorías.

En resumen, podríamos decir que hoy día la tendencia mayoritaria es no establecer una disyuntiva entre el aprendizaje de conceptos y el de procedimientos, sino considerar que ambos constituyen parte esencial del currículo de Ciencias. A estos dos tipos de contenidos habría que añadir los relacionados con actitudes, valores y normas para lograr un currículo equilibrado en cuanto a esta dimensión. Recordemos que la inclusión de los tres tipos de contenidos debe corresponderse con una evaluación referida a todos ellos, pues de lo contrario estaríamos estableciendo implícitamente una distinción entre contenidos de primera y de segunda.

- *El objeto de la Ciencia escolar: pura (aplicada)*

Si tuviéramos que juzgar los resultados de esta disyuntiva a partir del análisis de los libros de texto, en la medida en que éstos representan con bastante aproximación lo que se hace en clases de Ciencias, se diría que los autores y el profesorado han optado, al menos implícitamente, por la Ciencia pura: las aplicaciones y la incidencia social de trabajo científico suelen ser un “toque de color” situado al final de cada tema, o incluso entre los anexos.

Caamaño (1988) ha señalado algunas de las razones que hacen especialmente compleja la tarea de introducir *la perspectiva aplicada —como la denominada Ciencia, Tecnología y Sociedad— en el currículo de Ciencias: los conocimientos de Ciencias Sociales necesarios para que los estudiantes puedan trabajar estos temas; el carácter interdisciplinar de los contenidos aplicados y las dificultades del profesorado para trabajar fuera de los sistemas de referencia disciplinares, y la novedad de las estrategias didácticas (dramatizaciones, juegos de simulación, etc.) vinculadas a esta perspectiva, lo que también dificulta su puesta en práctica por el profesorado.*

Aunque no cabe olvidar estas dificultades, y hay que hacer un esfuerzo para facilitar al profesorado el trabajo en este terreno, no cabe duda de que desde diferentes líneas de trabajo en Didáctica de Ciencias se está subra-

yando la necesidad de que la enseñanza científica incluya las aplicaciones tecnológicas y las implicaciones sociales, especialmente en una enseñanza obligatoria dirigida a toda la población. Solomon (1987) indica que olvidar estos aspectos sería incongruente con los objetivos educativos actuales, y Fensham (1987), al tiempo que señala algunos criterios para evaluar la relevancia social de lo que llama “Enseñanza ambiental de las Ciencias” (Environmental Science Education), como son la orientación hacia un problema, el dirigirse a elaborar alternativas, la utilización del medio real en que se sitúa la escuela, etc., cita cinco áreas de especial interés: población, alimentos, recursos, energía y ecología.

En nuestra opinión, la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (C. T. S.) puede contribuir a una mejor preparación de las y los estudiantes para aplicar lo aprendido a la vida cotidiana. Tal como hemos analizado en el módulo de “Teoría y práctica del currículo”, esta perspectiva debe incluir la tensión entre los beneficios y los riesgos de la actividad científica, evitando una imagen sesgada y esquemática.

- *¿Cuántas Ciencias distintas?*

En nuestra opinión, ni una organización curricular basada sólo en las disciplinas, ni una que contemple todos los bloques desde la perspectiva de la Ciencia integrada son adecuadas para las Ciencias en la etapa de Secundaria Obligatoria. La argumentación a favor de una estructuración como área de Ciencias se ha realizado detalladamente en otro lugar (Jiménez *et al.*, 1991), y algunas de sus líneas principales son:

- En cuanto a la organización por disciplinas separadas, quizá lo primero que cabría recordar es la incongruencia entre los campos de conocimiento especializados, tal como existen en la actualidad, y las asignaturas que se corresponden con ellos en la Ciencia escolar. ¿Por qué “Física y Química”, si hoy los trabajos en Física del estado sólido tienen poco que ver con, por ejemplo, la Química inorgánica? Las “Ciencias Naturales” podían tener sentido a principios de siglo, pero en 1951 desaparecieron como titulación académica en las Universidades españolas, siendo sustituidas por dos: Biología y Geología. En las nuevas titulaciones que se preparan la especialización es aún mayor. En otras palabras, no pueden aducirse argumentos de tipo epistemológico sobre las diferencias en la construcción del conocimiento en distintos campos (diferencias que sin duda existen) para justificar la existencia de las actuales asignaturas. Cabrían otras uniones posibles, como Biología-Química o Física-Geología.
- Puede distinguirse entre la conveniencia de utilizar la lógica de cada disciplina como criterio en la selección, e incluso en la organización del currículo, ya que suministra datos sobre qué contenidos incluir y con cuáles relacionarlos, y por otro lado la inconveniencia de emplearla como criterio secuenciador, ni en la forma de ordenar las disciplinas en los distintos cursos académicos (Biología en uno, Física en otro, etc.), ni en cuanto a seguir la lógica interna de cada una en el programa escolar (los niveles de organización pueden ser una buena forma de organizar un curso de Biología en primero de Facultad, pero no en Secundaria Obligatoria).
- En cuanto a la Ciencia integrada, como ha señalado Black (1986), algunos de los supuestos teóricos en los que se basa, como la unidad del Universo o la unidad conceptual de la Ciencia, son discutibles. Sin embargo, hay temas en los que es necesario recurrir a varias disciplinas, y este enfoque puede ser útil.
- Las opciones no pueden reducirse a disciplinar (Ciencia integrada): existen otras de mayor o menor relación y diálogo entre disciplinas como Ciencia combinada y Ciencia coordinada.

-
- También es importante distinguir entre las opciones en la estructuración del currículo, y el modelo de aprendizaje, ya que algunas críticas a la Ciencia integrada se han hecho a proyectos que se basaban en el descubrimiento. La realidad es que son dimensiones diferentes, y que hubo proyectos disciplinares basados en el descubrimiento (como el CHEM), y puede haber proyectos de Enseñanza integrada de las Ciencias constructivistas, de los que el riguroso trabajo del equipo de Ciencias del IEPS (Gutiérrez *et al.*, 1988) constituye un excelente ejemplo.

Parece existir consenso en cuanto a la conveniencia del enfoque globalizado en la Enseñanza Primaria y de las disciplinas separadas en la Secundaria Postobligatoria. En nuestra opinión, en la Secundaria Obligatoria el enfoque más adecuado es el de área, que también adopta el nuevo currículo inglés (DES, 1989), que implica objetivos comunes y conexiones entre los diferentes bloques.

Esto no significa que todos o la mayoría de los temas se aborden como unidades integradas, sino que según los temas o situaciones habrá momentos en que el enfoque será integrado, en otros coordinado y otros en que será disciplinar. Somos conscientes de que la formación disciplinar del profesorado plantea algunos problemas a la hora de llevar esto a la práctica en el segundo ciclo, problemas ante los que caben distintas soluciones, desde el indispensable trabajo en equipo de todos los Seminarios o Departamentos de Ciencias hasta la organización del curso por cuatrimestres. Aun teniendo en cuenta estos problemas, creemos que la estructuración de área es más flexible y responde mejor a las características de la etapa.

- *El grado de opcionalidad*

Las dos opciones extremas serían la obligatoriedad de todos los contenidos para todos los estudiantes y la libertad de elección de temas en cada centro.

Una y otra presentan problemas: la primera cierra excesivamente el currículo, y la segunda dificulta la consecución de objetivos comunes en el conjunto del país o en cada comunidad. Una solución que parece equilibrada es la de combinar un núcleo (o “core”) constituido por los contenidos esenciales, y dejar una parte del currículo a la opción de los centros y el profesorado.

Señalemos que otra cuestión distinta es la obligatoriedad y opcionalidad de las Ciencias como materia, y que la tendencia en varios países es retrasar el momento en que se puede optar por cursar Ciencias o no hacerlo hasta después de los dieciséis años, lo que impediría una exclusión prematura de algunos grupos de estudiantes, por ejemplo, las niñas.

- *La extensión de los programas*

Durante las últimas décadas una crítica al currículo de Ciencias en la que ha estado de acuerdo gran parte del profesorado era la excesiva longitud de los programas. Ya hemos indicado en la introducción que en ocasiones esta percepción se refería sobre todo a la traducción del programa en los libros de texto; por ejemplo, el programa de Ciencias Naturales de 1.º de B. U. P. tenía en el *B. O. E.* 17 temas, que en un texto se podían transformar hasta en 55 capítulos y más de 500 páginas. De todas formas, aunque pudiesen resolverse de otra forma, los programas tendían a repasar de forma exhaustiva los contenidos (conceptuales sobre todo) de la disciplina, reproduciendo casi las asignaturas académicas a escala reducida.

Esta longitud causaba problemas, especialmente al profesorado más implicado en innovaciones, y que empleaba métodos activos, ya que la realización de actividades como experiencias de laboratorio, salidas al campo, juegos de simulación, o simplemente trabajar un tema por medio de actividades en pequeño grupo, suponía emplear en ellas mucho tiempo y romper con la temporización que obligaba a “dar” (en forma de lección magistral, se entiende) una lección determinada cada día. Gil ha denominado cronofagia a esta situación de agobio por falta de tiempo.

Ante ello, muchos profesores reaccionaron (reaccionamos) acortando los programas por su cuenta (o en el Seminario), ya que era la única forma de trabajar con una metodología distinta de la tradicional. A veces, esta reducción se hizo en base a criterios fundamentados —por ejemplo, dos o tres modelos de animal, en lugar de catorce grupos taxonómicos—, pero en otras ocasiones la elección se hacía de forma arbitraria, bien explícita o implícitamente (como los biólogos o físicos que empezaban por los temas de su disciplina y a los que “no les daba tiempo” de llegar a la Geología o la Química, y al revés).

Decíamos que esta cuestión está en relación con la anterior porque pensamos que la solución equilibrada, es decir, una selección de un número de temas relevantes y suficientemente reducida como para permitir trabajarlos en profundidad, está vinculada a la opción de un núcleo común y además tiempo para desarrollar temas opcionales que hemos citado antes. En nuestra opinión, si pretendemos que el currículo sea un programa de actividades de aprendizaje —como sugiere el modelo constructivista—, y no un simple listado de conceptos, su longitud no puede ser excesiva.

Actividad 3

En el curso 1988-89 se redujo el número de horas semanales de Ciencias de 1.º y Física y Química de 2.º de B. U. P. de cinco a cuatro horas.

— Sobre un programa de Ciencias del nivel en el que trabajéis, proponed una reducción razonada de la quinta parte, suponiendo que tuvierais menos horas semanales.

De lo que se ha indicado hasta ahora, tanto en este apartado como en los criterios de selección, se deducen algunas implicaciones para la secuenciación, por ejemplo, en cuanto a la adecuación de los contenidos al desarrollo cognitivo, o en cuanto a la progresiva diferenciación de las disciplinas. Además, algunos aspectos particulares que la secuenciación debe contemplar son:

- El análisis de los objetivos generales del área y su graduación en capacidades para cada ciclo.
- Lo que más comúnmente se suele entender por secuenciación es la distribución de contenidos entre los ciclos, pero subrayemos que esta distribución afecta no sólo a los contenidos conceptuales, sino también a los de procedimientos y actitudes.
- Con los criterios de selección y organización que hemos indicado caben muchas secuenciaciones posibles, y es deseable esta diversidad para responder a contextos diferentes. Pero incluso dentro de una misma secuenciación es más difícil encontrar criterios para justificar una distribución de contenidos entre los dos cursos de un ciclo, y creemos que ésta es una decisión que puede estar sujeta a variaciones.

Más importante que uno u otro orden en los bloques de contenido nos parece la existencia de hilos conductores, o relaciones entre los bloques que doten de unidad y coherencia al currículo.

Ejemplos de organización de contenidos siguiendo distintas pautas

Creemos innecesario citar ejemplos concretos de currículos de Ciencias organizados conforme a la lógica de la disciplina, puesto que es la que siguen la mayoría de los libros de texto de Ciencias:

- Un ejemplo de materiales (no de un curso de Ciencias, ni un proyecto curricular completo) orientados al desarrollo cognitivo sobre tareas de Ciencias, es decir, respondiendo a criterios sobre todo psicológicos, es el Proyecto CASE, Cognitive Acceleration through Science Education (Adey *et al.*, 1989), que incluye materiales para estudiantes y profesores.
- En el capítulo sobre los modelos se han citado algunos proyectos correspondientes al enfoque de procesos y también otros que siguen el modelo constructivista del programa de actividades, como el LISP y el CLIS.
- Entre los proyectos que se sitúan en la perspectiva de Ciencia, Tecnología y Sociedad podemos citar el SISCON, "Science in a Social Context" (Addinell y Solomon, 1983), y el SATIS, "Science and Technology in Society" (ASE, 1988), ambos editados por la Asociación británica del profesorado de Ciencias ASE. En España podemos citar los proyectos EDUHAL, "Educación de los Hábitos de Alimentación" (Olivares, 1985) e "Historia de la Ciencia" (Marco, 1984), ambos del IEPS, y el proyecto ACES, "Aprendiendo Ciencias en la Enseñanza Secundaria" (Otero *et al.*, 1991).
- Un proyecto que combina varios de estos criterios y en el que han participado gran número de profesores y centros es el SSCR, "Secondary Science Curriculum Review", que ha editado unas utilísimas guías tituladas "Better Science" (SSCR, 1987).

Esta breve panorámica muestra que hay muchas formas distintas —y válidas— de organizar el currículo de Ciencias, y todas ellas pueden ser una fuente de sugerencias, ya que, si bien es difícil pretender que los docentes elaboren por completo sus materiales, sí son deseables las adaptaciones y modificaciones de acuerdo con las necesidades de cada situación.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

CAAMAÑO, A. (1988): "Tendencias actuales en el currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias* 6 (3), pp. 265-277.

Un trabajo riguroso y documentado en el que se analizan tanto los criterios de selección y organización como otros aspectos de interés en relación con el currículo, siempre en el caso de la enseñanza de las Ciencias.

SHAYER, M., y ADEY, P. (1984): *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid: Narcea.

Un libro indispensable para todas las personas implicadas en el diseño curricular en Ciencias, o en el desarrollo de los niveles de concreción. Incluye una detallada propuesta de taxonomía de los temas de Biología, Física y Química según el grado de demanda cognitiva de cada uno.

Referencias bibliográficas

ADEY, P.; SHAYER, M., y YATES, C. (1989): *Thinking Science*. The materials of the CASE Project. Macmillan, Houndmills and London.

ADDINELL, P., y SOLOMON, J. (1983): *SISCON, Science in a Social Context*. A. S. E., Hatfield.

A. S. E. (Association for Science Education) (1988): *SATIS, Science and Technology in Society*. Hatfield.

BLACK, P. (1986): "Integrated or coordinated Science". *School Science Review*, 67, 241, pp. 669-681.

COLL, C. (1986): *Marc curricular per a l'Ensenyament obligatori*. Generalitat de Catalunya.

DEL CARMEN, L. (1990): "La elaboración de proyectos curriculares de centro en el marco de un currículo de Ciencias abierto". *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 37-45.

D. E. S. (1989): *Science in the National Curriculum*. Dept. of Education. HMSO, London.

FENSHAM, P. (1987): "Changing to a Science, Society and Technology approach". En Lewis and Kelly, *Science and Technology Education and Future Human Needs*. Oxford: Pergamon Press.

GUTIÉRREZ, R.; MARCO, B.; SERRANO, T., y USABIAGA, C. (1988): *Ciencia Integrada*. M. E. C. / Vicens Vives, Colección Archivo del Profesor.

HEAD, J. (1985): *The Personal Response to Science*. Cambridge: Cambridge Educational Series.

JIMÉNEZ, M. P.; GARCÍA-RODEJA, I., y LORENZO, F. (1991): "Pero, ¿existe el área de Ciencias?" *Cuadernos de Pedagogía*, 188, pp. 64-66.

-
- MARCO STIEFFEL, B. (1984): *Historia de la Ciencia*, Documentos IEPS.
- MARTÍN DÍAZ, M. J., y KEMPA, R. (1991): "Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las Ciencias en función de sus características motivacionales". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 59-68.
- MILLAR, R., y DRIVER, R. (1987): "Beyond Processes". *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- OLIVARES JIMÉNEZ, E. (1985): *Proyecto EDUHAL*. Documentos IEPS, Madrid.
- OTERO, L.; JIMÉNEZ, M. P., y LORENZO, F. (1991): "El Proyecto ACES, Ciencia y Tecnología para las personas". *Cuadernos de Pedagogía*, 194.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- SOLOMON, J. (1987): "Social influences on the construction of pupils' understanding of Science". *Studies in Science Education*, 14, pp. 63-82.
- SSCR (1987): *Better Science*. Guides 1-12. London: Heinemann.
- STENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del currículo*. Madrid: Morata.

Anexo

Anexo: De Shayer y Adey (1984)

TAXONOMÍA 1
Diferentes aspectos del desarrollo de la interacción del niño con el mundo

1.1. Interés y actitud investigadora	1. <i>Preparatorio</i>	Se cree que las cosas son exactamente tal como se las capta en una percepción inmediata. La percepción dictamina las decisiones. Frente a la idea de evidencia de una persona mayor, el niño la negará, la explicará de un modo antropomórfico o permanecerá en silencio. No percibe las contradicciones.
	2A. <i>Concreto inicial</i>	Registrará mentalmente lo que sucede, pero, para mantener el interés después de las primeras observaciones obvias, necesita un modelo asociativo o una seriación ⁴ . La actitud investigadora, si no es orientada por alguien, no llegará a producir modelos concretos (ver 1.4, 2A y 2B).
	2B. <i>Concreto avanzado</i>	Incluirá seriación y clasificación ⁵ como instrumentos de percepción para descubrir lo que sucede, pero necesita que se le proporcione un modelo concreto, por medio del cual podrá estructurar los resultados experimentales. Encuentra interés en hacer y comprobar predicciones de causa y efecto.
	3A. <i>Formal inicial</i>	Encuentra un gran interés en comenzar a averiguar el <i>porqué</i> de las cosas y en deducir consecuencias a partir de un modelo formal. Experimenta confusión al tener que investigar relaciones empíricas sin un modelo interpretativo. Puede usar un modelo formal (ver 1.4, 3A), pero requiere que se lo proporcionen otros. Puede generar modelos concretos con interés. Puede ver la razón de formular hipótesis y puede planear experimentos sencillos, pero es probable que necesite ayuda para deducir relaciones de los resultados y para organizar la información de modo que se vayan eliminando las variables irrelevantes en cada fase.
	3B. <i>Formal avanzado</i>	Encuentra interés en generar y comprobar posibles explicaciones de "por qué". Tolerará la ausencia de un modelo interpretativo para investigar relaciones empíricas. Considera obvio que en un sistema con diferentes variables él debe "mantener todas las demás cosas igual" mientras va alterando una cada vez. Puede planear este tipo de investigaciones e interpretar los resultados. Hará comprobaciones cuantitativas al tratar de relaciones de proporcionalidad.
1.4. Uso de modelos	1. <i>Preparatorio</i>	No es posible.
	2A. <i>Concreto inicial</i>	El uso de <i>modelos concretos</i> consiste en la organización de la realidad por medio de la seriación, la clasificación o la correspondencia 1/1. En este nivel sólo se dan simples comparaciones y causas elementales. Por ejemplo: "Esto se opone a <i>aquello</i> ". Nociones no estructuradas tales como "el estado puro".
	2B. <i>Concreto avanzado</i>	Uso de modelos por seriación, que puede extenderse a cualquier escala lineal. Para el nivel de clasificación ver 1.5-2B. Para "causa-efecto" ver 1.2 y 1.3. El "modelo" tiene ahora una definición semejante a la que da el diccionario, es decir, un modelo simplificado de correspondencia 1/a (el esqueleto; un engranaje de cambios, etc.).
	3A. <i>Formal inicial</i>	El modelo formal es la interpretación indirecta de la realidad por una comparación deductiva a partir de un sistema de postulados con sus propias reglas. En este nivel el estudiante suele necesitar ayuda para deducir el comportamiento de un sistema con múltiples variables. A no ser que la relación cuantitativa sea sencilla (como ocurre con el modelo "calórico" de la transmisión del calor o con la "presión" como el cociente F/S), las deducciones es probable que sean simplemente cualitativas. El modelo se considera como algo verdadero, no hipotético; por tanto, en este nivel no suele darse la comparación crítica de modelos formales alternativos.
	3B. <i>Formal inicial</i>	Puede buscar activamente un modelo formal, ampliar uno que le es dado, y comparar modelos alternativos por la forma en que explican los mismos datos. Como el esquema de la proporcionalidad está adquirido (relaciones mutuas entre dos variables independientes), puede formular deducciones cuantitativas a partir del modelo y reflexionar sobre las relaciones entre las distintas variables.

4

Las concepciones previas de los alumnos. Estrategias para lograr el cambio conceptual

Carmen Albaladejo Marcet
Aureli Caamaño Ros

Nos vamos a referir aquí al origen y a las características de las ideas alternativas de los alumnos, a cómo detectarlas, a su resistencia al cambio, así como a su interferencia con el aprendizaje. También se abordarán diferentes estrategias para lograr el cambio conceptual, y se presentarán dos ejemplos de elaboración de modelos conceptuales en el aula.

Las concepciones previas de los alumnos

En la actualidad existe evidencia empírica de que los alumnos antes de llegar a la instrucción formal ya tienen sus *propias concepciones sobre los fenómenos naturales y sobre lo que se les va a enseñar*. En la mayoría de los casos estas concepciones no se alteran después de la instrucción. El que aprende tiene, pues, unos “esquemas mentales previos”, que son los que utiliza para interpretar lo que se le está enseñando, los cuales interfieren de manera decisiva en la adquisición de conceptos científicos.

Algunos de los ejemplos más comunes de ideas alternativas que nos encontramos en estudiantes de Secundaria son los siguientes:

- Fotosíntesis y respiración son dos procesos paralelos, uno en vegetales y el otro en animales.

-
- Existencia de la generación espontánea.
 - El ambiente es el máximo responsable de las características de los seres vivos.
 - La respiración sólo consiste en la ventilación a nivel pulmonar.
 - La aparición de fósiles a gran altura se explica como consecuencia de movimientos del nivel del mar, nunca de las montañas.
 - Confusión entre dureza y erosión. Un granito siempre se erosiona menos que una caliza.
 - No hay movimiento si no hay una fuerza en la dirección del mismo.
 - La fuerza realizada sobre un cuerpo en un instante dado se mantiene durante el movimiento.
 - La velocidad de caída libre de un cuerpo depende de su peso.
 - La energía se gasta.
 - El calor es una propiedad de los cuerpos.
 - En las reacciones químicas las sustancias permanecen, aunque cambien sus propiedades.

Actividad 1

- ¿Has detectado otras “ideas previas” en tus clases? Enuméralas.
- Compara las “ideas previas” de los alumnos con las científicamente aceptadas. ¿Crees que interfieren en el proceso de enseñanza-aprendizaje?
- ¿Has tenido en cuenta estas ideas a la hora de diseñar tus actividades de aprendizaje?

Se han utilizado diferentes nombres para expresar estas “ideas”, que los alumnos consideran más razonables y útiles que las que el profesor expone.

- Errores conceptuales.
- Preconcepciones.
- Ideas previas.
- Ideas alternativas.
- Esquemas conceptuales alternativos.

Por supuesto, el hecho de que se utilice uno u otro nombre no es indiferente, ya que usar una u otra nomenclatura responde a diferentes concepciones (Furió, 1986). Por ejemplo, si utilizamos el término de “error conceptual”, éste nos indica algo que tenemos que eliminar, destruir; se está concediendo mayor relevancia a la estructura del contenido que se va a enseñar que al estatus mental del estudiante; en cambio, hoy se cree mayoritariamente que estas ideas no se tienen que eliminar, sino que deben utilizarse para iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El término “preconcepción” es utilizado por aquellos que creen que las ideas científicas de los alumnos están poco ligadas a la estructura cognitiva del mismo.

Los términos “esquema conceptual alternativo” o “ideas alternativas” indican que son ideas coherentes, persistentes y utilizadas en diferentes contextos. Driver y Erickson (1983) definen “esquema conceptual” como aquella estructura mental construida por el alumno como resultado de las numerosas interacciones con su medio ambiente.

Nosotros utilizaremos el término de “ideas previas” como lo que el alumno sabe antes del aprendizaje en la escuela, y el de “ideas alternativas”, cuando queramos resaltar su no coincidencia con las ideas científicamente aceptadas.

Origen de las ideas alternativas

El porqué se forman estas “ideas” se debe a varios factores, unos relacionados directamente con la formación escolar y otros con el mundo no escolar en el que los alumnos están inmersos. Las causas principales de formación de estas ideas son:

- Los libros de texto u otros materiales utilizados en la escuela.
- Experiencias y observaciones de la vida cotidiana.
- Interferencia del vocabulario científico con el lenguaje cotidiano.
- La cultura propia de cada civilización y los medios de comunicación.

Los libros de texto son una de las principales causas de la formación de ideas alternativas. En muchos casos utilizan una terminología ambigua que induce a confusión. Por ejemplo:

- Utilizan nutrición y alimentación como sinónimos.
- Usan frases como “los seres vivos consiguen adaptarse al medio”, que inducen a pensar que la adaptación es un proceso que se produce “a posteriori”.
- Utilizan el concepto de “ciclo geológico” como un concepto determinista que implica inexorablemente un encadenamiento de acontecimientos.
- Definen la estructura de la Tierra sin tener en cuenta la atmósfera como una capa más.
- Utilizan el concepto de fuerza centrífuga como si fuera una fuerza real.
- Definen el calor como una propiedad de los cuerpos y no como energía en tránsito.
- Usan términos como *el de peso molecular para referirse indistintamente a la masa de una molécula, a la masa molecular relativa y a la masa molar.*
- Se refieren a las sustancias moleculares como sustancias covalentes, cuando lo que determina sus propiedades son las fuerzas entre las moléculas y no el enlace covalente entre los átomos que forman la molécula.

En otros casos son los esquemas de los libros los que inducen a errores, como en el esquema de la fotosíntesis (esquema en que aparece una hoja con entradas y salidas de O_2 y CO_2 , dando a entender que fotosíntesis y respiración son dos procesos inversos), o en la representación de la circulación de la sangre (al representar la

mitad del cuerpo de color azul y la otra mitad de color rojo, rápidamente el alumno entiende que la mitad derecha del cuerpo lleva sangre venosa "mala" y la parte izquierda sangre arterial "buena"), o en la representación bidimensional de una célula, que provoca que casi ningún alumno se imagine la célula y sus orgánulos con volumen, o esquemas sobre el metamorfismo que apoyan la idea de que la formación de rocas metamórficas sólo se debe al "enterramiento" de los materiales y casi nunca se plantea la posibilidad de la formación de rocas metamórficas por los movimientos de placas, provocando el metamorfismo regional.

Además, los libros de texto no tienen en cuenta las ideas que "a priori" puedan tener los alumnos, y no prevén las dificultades que estas ideas pueden entrañar para la comprensión de la información escrita y gráfica que aparece en el libro.

Probablemente las ideas más persistentes sean aquellas que están relacionadas con las experiencias y observaciones de la vida cotidiana de los alumnos; por ejemplo, la idea de que los alimentos se estropean porque aparecen mohos o gusanos, que el organismo responde al sol poniéndose moreno, o que cualquier roca pulida es un mármol, la creencia de que los gases no tienen masa, la idea de la continuidad de la materia o la idea de que las sustancias al disolverse desaparecen.

Hay una clara interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico. Muchas palabras no tienen el mismo significado en el lenguaje científico y en el coloquial. Así, por ejemplo, el concepto de adaptación no significa en lenguaje coloquial (adaptarse a las circunstancias, es muy adaptable, etc.) lo que significa para un biólogo, reforzando la idea de adaptación del individuo "a posteriori"; el uso de las palabras excrementos y excreción, que son muy parecidas y que probablemente provocan el error que cometen prácticamente todos los alumnos de asociar la excreción con el proceso que tiene lugar en el último tramo del intestino grueso; la idea del trabajo en la vida normal está asociado a un esfuerzo físico o intelectual, pero en física se reserva para procesos en los que haya desplazamiento; la idea de sustancia pura es en la vida corriente la de una sustancia sin aditivos, aunque en realidad se trate de una mezcla, por ejemplo, la leche, los zumos; el concepto de suelo, cuyo significado cotidiano es "la superficie que pisamos", que difiere sensiblemente del concepto geológico y biológico, o la utilización de las palabras mineral, roca y piedra para indicar un mismo concepto.

Por último, nos vamos a referir a la influencia que tiene en la formación de ideas previas la propia cultura, es decir, las creencias y prácticas del entorno inmediato al alumno (familia, amigos...). Son muy frecuentes los ejemplos en el área de la salud y la nutrición: ingerir un exceso de proteínas porque en el saber popular las proteínas son "mejores" que las grasas, dudar de la calidad nutritiva de los productos congelados, la creencia en que hay "sangre buena y sangre mala", la confusión entre vacunas y antibióticos, o la idea de que dormir con plantas en la habitación es "malo" porque quitan el oxígeno.

En la actualidad forman parte también de nuestra cultura los medios de comunicación, sobre todo la televisión. Ésta refuerza la interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico. Por ejemplo, la utilización en publicidad de ciertos conceptos como "acidez", "basicidad", "energético" "principio activo", "pureza", "dureza", "mármol", etc., con un sentido diferente al científicamente aceptado, o la utilización correcta de conceptos científicos como "isotónico", pero asociado a unas determinadas imágenes (fortaleza física, bienestar, etc.), que distorsionan su significado verdadero. No podemos tampoco olvidar la influencia que tienen en la formación de ideas previas determinadas películas o cómics. Por ejemplo, todas las películas relacionadas con mutaciones y mutantes inducen al alumno a asociar el concepto de mutación con cambios exclusivamente externos con la finalidad de ser un superhombre o ser algo anormal, e incluso a creer que en un laboratorio mezclando diferentes sustancias se pueden conseguir seres nuevos o cambiar de aspecto, etc.

Teniendo, pues, en cuenta todas las causas anteriormente enumeradas es muy difícil imaginar que el alumno llegue sin ideas previas a las clases de Ciencias, ya que está recibiendo una información continuada sobre la mayoría de contenidos del área de Ciencias Experimentales.

Actividad 2

- Después de leer con atención el apartado anterior, "Origen de las ideas alternativas", haz una reflexión sobre las diferentes causas en la formación de ideas previas. ¿Cuáles crees que pueden tener más influencia en la formación de ideas: las que se desprenden de la enseñanza formal o de la enseñanza informal?
- Analiza causa por causa e intenta buscar otros ejemplos que recuerdes para cada una de ellas.
- ¿Recuerdas algún ejemplo personal de idea alternativa? ¿Cuál crees que fue la causa de su formación? ¿Cuándo lograste cambiar esta "idea alternativa" por la científicamente aceptada?
- ¿Crees que en algún momento de tu trabajo como profesor has sido inductor de posibles "ideas alternativas" en tus alumnos?

Características de las ideas alternativas

Ya que estas ideas aparecen en todos los campos de las Ciencias, es de imaginar que tendrán unas características comunes. Analizando el resultado de las investigaciones llevadas a cabo se puede comprobar que distintos alumnos en lugares diferentes presentan ideas parecidas, por lo que podemos pensar que éstas tienen un cierto grado de universalidad, o sea, que presentan unas características comunes.

Según Driver, Guesne y Tiberghien (1985), las ideas alternativas tienen las siguientes características generales:

- Son estructuras mentales de los alumnos, o sea, tienen un determinado nivel de coherencia interna.
- Son ideas dominadas por la percepción, "lo que se ve es lo que se cree". Por ejemplo, las plantas se alimentan del suelo, los moluscos o crustáceos no tienen sangre, los cuerpos más pesados caen más rápido, hace falta una fuerza constante para mantener un movimiento uniforme, etc.
- Son construcciones personales, las elabora el propio alumno al interiorizar las experiencias que vive. Toda experiencia está influida por las vividas anteriormente.
- Dependen mucho del contexto, ya que un mismo individuo puede mantener diferentes concepciones sobre un determinado fenómeno, utilizando argumentos diferentes ante situaciones que son equivalentes desde el punto de vista científico. (Por ejemplo, dar una explicación sobre la posibilidad de transmisión hereditaria a sus descendientes si se le corta la cola a un ratón y opinar lo contrario cuando se pone como ejemplo al ser humano.)
- Guardan un cierto paralelismo con las mantenidas por los científicos a lo largo de la Historia, como ocurre con la generación espontánea, el modelo lamarckista, la teoría aristotélica del movimiento, etc., sin querer

esto decir que el pensamiento del alumno siga el mismo desarrollo que el de los científicos. En cualquier caso, el conocimiento de la historia de la Ciencia nos puede ser útil para comprender mejor algunas de las dificultades que tienen nuestros alumnos para la elaboración de conceptos científicos.

- Son persistentes. Se ha comprobado que aun después de la enseñanza formal, las ideas o concepciones de los alumnos no se modifican en un gran número de casos. El porqué de esta persistencia se debe a que para los alumnos sus concepciones son verdades indiscutibles, por estar basadas en la epistemología del sentido común, les dan seguridad y les facilitan la toma de decisiones. El profesor también es culpable de esta persistencia, ya que al ignorar estas ideas, no realiza actividades para superarlas.

¿Cómo conocer las ideas previas?

Todas las investigaciones parecen indicar que los alumnos “saben algo” sobre lo que se les va a enseñar y que es importante que el alumno “aprenda” a partir de esto, o sea que, como profesores, necesitamos conocer estas ideas para que a partir de ellas elaboremos las diferentes actividades de aprendizaje.

Hay diversas técnicas de investigación para conocer las ideas previas, aunque no todas son igual de factibles para su utilización en el aula, por su complejidad y el tiempo que precisa su ejecución. Teniendo, pues, en cuenta que lo que queremos es conocer lo que sabe el alumno sobre un determinado concepto, antes de empezar las actividades de enseñanza-aprendizaje nos referiremos solamente a aquellas técnicas factibles de utilización en el aula y las consideraremos como unas actividades de aprendizaje iniciales. Estas actividades no se tienen que confundir con las pruebas de nivel que realizan algunos profesores al iniciar el curso.

Las técnicas más utilizadas para el conocimiento de las ideas previas son las siguientes:

1. El coloquio. Es tal vez el más fácil de utilizar en clase y muy efectivo. Los coloquios se pueden realizar con toda la clase o en pequeño grupo (cuatro o cinco alumnos). Es importante que la discusión se lleve a cabo en un ambiente libre, siendo importante el papel del profesor como animador, sin emitir juicios y estimulando a los alumnos más reacios a opinar. Se les plantea alguna pregunta sobre un determinado concepto o fenómeno, estableciéndose una discusión. Por ejemplo:

Si sólo existieran los agentes geológicos externos, ¿cómo sería la superficie de la Tierra?

2. El torbellino de ideas. Es una técnica igual de efectiva que la anterior, pero con la ventaja de que permite saber un gran número de ideas en muy poco tiempo. Se plantea una o más preguntas al empezar el tema. Por ejemplo, ¿para qué sirve la sangre? o ¿cuál es la estructura de los gases?
3. Posters. Es importante que a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido tengamos constancia de las respuestas que han dado los alumnos, para que una vez finalizadas las actividades encaminadas al aprendizaje del concepto, podamos comparar si continúan con las mismas ideas o las han cambiado.

Una solución es la utilización de posters en los que se escriben o dibujan las diferentes respuestas. Un ejemplo sería: ¿cómo consiguen las plantas su alimento?, o ¿qué órganos intervienen en el aparato excretor? ¿Cómo se forma una montaña? Los posters generalmente se realizan por grupos de cuatro a cinco alumnos.



Poster tomado del proyecto CLIS.

4. Dibujos. En determinados temas de las Ciencias Naturales y de la Física y Química una de las técnicas más recomendadas es la libre expresión de los alumnos mediante dibujos; esta técnica respecto a los posters tiene tres grandes ventajas: es individual, da mucha información y es fácil detectar con ella las ideas alternativas de los alumnos.

Así se les puede decir que dibujen el recorrido de un alimento desde que entra por la boca hasta que sale, o que dibujen la respuesta que produce un individuo cuando se le lanza súbitamente un objeto, o que dibujen la estructura de la Tierra.

5. Cuestionarios. Otra manera de detectar las ideas previas en clase es mediante cuestionarios. Esta técnica tiene la ventaja de que se conocen las ideas a título individual y que, por tanto, se consiguen un gran número de respuestas; pero esta ventaja se puede convertir en un inconveniente, ya que su análisis puede ser sumamente complicado y largo para utilizar en la práctica cotidiana. Las que consumen menos tiempo, y por tanto las más adecuadas, son las preguntas cerradas. Son de este tipo las cuestiones:

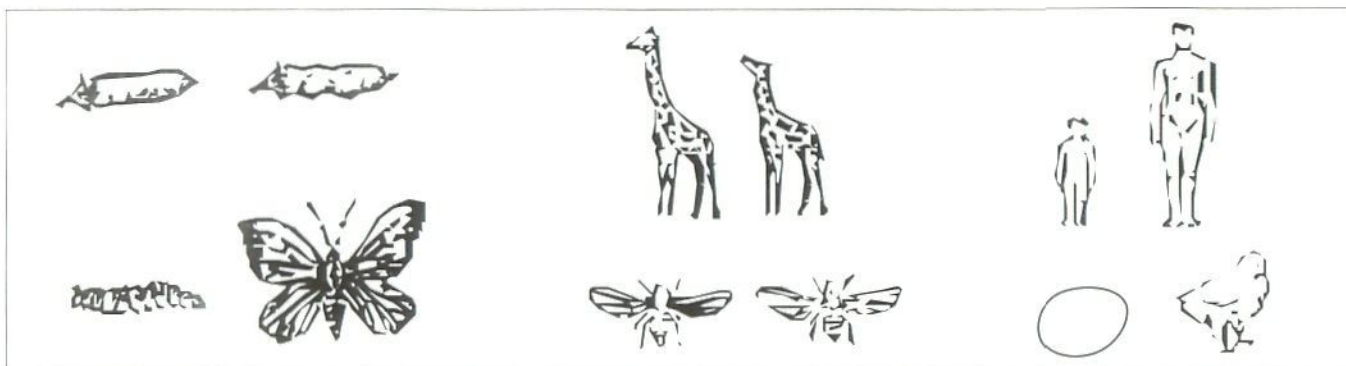
- De elección múltiple, en las que se da a los alumnos un enunciado o una representación gráfica o simbólica y se les pide que elijan entre varias respuestas prefijadas:



El personaje está sentado y recibe una señal auditiva. La onda es recibida por el cerebro y transmite una señal a las partes donde puede impedir el impacto (los brazos, manos). También la expresión de la cara varía.

- Las de aparejamiento.
- Las de verdadero y falso.

Por ejemplo: marca al lado de cada pareja una cruz cuando creas que el cambio observado se debe a una mutación.



(Albaladejo, 1989)

¿Cuál de las siguientes fórmulas corresponde a un elemento?

a) F_2 ; b) $NaCl$; c) H_2O ; d) S ; e) S_8

(Caamaño, 1986a)

Los principales inconvenientes de las preguntas cerradas son: que antes de diseñar el cuestionario tienes que conocer algunas de las ideas que crees que tienen los alumnos sobre el tema, bien por la propia experiencia o bien por investigaciones hechas por otros autores (búsqueda bibliográfica), y que, en general, no dan mucha información sobre el pensamiento del alumno, a menos que se les pregunte el porqué de su elección, con lo que se convierte en una pregunta abierta con las dificultades que esto conlleva.

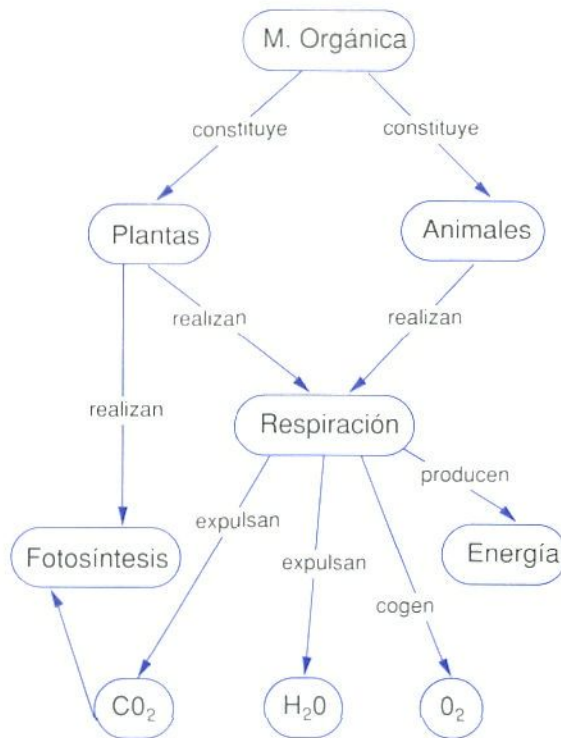
6. Mapas conceptuales. Por último, nos vamos a referir a los mapas conceptuales (Novak, 1988). Es una de las técnicas que sirve no solamente para detectar las ideas previas de los alumnos, sino que tiene otras muchas utilidades, tales como la de ser un instrumento de evaluación, la de proporcionar información sobre el tipo de estructura conceptual que tiene el alumno y sobre cómo estructura, jerarquiza, diferencia y relaciona conceptos. También permite ver cómo cambia la estructura conceptual durante la instrucción y, conforme a ello, desarrollar el currículo, definir la estrategia didáctica, etc.

Los mapas conceptuales son diagramas que indican, en forma de proposiciones, relaciones significativas entre conceptos. Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos entre sí por palabras de enlace formando una unidad semántica.

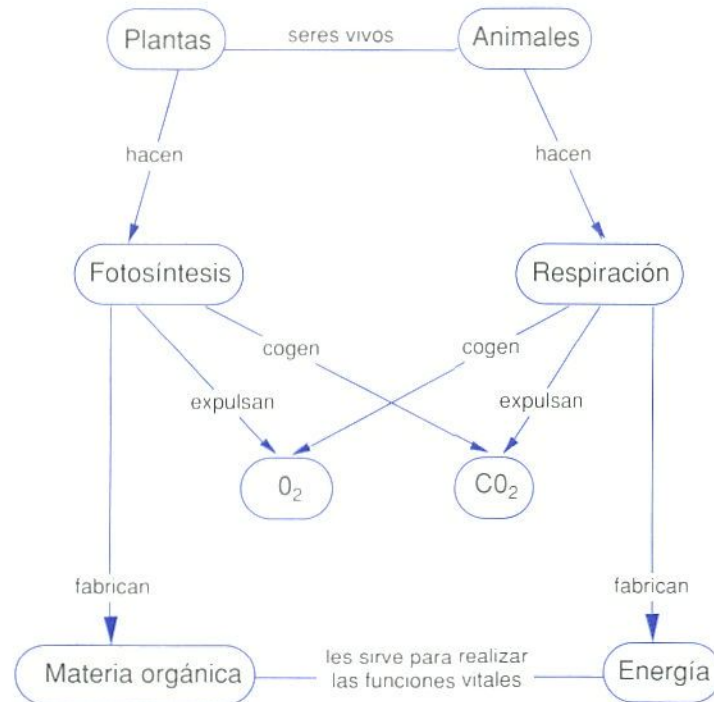
Los mapas conceptuales deben ser jerárquicos; esto significa que los conceptos más generales e inclusivos deben situarse en la parte superior del mapa, a continuación los conceptos subordinados y en la parte inferior los conceptos más específicos.

Un aprendizaje será significativo cuando los nuevos significados conceptuales se engloben en otros conceptos más amplios, más inclusivos.

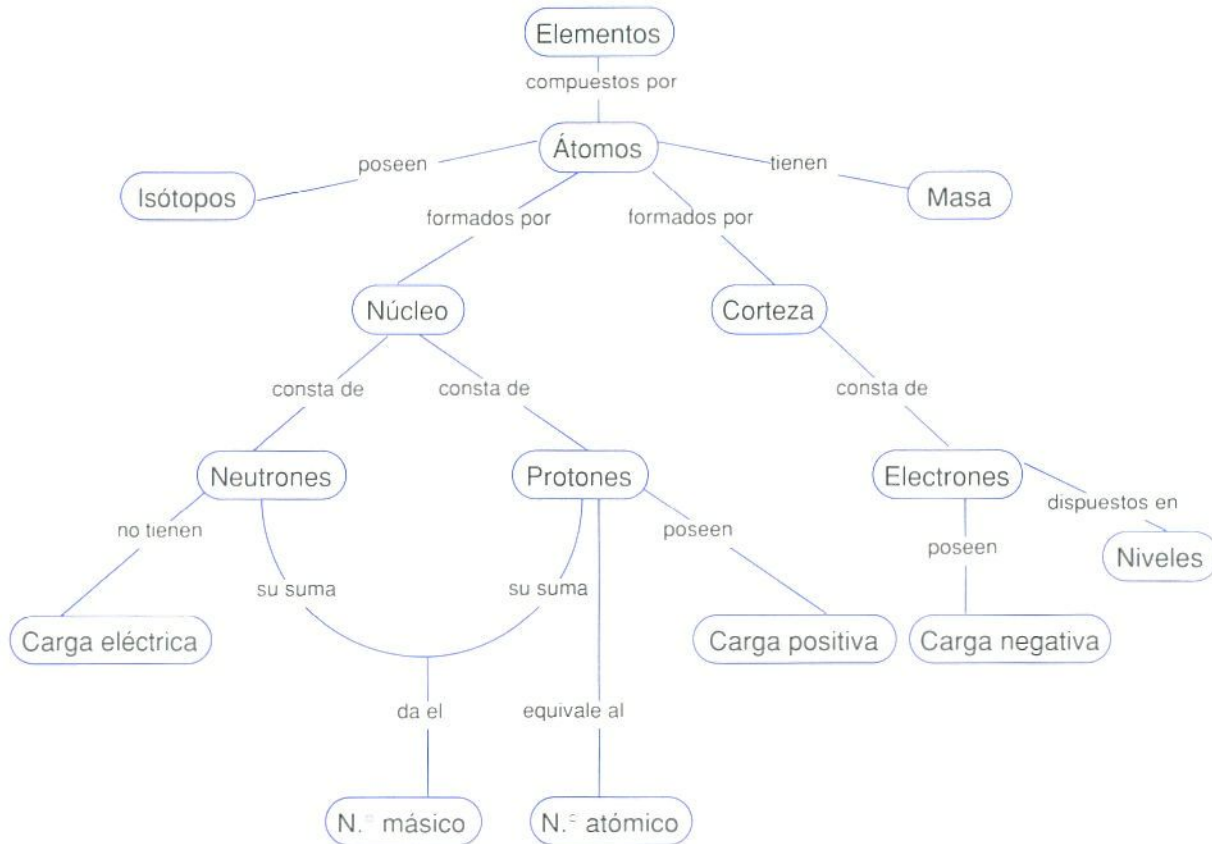
Por supuesto, al construir un mapa conceptual no podemos hablar "del mapa conceptual", sino de "un mapa conceptual", como podemos ver en el ejemplo que se enseña a continuación, en el que con los mismos conceptos se han construido dos mapas totalmente diferentes:



Patricia Yuncal
1.º B. U. P. (mayo, 1989)



I. B. "Esplugues II"
1.º B. U. P. (mayo, 1989)



José Bosch
 Manuel Gómez
 2.º (mayo, 1989)

En los ejemplos anteriores se les dio a los alumnos los conceptos clave. Otra opción es que sean ellos los que elijan los 10 o 15 conceptos claves de un determinado tema.

Los mapas conceptuales tienen una doble ventaja: por un lado se observa muy bien la estructura mental del alumno con sus ideas previas sobre un determinado concepto y, por otro, se puede tener una información individualizada sobre el pensamiento del alumno.

La gran desventaja consiste en que para su realización se necesita un período de aprendizaje por parte de quien va a confeccionar los mapas.

Hemos visto, pues, diferentes maneras de llegar a conocer qué es lo que hay en la mente del alumno antes de empezar la instrucción; pero nuestro trabajo como profesores no puede terminar aquí, sino que éste es el punto de partida para, partiendo de lo que el alumno piensa, diseñar una serie de actividades encaminadas a que la ciencia del alumno y la científicamente aceptada sea una sola.

Actividad 3

- Si quisieras conocer las ideas previas que tienen los alumnos sobre: función de relación, formación de montañas, generación espontánea, la estructura de los gases, el concepto de ácido o base, o de cambio químico, ¿qué técnicas crees que son las más adecuadas para cada uno de ellos? Ventajas e inconvenientes de cada una según el concepto elegido.
- Escoge uno de los conceptos anteriores y diseña una estrategia para conocer las ideas previas aplicando alguno de los métodos anteriormente descritos.

Estrategias para lograr el cambio conceptual

Hemos visto que los alumnos llegan a la instrucción con unas ideas previas, que éstas tienen unas características, una de las cuales es que son muy persistentes, incluso después de la instrucción, y hemos hecho un pequeño análisis de las que creemos pueden ser sus causas.

Conocer las ideas previas de los alumnos es el punto de partida necesario, y diseñar la instrucción para que estas ideas se desarrollen y se cambien por las científicamente aceptadas, es el trabajo del profesor. Este cambio es lo que se denomina cambio conceptual.

De acuerdo con Posner (1982), para promover el cambio conceptual es necesario que exista:

- Insatisfacción por parte del alumno respecto a las concepciones existentes.
- Explicitación por parte del alumno de sus ideas.
- Una alternativa inteligible que permita una nueva estructuración del conocimiento.
- Una alternativa que encaje con otros conocimientos del alumno.

La modificación de las concepciones de los alumnos provienen de la interacción con las del profesor, en relación a las actividades propuestas. Se han descrito las siguientes interacciones entre las concepciones de los alumnos (CA) y las concepciones del profesor (CP) (Gilbert *et al.*, 1982).

1. La concepción del alumno no se altera.

$$CA + CP = CA$$

2. La idea original no se altera y adquiere una segunda independiente de la primera.

$$CA + CP = CA + CP$$

3. Refuerzo de la concepción del alumno que interpreta erróneamente la instrucción.

$$CA + CP = CA-CP$$

4. Mezcla concepciones.

$$CA + CP = CA/CP$$

5. Unificación de ambas concepciones.

$$CA + CP = CC$$

(CA = ciencia del alumno) (CP = ciencia del profesor, análoga a la visión científica, CC)

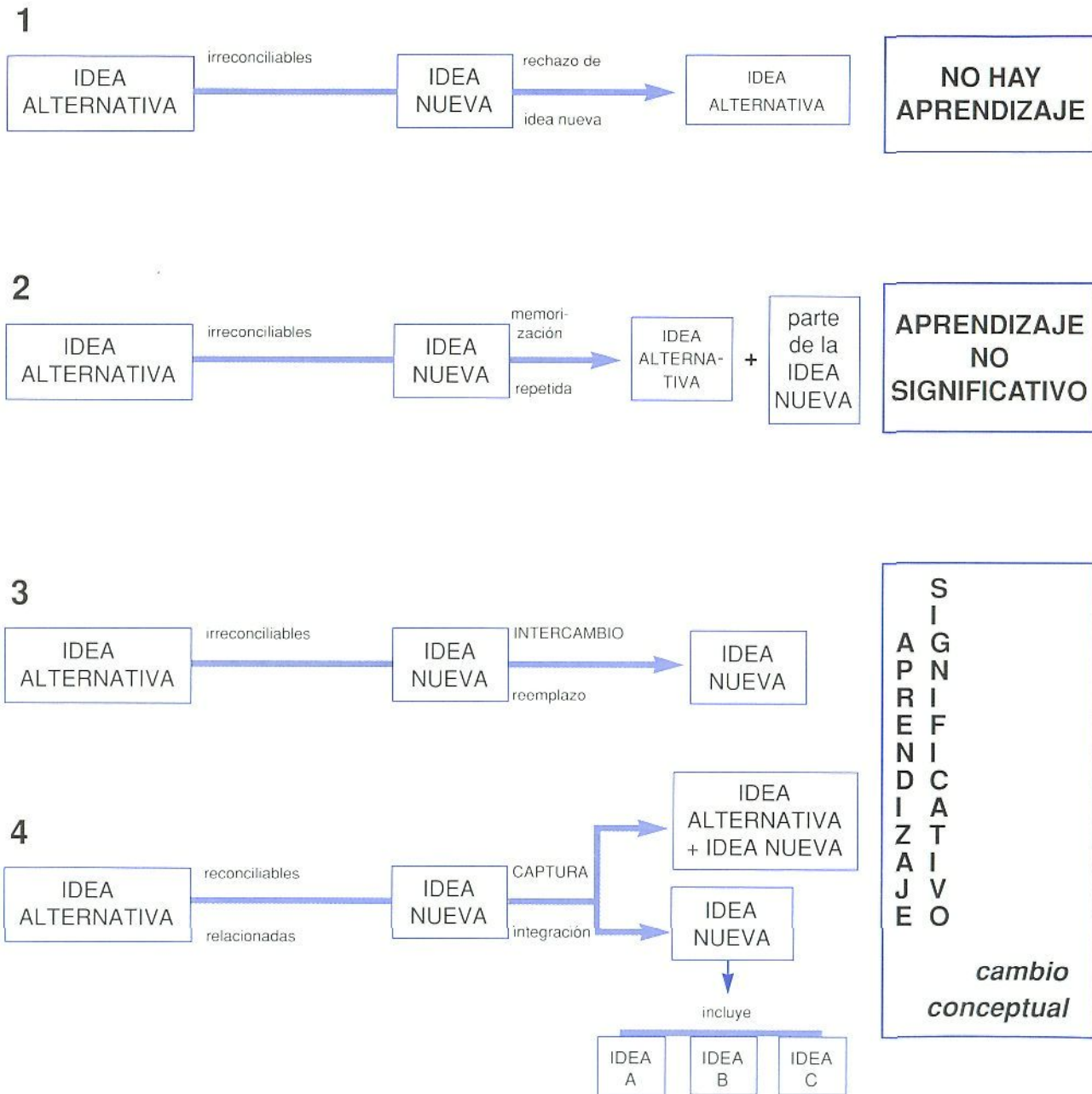
Únicamente en el último caso el alumno logra cambiar sus ideas por las científicamente aceptadas.

Hewson (1981) señala que en muchos casos las ideas de los estudiantes no son cambiadas, sino que evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización hasta llegar a ser coherentes con la Ciencia escolar. Por esta razón, Hewson propone ampliar el modelo de cambio conceptual en el caso de que la idea alternativa y la nueva no sean irreconciliables.

Por tanto, el aprendizaje significativo partiendo de las ideas de los estudiantes puede producirse de varias formas:

- Por medio de estrategias que Hewson llama de intercambio, si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables.
- Por medio de estrategias de integración, es decir, mediante la ampliación y la diferenciación de las ideas previas. Esto supone una reconciliación entre la idea antigua, bien integrándolas ambas o incluyendo la primera en la segunda.

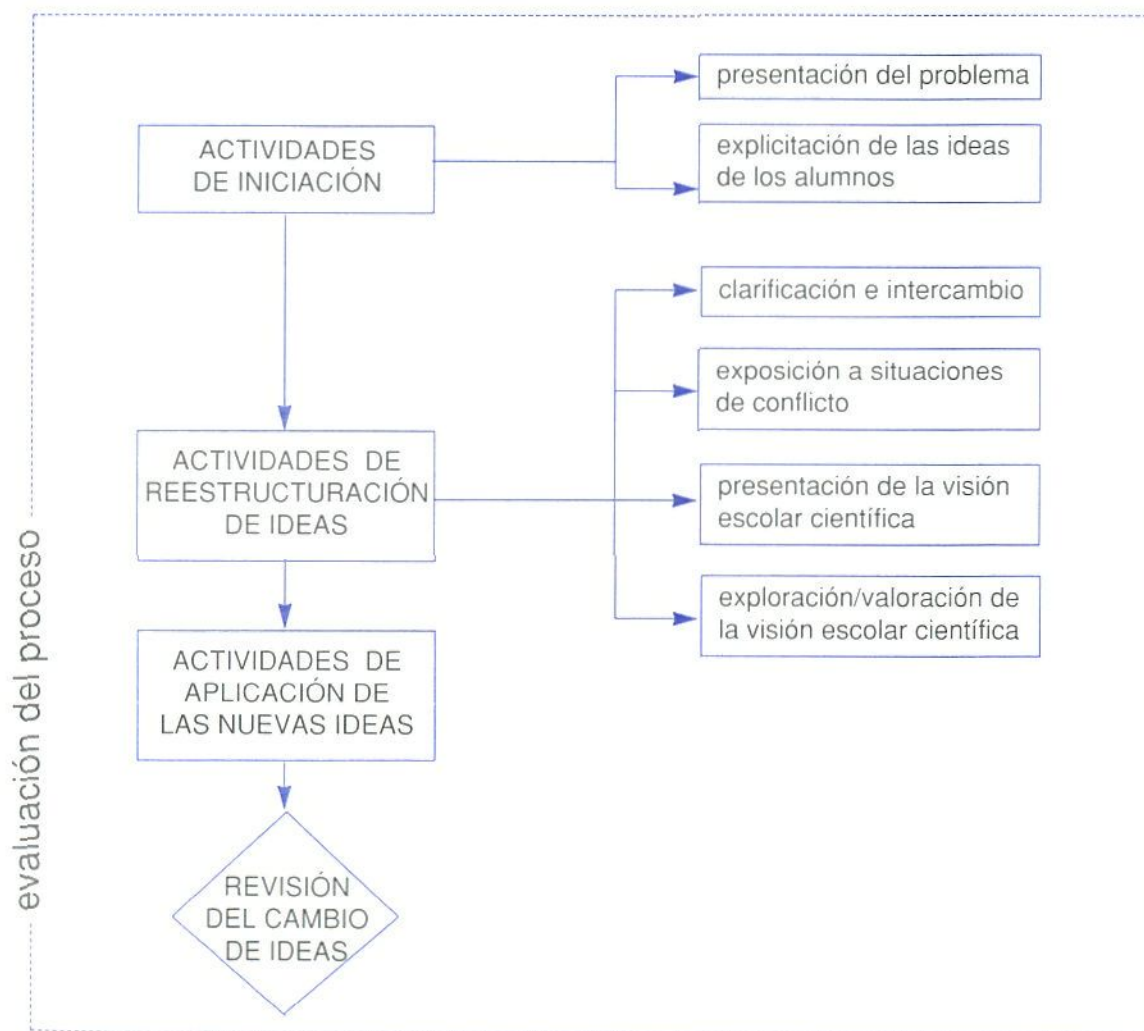
Para Hewson (1989), el modelo de aprendizaje como cambio conceptual pretende incluir tanto la integración como la modificación sustancial de las ideas (intercambio). Sin embargo, durante estos últimos años el cambio conceptual se ha identificado sólo con el intercambio, situación más novedosa y problemática que la integración. Según Jiménez (1989, 1991), lo importante no sería la utilización de uno u otro nombre, sino el reconocimiento de que el aprendizaje significativo puede tener lugar de diversas formas.



Modelo de aprendizaje como cambio conceptual (tomado de Jiménez, 1989)

Actividad 4

- ¿Has detectado en tus clases que las ideas de los alumnos sean difíciles de cambiar? ¿Qué has hecho para solucionarlo? ¿Crees que han sido efectivas las medidas adoptadas?
- ¿Crees que es interesante conocer la historia de la Ciencia para la introducción de determinados conceptos? ¿Cómo utilizarías la historia de la Ciencia en tus clases?



Actividades diseñadas para promover el cambio conceptual

Hay varios enfoques curriculares que pretenden el cambio conceptual de los alumnos como el LISP (*Learning in Science Project*), desarrollado en Nueva Zelanda bajo la dirección de Osborne y Freyberg; el CLIS (*Children Learning in Science*), desarrollado en la Universidad de Leeds y dirigido por R. Driver. Todos estos proyectos tienen el denominador común de estar planteados dentro de un enfoque constructivista, que considera el aprendizaje como una construcción activa de significados por parte de quien aprende. Se coloca a quien aprende en el centro del proceso de aprendizaje.

Ambos proyectos, salvando las particularidades de cada uno de ellos, proponen una secuencia de aprendizaje como la que se muestra a continuación.

Es interesante constatar que proyectos aparecidos hace ya algunos años, como por ejemplo el SCIS (*Science Curriculum Improvement, USA, 1977*), que también proponían un ciclo sistemático para el aprendizaje de los conceptos, han modificado la secuencia de aprendizaje para incorporar los ideas básicas del modelo constructivista.



SCIS (Nuevo ciclo propuesto para el aprendizaje de los conceptos)

Los propósitos de las actividades de aprendizaje de cada una de las fases del nuevo ciclo son los siguientes:

- La determinación de las ideas de los alumnos. El objetivo es averiguar el conocimiento de los alumnos acerca de una determinada idea.
- La exploración de las ideas. El propósito es que el alumno explique posibles ejemplos de la nueva idea en su propio lenguaje.
- La apropiación de la idea. Sirve para que el alumno clarifique el nuevo concepto y utilice el nuevo lenguaje y simbología.

-
- La organización de la idea. Sirve para ayudar al alumno a construir el esquema mental de la nueva idea, relacionándola con otras.
 - La aplicación de la idea. El propósito es aplicar el nuevo concepto en situaciones familiares y en nuevas situaciones.

La experiencia demuestra que para que el alumno pueda realizar cambios conceptuales se requieren períodos largos de tiempo. La reestructuración de las ideas puede requerir años, por lo que no podemos pretender que en una o dos lecciones se produzca un determinado cambio conceptual. Como dice Driver (1988): “Es necesario adoptar una concepción evolutiva en cualquier planificación del currículo a largo plazo.”

Dos ejemplos de elaboración de un modelo mediante una estrategia de cambio conceptual

Se presentan a continuación dos ejemplos, uno de Biología y el otro de Química, de secuenciación de actividades basadas en una estrategia de cambio conceptual.

La nutrición de las plantas

Uno de los temas centrales en cualquier currículo de Ciencias en la Enseñanza Secundaria es la nutrición de las plantas. Varias investigaciones sobre las ideas que tienen los alumnos sobre la fotosíntesis (Anderson *et al.*, 1985; Astudillo y Gené, 1984; Bell y Brook, 1984; Cañal y García, 1987) han puesto de manifiesto la dificultad que conlleva este tema. Así se ha podido constatar lo siguiente:

- Aproximadamente un 60% de los alumnos de Secundaria creen que el alimento de las plantas proviene del suelo. Sólo un 6% de los estudiantes dan la respuesta científicamente aceptada.
- Un 60% consideran la fotosíntesis como un tipo de respiración.
- Un 50% creen que los gases necesarios para la fotosíntesis son absorbidos por las raíces.

Los estudios realizados en la Universidad de Leeds (Bell y Brook, 1984) sobre la nutrición de las plantas han puesto también de manifiesto estas dificultades.

Al ser preguntados sobre el porqué del crecimiento de un árbol, las respuestas son las siguientes:

- Un 26% cree que crece “por lo que toma del ambiente”.
- Un 43% cree que crece “porque se hace más grande” (más ramas, más tronco, etc.).
- Un 19% cree que crece “porque toma el alimento de su exterior”.
- Aproximadamente un 40% sabe que para la respiración se requiere O_2 , un 25% sabe que las plantas verdes toman CO_2 , pero sólo un porcentaje pequeño sabe de la necesidad de la luz.

Ante esta situación debemos plantearnos qué estrategias debemos seguir para conseguir que nuestros alumnos puedan realizar el cambio conceptual, que sus ideas sean modificadas y se aproximen a las científicamente aceptadas.

Vamos a exponer una serie de actividades, para los alumnos, secuenciadas de acuerdo con los pasos anteriormente enunciados. Estas actividades están basadas en el proyecto CLIS.

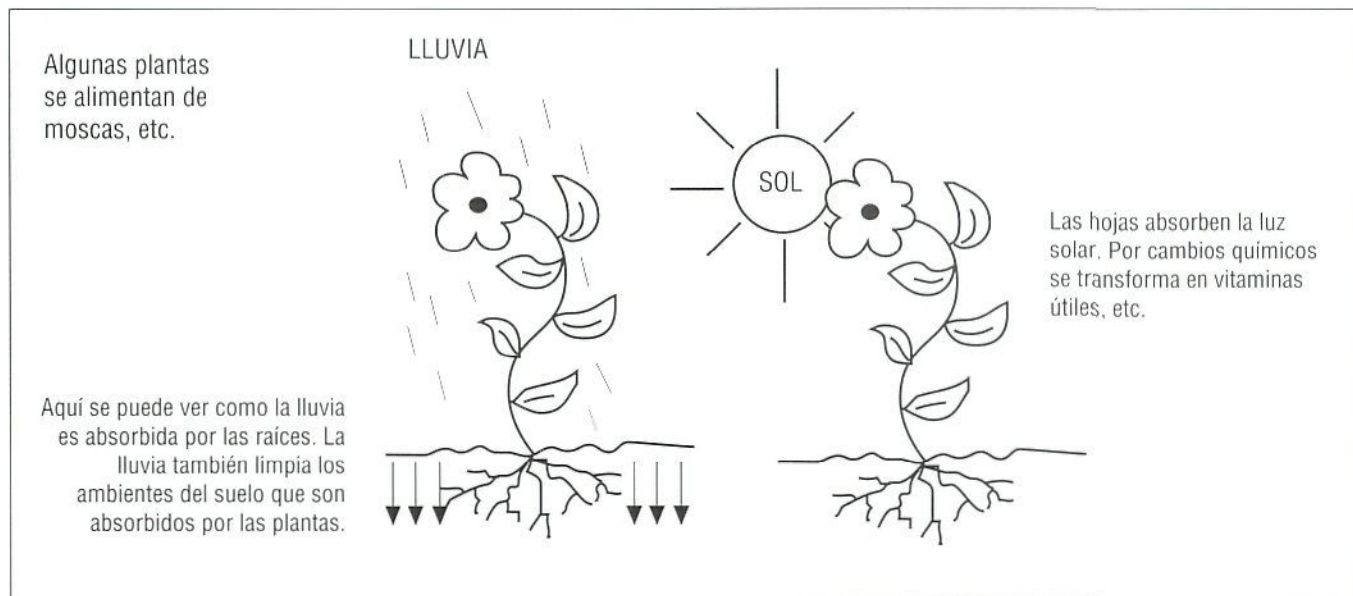
Actividad a. Exploración de las ideas previas.

En pequeños grupos (cuatro o cinco) los alumnos discuten la cuestión:

¿Cómo consiguen las plantas su alimento?

Los resultados son recogidos en un poster y comentados al resto de la clase. Se hace una lista de las ideas allí reflejadas.

Muchos alumnos piensan que el alimento se toma del exterior.



Ejemplos de posters elaborados por los alumnos (poster tomado del proyecto CLIS).

Posteriormente, el portavoz del grupo informa al resto de la clase. La clase entonces se organiza para la puesta en común, en la que cada alumno se hace consciente de las ideas de los demás grupos.

Mientras, el profesor resume las principales ideas de cada grupo en la pizarra, aceptando todas las respuestas.

Las ideas que se han podido detectar (sobre la importancia de la luz, el sol, el agua, etc.) a menudo coinciden.

Ejemplo de un resumen hecho por el profesor en la puesta en común:

- Las plantas consiguen su alimento de la tierra.
- Las plantas consiguen su alimento del agua de la lluvia a través de las raíces.
- El sol es necesario para la alimentación de las plantas.
- La tierra es necesaria para la alimentación de las plantas.
- El aire, el dióxido de carbono y el oxígeno son necesarios para su alimentación.
- Los minerales y el abono suministran alimentos a las plantas.
- Las plantas logran su alimento del sol.
- El agua y la tierra reaccionan para elaborar el alimento de las plantas.
- Las plantas se alimentan de insectos.
- Los alimentos entran a través de los pétalos.
- Las plantas tienen tentáculos en sus raíces para alimentarse.
- Las plantas se alimentan de hojas muertas que hay en el suelo.

Actividad b. Diseño del experimento para comprobar las ideas previas.

A continuación se pide a los grupos que diseñen un experimento para comprobar las afirmaciones anteriormente hechas.

Para esta actividad no se deja a los alumnos totalmente en libertad, sino que se les distribuyen una hojas para ayudarlos a centrar su atención en los aspectos más interesantes:

- ¿Qué variable vas a investigar?
- ¿Cómo vas a medir el efecto de un cambio en esta variable?
- ¿Cómo vas a considerar el efecto de las otras variables?
- ¿Qué materiales vas a necesitar?

Actividad c. Realización del experimento. Creación del conflicto.

Se comienza la actividad recordando a los alumnos que el propósito de su experimento es comprobar sus ideas.

En varios de los diseños experimentales se necesitan algunos materiales imprescindibles para su elaboración, y aquí es necesaria la ayuda del profesor.

Algunos ejemplos de las cuestiones que los alumnos piensan contestar mediante sus experimentos son las siguientes:

1. Relacionados con el agua

- ¿Las raíces absorben agua? ¿Sube el agua por el tallo?
Experimento: planta pequeña en azul de metileno, seccionada y observada.
- ¿Hay agujeros en las raíces para que el agua penetre a través de ellos?
Experimento: raíces de *Impatiens* lavadas y examinadas usando lupas de mano.
- ¿Se necesita agua para la alimentación de la planta?
Experimento: planta regada, planta no regada, test del iodo (lugol).
- ¿Toman las plantas el agua por las raíces?
Experimento: dos plantas, una con raíces y otra sin raíces.
- ¿Se alimentan las plantas de agua?
Experimento: planta en una solución de color azul, dejar a la luz, cortar el tallo y observar al microscopio. Hacer los tests del almidón, la glucosa, las proteínas y las grasas.
- ¿Es el agua un alimento?
Experimento: hoja en una cápsula de Petri sobre un algodón seco, otra sobre algodón húmedo. Observarlas.
- ¿Expulsan agua las plantas?
Experimento: cubrir una planta con una bolsa de plástico, dejar y observar si el agua produce condensación.

2. Relacionados con la luz

- ¿Es necesaria la luz para la alimentación de la planta?
Experimento: tres plantas, una expuesta a la luz solar, otra a oscuras y una tercera con luz artificial. Examinar las hojas con solución de iodo (lugol).
- ¿Crecen las plantas con luz solar?
Experimento: una planta a oscuras y otra con luz. Medir su crecimiento.
- ¿Necesitan luz las plantas?
Experimento: semillas de berro sobre algodón húmedo. Una con luz solar, otra a oscuras; medir su crecimiento.

3. Relacionados con la tierra

- ¿Es necesaria la tierra para que las plantas consigan su alimento?
Experimento: una planta cultivada sobre vermiculita y otra sobre tierra, a las hojas se les hace el test del almidón.

4. Relacionados con los gases

— ¿Desprenden las plantas O_2 o CO_2 ?

Experimento: elodea puesta en embudo invertido con tubo de ensayo encima, prueba con barrita incandescente y agua de cal.

— ¿Cómo crecen mejor las plantas, en O_2 o en CO_2 ?

Experimento: una planta en oxígeno puro y otra en dióxido de carbono puro; observar el crecimiento.

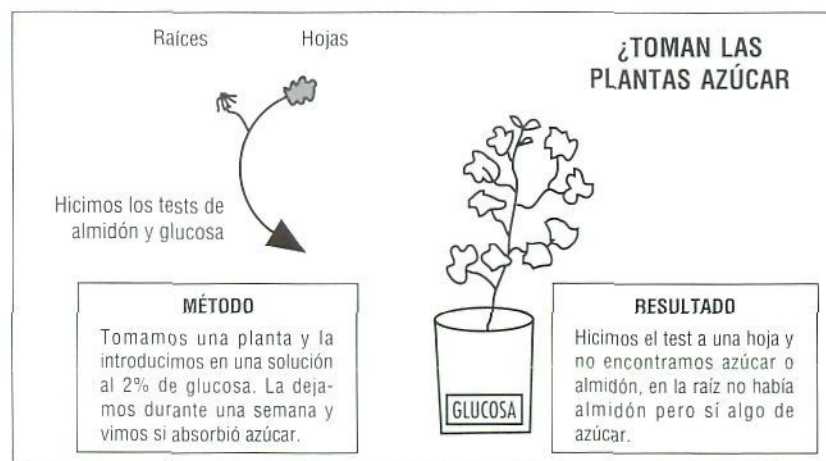
— ¿Desprenden las plantas O_2 ?

Experimento: planta en recipiente de cristal; test con barrita incandescente.

— ¿Respiran las plantas dióxido de carbono?

Experimento: llenar un recipiente con CO_2 ; test con barrita incandescente, colocar la planta en su interior, dejarla un tiempo y volver a hacer el test con la barrita incandescente.

Mientras los experimentos se realizan, se confecciona un poster en el que se irán reflejando las hipótesis realizadas, el método seguido y los resultados de la investigación.



Poster extraído de los realizados por los alumnos en el proyecto CLIS.

Tras la realización de estos experimentos, se observa la tendencia de los alumnos a encubrir resultados anómalos, cuando éstos no confirman las hipótesis iniciales. Otras veces dicen que los experimentos están "mal hechos" debido a que no obtienen los resultados apetecidos.

Una vez finalizados los experimentos, se exponen los resultados al resto de la clase. El profesor es el encargado de resumir y anotar todas las propuestas.

El siguiente debate se centra en las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los diferentes significados de “alimento”?
2. ¿Revelan los experimentos algo acerca de cómo las plantas consiguen su alimento?
3. ¿Pueden mejorarse los experimentos?

Para este debate se utilizan los posters realizados por cada grupo.

Con esta secuencia de actividades se les da a los alumnos la oportunidad de diseñar, realizar y evaluar sus propios experimentos. A través de este proceso deben darse cuenta de:

- La necesidad de clarificar sus ideas antes de diseñar experimentos.
- La necesidad de definir claramente las variables a investigar.
- La posibilidad de dar diferentes interpretaciones de los mismos datos.

Se espera que empiecen a cuestionarse sus ideas originales (creación del conflicto). Posteriormente, con el objetivo de revisar las ideas de cada alumno, se les encomienda un trabajo para casa: describir por escrito las ideas sobre “cómo las plantas consiguen su alimento”.

Actividad d. Reestructuración de las ideas. Presentación del punto de vista científico.

Los alumnos en este momento deben haber revisado sus propias ideas de cómo las plantas consiguen su alimento. Ahora es el momento de explicar la visión científica sobre la nutrición de las plantas. Se les presenta como un conjunto de ideas adoptadas por los científicos, señalándoles que son una teoría, y que, como tal, son susceptibles de cambio.

Para realizar esta actividad se reparten a los alumnos unos apuntes realizados por el profesor, titulados: “¿Cómo las plantas consiguen su alimento?”

Lo realmente importante de esta actividad es que relacionen sus ideas con las científicamente aceptadas. Es necesaria una lectura cuidadosa del material dado por el profesor, pudiéndose utilizar varias fórmulas:

- Leer los apuntes en voz alta en la clase.
- Lectura en grupos.
- Lectura individual.
- Proyectarlos en el retroproyector.
- Comparación con las ideas expuestas en los posters.
- Preguntar al profesor.

Posteriormente se realiza un debate para aclarar analogías y diferencias entre las ideas de los alumnos y las de la Ciencia.

Actividad e. Reestructuración de las ideas. Comprobación de las ideas científicas.

Las actividades prácticas, cuya finalidad es ayudar a los alumnos a comprender la teoría y a comprobar algunas de sus afirmaciones, son presentadas y seleccionadas por el profesor. Se les proporciona unas hojas de trabajo, con el experimento que tienen que realizar.

En general, tienen dificultades para comprender las actividades prácticas y necesitan la ayuda del profesor.

Algunos de los posibles problemas a investigar mediante actividades prácticas que se utilizan para comprobar y reforzar los conceptos son:

1. La clorofila absorbe energía de la luz.
2. La luz es una forma de energía.
3. La clorofila es necesaria para la fabricación del almidón.
4. El azúcar está presente en las hojas que han estado expuestas a la luz.
5. La glucosa por combustión desprende agua y dióxido de carbono.
6. Las plantas absorben dióxido de carbono cuando les da la luz.
7. Las plantas desprenden oxígeno cuando les da la luz.

Posteriormente se realiza un debate para relacionar las actividades prácticas con la teoría.

Con objeto de que los alumnos sean conscientes del cambio en sus "ideas", han de realizar en casa un trabajo individual en el que comparen las ideas que tenían al finalizar la actividad c y las que tienen en la actualidad, al finalizar la actividad e.

Diferencias entre lo que aprendí la semana pasada y lo que he aprendido esta semana sobre "cómo una planta consigue su alimento".

En mi último trabajo para casa no escribí nada sobre cómo una planta consigue dar energía.

La planta consigue su energía del sol, cuya luz incide sobre ella.

Las hojas contienen una sustancia de color verde llamada clorofila, que absorbe la energía.

La energía que es absorbida por la clorofila es usada para construir azúcares que son hidratos de carbono.

Los hidratos de carbono contienen carbón, hidrógenos y oxígeno. El carbón y el oxígeno proceden del dióxido de carbono del aire.

El hidrógeno se obtiene a partir del agua cuando la energía de la luz rompe la molécula.

El azúcar que sobra es transportado a otras partes de la planta que no pueden fabricarlo (por ejemplo, raíces, yemas, tallos y semillas).

El azúcar también puede transformarse en almidón.

Ejemplo de trabajo individual extraído del proyecto CLIS.

Actividad f. Aplicación y revisión de ideas.

Se proponen varias actividades para ayudar a los alumnos a repasar sus ideas y a reforzar lo aprendido, aplicando los conceptos a nuevas situaciones.

De forma individual o en pequeño grupo, los alumnos seleccionan una de las actividades propuestas por el profesor: búsqueda bibliográfica, investigaciones prácticas, pruebas escritas de respuesta abierta, elaboración de modelos y de posters.

Unas sugerencias de actividades de aplicación pueden ser las siguientes:

1. Elaborar un modelo de una sección de hoja. Puede realizarse con o sin ayuda del libro.
2. Elaborar un modelo para mostrar cómo el dióxido de carbono y el agua se transforman en azúcar.
3. Diseñar un poster en el que se muestren las principales partes de una planta y la función que realizan. El poster primero ha de ser diseñado para que lo entiendan niños de 9 años. Una vez realizado se ha de utilizar con niños de esta edad y posteriormente analizar lo que se debe cambiar en su diseño.

Después se ha de diseñar otro poster para un profesor de Ciencias. Una vez elaborado, mostrarlo al profesor y realizar los cambios que sean necesarios.

4. Averiguar qué partes de la hoja del musgo contienen clorofila. Elaborar un poster o un modelo con los resultados.
5. Buscar en la *Biología Nuffield*, tomo II, el experimento de Van Helmont, y hacer lo siguiente:
 - 1) Leer el artículo.
 - 2) Intentar explicar el experimento anterior como si el interlocutor fuera un niño de once años.
6. Debatir la siguiente afirmación: La clorofila es esencial, incluso para animales carnívoros como el león.
7. ¿Cómo mejorar el rendimiento de una tomatera controlando sus condiciones de crecimiento? ¿Qué hacer en lo referente a:
 - a) la luz?
 - b) el dióxido de carbono?
 - c) el calor?
8. La nutrición de las plantas es diferente a la animal. Citar cinco diferencias.
9. Realizar el siguiente ejercicio:

Imagina que eres un átomo de hidrógeno. Empiezas el día como parte de una molécula de agua en la tierra, pero hacia la media noche te has convertido en parte de una molécula de almidón en una yema de una planta:

 - a) Describe tu aspecto como átomo de hidrógeno.

- b) ¿Qué es lo que sientes?
- c) Explica lo que te ocurre:
1. En el suelo.
 2. Del suelo a la hoja.
 3. En la hoja.
 4. De la hoja a la yema.
 5. En la yema.

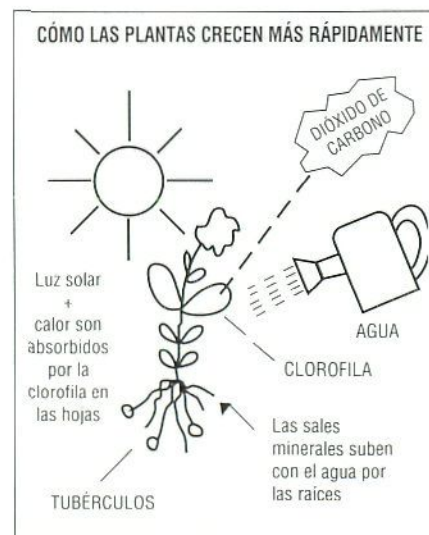
10. Cuestiones abiertas como la del "Malvado".

El malvado amenaza con rociar el país con una sustancia que destruye la clorofila. Él sabía que si destruía la clorofila las plantas morirían. ¿Por qué?

Una vez realizada la actividad elegida, los alumnos exponen los resultados al resto de la clase, utilizando todo el material necesario que requieran para su presentación.

Por último, los alumnos analizan el cambio de sus ideas, individualmente, como grupo o toda la clase conjuntamente, con actividades de revisión del siguiente tipo:

- Corregir los posters realizados en la actividad a.
- Elaborar otro poster sobre "cómo las plantas logran su alimento" y compararlo con el de la actividad a.
- Elaborar materiales para que sean utilizados por alumnos de niveles inferiores.



Lección 6

Ejemplos de dos posters del proyecto CLIS comparando el cambio de ideas entre la lección 1 y la 6.

Actividad 5

Dos conceptos importantes en el currículo de Ciencias Naturales son la nutrición y la tectónica de placas. En ambos casos hay investigaciones que demuestran las dificultades que tienen los alumnos para la comprensión de estos conceptos y las ideas alternativas que presentan (Giordan 1988, 1990; Anguita 1990; Granda 1988).

- Lee con atención alguna de estas publicaciones para conocer las ideas que poseen los alumnos sobre estos conceptos y diseña una secuencia de actividades para su introducción, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas anteriormente.
- Reflexiona sobre cuál sería el papel desempeñado por ti en cada una de las actividades propuestas.

La naturaleza corpuscular de los gases

Uno de los objetivos centrales de la mayoría de los currículos de Ciencias de Enseñanza Secundaria es la comprensión del modelo corpuscular de la materia (Caamaño, 1986b). En la Ciencia moderna la noción de que la materia es corpuscular es fundamental para todas las explicaciones causales de cualquier cambio de la materia.

Los atomistas griegos y romanos visualizaron la materia gaseosa como formada por átomos individuales moviéndose libremente por el vacío y chocando entre sí. Sin embargo, como es bien conocido, el punto de vista atomístico, con la subsiguiente aceptación de la existencia del vacío entre las partículas, no fue universalmente aceptado por la comunidad científica hasta bien entrado el siglo XIX. Y fue precisamente la necesidad de interpretar el comportamiento de los gases lo que motivó la reelaboración del modelo corpuscular.

Estos datos históricos sobre la estructura de la materia nos sugieren que la interiorización del modelo corpuscular puede suponer una difícil acomodación de las concepciones previas de los alumnos. En efecto, diversos estudios sobre las ideas de los alumnos (Novick-Nussbaum, 1978, 1981; Brook, Briggs, Driver, 1984; Nussbaum, 1989) sobre la estructura de los gases han puesto de manifiesto estas dificultades. Así en el estudio realizado mediante entrevistas por Novick y Nussbaum en 1978 sobre una muestra de 150 alumnos se constató que:

- Aproximadamente un 30% de los estudiantes de catorce años creían que la estructura de los gases era continua.
- De entre los que representaban el aire por partículas, uno de cada seis creían que éstas no estaban distribuidas homogéneamente, sino que se concentraban en alguna parte del mismo.
- Sólo el 35% de la muestra aceptaba que entre las partículas queda espacio vacío, respondiendo que entre las partículas representadas en un dibujo habría más partículas, aire, suciedad, etc.
- Sólo alrededor del 40% de la muestra apuntaba que las partículas del gas tenían movimiento intrínseco.

Frente a esta situación debemos plantearnos qué estrategias seguir para hacer aflorar las ideas de nuestros alumnos y favorecer su modificación, acercándolas lo más posible al modelo científico vigente. Las estrategias que se proponen se basan en dos supuestos fundamentales, ampliamente aceptados por los psicólogos y los educadores:

El primero consiste en que los principales cambios conceptuales se inician únicamente como resultado de algún conflicto entre la concepción previa de una persona y las pruebas que entran en contradicción con ella “el acontecimiento discrepante”.

El segundo, que, salvo que los alumnos sean muy conscientes de los elementos de su propia concepción preexistente, es improbable que perciban un auténtico conflicto.

A continuación ofrecemos una serie de actividades secuenciadas inspiradas en estos supuestos, que tienen como objetivo:

- Explorar las ideas de los alumnos sobre la estructura de los gases.
- Crear conflictos conceptuales respecto a sus ideas previas.
- Aplicar las nuevas ideas a nuevas situaciones.
- Evaluar el cambio conceptual a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Esta serie de actividades constituyen una adaptación de la secuencia utilizada por Novick y Nussbaum (Nussbaum, 1989), y han sido experimentadas en escuelas de nuestro país con resultados parecidos.

Actividad a. Exploración de las ideas previas.

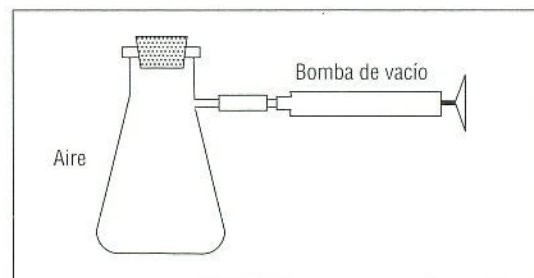
Se presenta un frasco de un litro, que contiene aire, y una bomba de vacío, accionada a mano, efectuándose una demostración de su funcionamiento. Se conecta la bomba al frasco y se acciona con el fin de extraer algo de aire del frasco.

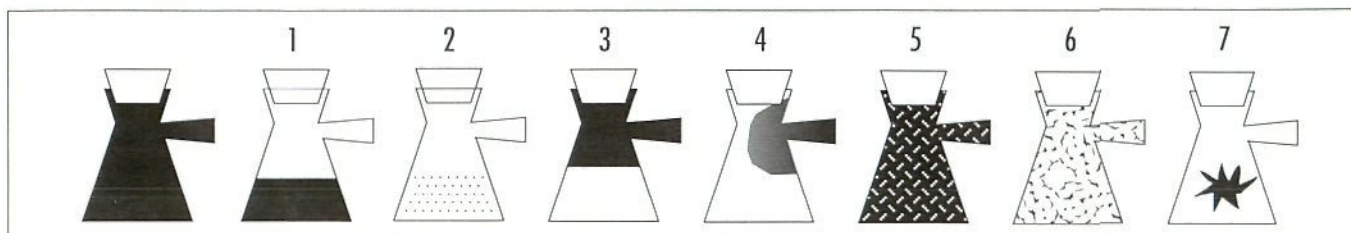
Hecho esto, se pide a los alumnos que lleven a cabo la actividad siguiente:

- Supón que dispones de unas gafas mágicas con las que puedes ver el aire que está en el interior del frasco. Dibuja cómo lo verías antes y después de utilizar la bomba de vacío para extraer algo de aire.

Esta tarea pretende explorar las ideas de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular del aire y sobre su distribución uniforme por el recipiente. Pueden recogerse los dibujos realizados por cada grupo en la pizarra, parcelada convenientemente, o mediante posters. A continuación puede pedirse a un estudiante de cada grupo que explique su dibujo. En esta actividad exploratoria es aconsejable que el profesor no dé su opinión sobre los modelos que proponen los alumnos. Ello favorecerá una explicitación más desinhibida de sus ideas.

En la figura siguiente mostramos, a título de ejemplo, los dibujos y las explicaciones dadas por una serie de alumnos con una visión continua del gas.





Alumno	Descripción	Razones
1	El aire permanece en el fondo; encima de él hay vacío.	El aire se hunde porque su peso específico es mayor que el del vacío.
2	El aire llena el frasco, pero hay menos.	El gas fluye, de modo que el aire fluye para llenar el frasco.
3	El aire que queda está en la parte de arriba; debajo hay vacío.	El aire casi no tiene peso; las cosas muy ligeras ascienden.
4	El aire permanece cerca de la tubuladura lateral.	Nosotros hemos succionado el aire desde esta abertura; el aire restante se concentra allí y quiere salir.
5	La mayor parte del aire está en el fondo, y más arriba hay menos y menos, y en la parte superior, vacío.	Es como lo que aprendemos acerca de la atmósfera en las clases de Geografía.
6	El aire llena el frasco, pero queda menos.	Es como si un pequeño diablillo pudiera introducirse entre las porciones de aire residual y ver.
7	El aire residual está en el medio y a su alrededor hay vacío.	No puedo dar ninguna razón; simplemente creo que debe ser así.

Gracias a esta actividad muchos alumnos se hacen conscientes de su propia creencia sobre la naturaleza continua del aire. El debate les permite percatarse de que puede haber perspectivas racionales alternativas a la suya acerca de la naturaleza del aire.

Otros alumnos hacen dibujos discontinuos del aire residual. Ello no implica, sin embargo, que se imaginen un modelo correcto. Será preciso conocer si dejan espacio entre las partículas, y en tal caso qué piensan sobre la naturaleza de ese espacio.

A continuación mostramos algunos de los dibujos de los alumnos.

Antes de la extracción del aire

Después

a)



Moléculas de diferentes gases
en contacto

Moléculas del aire residual en el fondo

b)



Moléculas que flotan por todas partes

Moléculas en el fondo, muy juntas

La cuestión siguiente pretende poner en evidencia las ideas que los alumnos "corpúsculares" tienen sobre el espacio existente entre partículas.

- Explica qué hay entre las partículas del dibujo.

Actividad b. Interpretación de un hecho discrepante. Creación del conflicto conceptual.

- Explica por qué es que podemos comprimir fácilmente el aire contenido en una jeringa, cuyo extremo mantenemos cerrado.



Esta cuestión pretende poner dificultades al modelo continuo de un gas, o al modelo corpuscular en el que las partículas del gas se suponen en contacto. Los alumnos comienzan a darse cuenta que si el aire es continuo, o si las partículas del gas están en contacto, es difícil explicar su compresibilidad. De la discusión que se establezca debe quedar claro que el modelo corpuscular de un gas con espacio vacío entre las partículas permite interpretar más fácilmente el hecho observado de la compresión de un gas.

Actividad c. Reconsideración del primer modelo. Actividad de evaluación del proceso de cambio conceptual.

- Dibuja y explica lo que piensas ahora sobre la estructura del aire residual que queda en el frasco de la actividad a.

Ahora es un buen momento para reconsiderar el modelo en su totalidad, o alguno de sus aspectos (el del espacio vacío) propuesto por cada grupo en la primera actividad. Esta tarea permitirá también al profesor disponer de una primera impresión sobre la resistencia o facilidad con que los alumnos aceptan el modelo corpuscular.

Ésta sería la respuesta deseada:

Antes



Moléculas por todas partes

Después



Moléculas por todas partes más espaciadas

Actividad d. Exploración sobre las ideas de los alumnos acerca del movimiento de las partículas.

La cuestión siguiente trata de explorar las ideas que los alumnos corpusculares sostienen para explicar por qué las partículas no se amontonan en el fondo del recipiente.

- Explica por qué no se caen todas las partículas al fondo del frasco. ¿Qué las mantiene suspendidas?
La interpretación del fenómeno de la difusión permite también proponer la idea de movimiento de las partículas.
- ¿Cómo te explicas que si abrimos un frasco de colonia en un extremo de la habitación, en la que no hay corrientes de aire, los vapores de colonia se huelan al poco tiempo en el otro extremo de la habitación?



Actividad e. Aplicación de la idea de movimiento de las partículas de un gas (asociado a la temperatura) para explicar el fenómeno de la dilatación térmica de un gas.

Disponemos de un erlenmeyer cerrado con una tubuladura lateral. En ella hemos acoplado un globo hinchable. Calentamos el erlenmeyer por la parte inferior, y observamos que el globo se hincha.

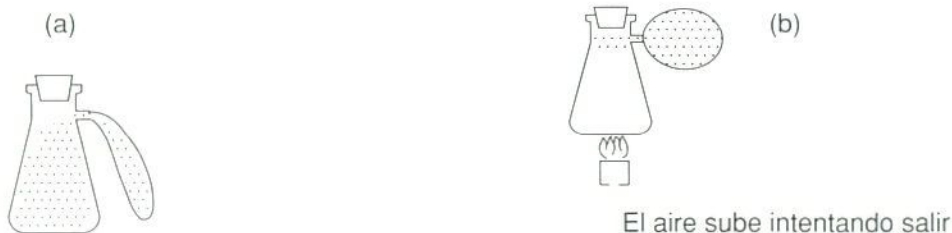


Dibuja el aire en el interior del erlenmeyer y explica lo que hace que se infle el globo.

Con esta cuestión se pretende dar a los alumnos una oportunidad para aplicar la idea de las partículas en movimiento a un fenómeno diferente (la dilatación térmica) y conocer hasta qué punto las han hecho suyas. Sin embargo, la explicación que se pide requiere incorporar al modelo la hipótesis de que una mayor temperatura implica una mayor agitación térmica.

De nuevo deben recogerse sus dibujos sobre la pizarra o en posters, y animarles a que los expliquen y los defiendan.

Indicamos dos respuestas típicas de los alumnos a esta cuestión:



Actividad f. Actividad de evaluación del cambio conceptual.

La siguiente actividad puede servir como actividad de evaluación de la incorporación de la idea de movimiento al modelo corpuscular de un gas, una vez se ha mantenido un debate sobre la actividad anterior. Se trata del mismo fenómeno que planteábamos en la actividad e, pero con un dispositivo experimental diferente.

Se dispone de un tubo cerrado con un tapón, que contiene una película de jabón en su interior. Se calienta la base del tubo, sumergiéndolo en agua caliente, y observamos que la película de jabón asciende.



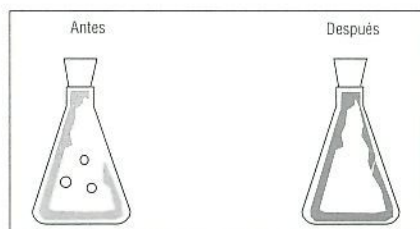
Dibuja el aire y explica qué provoca el ascenso de la película de jabón

Estudio de casos

A continuación mostramos los dibujos y comentarios de dos alumnos, Roger y Lisa, correspondientes a las actividades a, c, e y f, como un ejemplo de cómo se produce el cambio conceptual a lo largo de las actividades propuestas. Estas respuestas aparecen en el informe de Nussbam (1989).

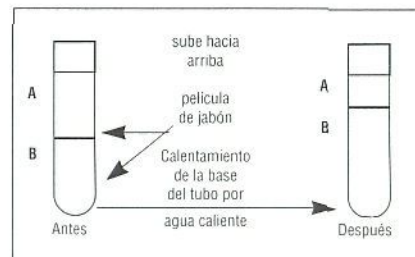
Roger

Actividad a



Actividad c

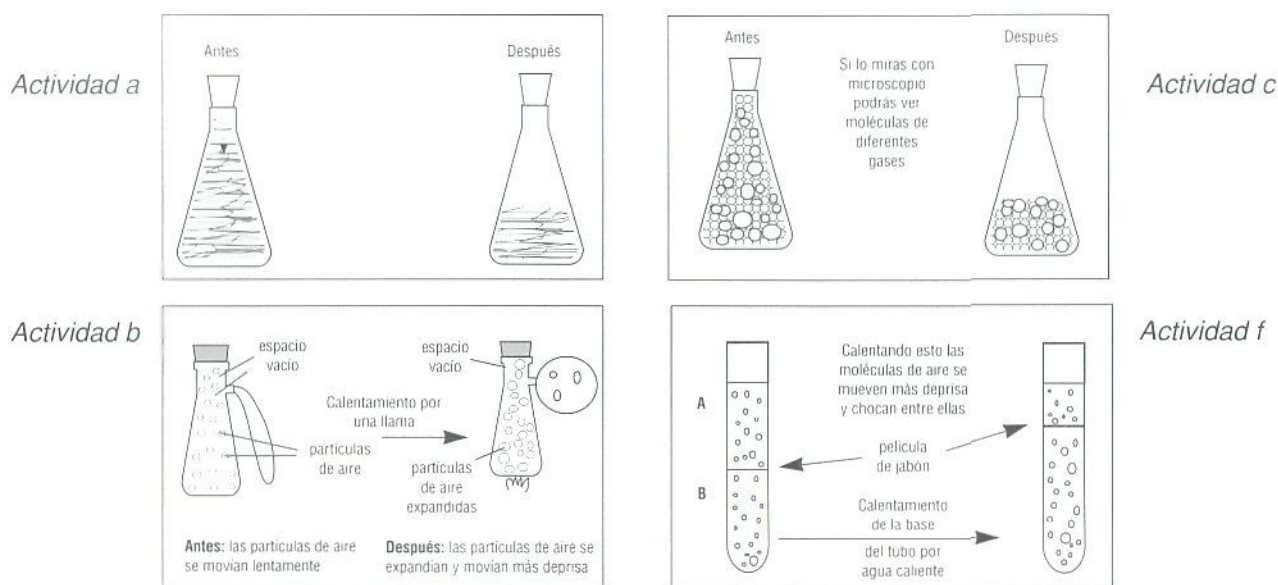
Actividad b



Actividad f

Antes de comenzar las clases (actividad *a*), Roger creía que el aire que quedaba en el frasco tras haber extraído parte del que contenía permanecería alrededor de sus extremos “tratando de ocultarse” (concepción animista). En la *actividad c* su dibujo indica que cree que las partículas del aire flotan sobre un medio continuo de aire. Para él, la extracción del aire significaba retirar este medio, el aire genuino, dejando las partículas en el fondo, como un pez sin agua. En la *actividad e* interpreta el aumento de volumen del globo como consecuencia de la ascensión de las partículas del aire (un supuesto “movimiento natural” del aire caliente trasladado a las partículas), las cuales “tratarían de salir” (concepción animista). Esta creencia se repetía en el dibujo correspondiente a la *actividad f*, mostrando que Roger no llega a incorporar la idea de movimiento para explicar la dilatación.

Lisa



Lisa tenía una idea continua de la estructura de los gases antes de comenzar las clases. En la *actividad c* ha cambiado a un modelo corpuscular, pero sin aceptar que exista espacio libre entre las moléculas, idea que no incorpora hasta la *actividad e*. En el dibujo correspondiente a esta actividad puede observarse cómo no ha incorporado, sin embargo, la idea de las partículas en movimiento, pues explica la dilatación del aire como consecuencia de la dilatación de las partículas (traspasando una propiedad macroscópica del aire a sus partículas constitutivas). El dibujo de la *actividad f* muestra que ha descartado finalmente la idea de que las partículas de aire se expanden al calentarse, siendo capaz de utilizar una explicación mecánica de su comportamiento.

Conclusiones

La idea continua sobre la estructura de los gases es un concepto de “sentido común” que se forma de acuerdo con la experiencia directa que las personas tienen sobre la materia, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa.

Algunas de las características de las concepciones alternativas que los alumnos sostienen sobre la estructura de los gases, y que aparecen en los ejemplos dados, han sido propuestas en el transcurso de la historia de la Ciencia. Así por ejemplo:

- El vacío es imposible. Según esta noción, "la naturaleza aborrece el vacío". Por tanto, si se crea momentáneamente el vacío, será rellenado de inmediato por las sustancias adyacentes.
- El animismo. Asignación de determinadas características animales a la conducta de objetos inanimados.
- El lugar natural de las sustancias. Creencia, que prevaleció en la antigüedad y en la Edad Media, según la cual cada sustancia tiende a moverse hacia su lugar natural. Así el aire sería una sustancia que asciende porque es ligera y refinada, más espiritual y menos terrena, y su lugar natural estaría lejos del centro de la Tierra.

Otras ideas provienen de la atribución de las propiedades macroscópicas, que percibimos con nuestros sentidos, a las propias partículas. Por ejemplo,

- el aire caliente asciende porque las partículas del aire suben;
- el aire caliente ocupa mayor volumen porque las partículas del aire se dilatan.

El hecho de sentar las bases cognitivas de la existencia de un espacio vacío natural en el interior del aire favorece la aceptación de la idea de la naturaleza corpuscular del aire; del mismo modo que plantearse la posibilidad de que las partículas estén en movimiento permite perfeccionar el modelo para explicar nuevos hechos, como la difusión y la dilatación térmica.

Aun así, los casos citados muestran la gran resistencia de los alumnos a cambiar sus concepciones, y avalan la necesidad de utilizar estrategias como la propuesta para favorecer el cambio de ideas y de dedicar el tiempo suficiente para que este cambio pueda tener lugar.

Diseño de las actividades

Por último, nos interesa resaltar que las actividades propuestas para la elaboración de conceptos científicos son básicamente actividades interpretativas de fenómenos naturales o de experiencias de laboratorio.

Los conceptos científicos carecen de sentido sin referencia a una experiencia que interpretar, pero son construcciones mentales que no se infieren directamente de la experiencia, y que sólo cobran pleno significado en el marco de las teorías de las que forman parte.

Por esta razón en el diseño de la secuencia de actividades para la formación de un concepto es de vital importancia seleccionar adecuadamente aquellas experiencias que nos interesa interpretar. En el caso de la estructura de los gases, por ejemplo, se han utilizado los siguientes fenómenos: la extracción del aire de un recipiente, la compresión del aire con una jeringa, la difusión de unos vapores y la dilatación térmica del aire.

¿Qué criterios utilizar en general para realizar la selección de experiencias?

En primer lugar, conviene destacar la importancia de las experiencias cualitativas en la formación inicial de los conceptos, previamente a cualquier intento de experimentación cuantitativa o de formalización matemática, de modo que el concepto o teoría se comience a elaborar a partir de las experiencias más simples.

En segundo lugar, las sucesivas experiencias y las actividades deben escogerse de modo que permitan enriquecer progresivamente el concepto o modelo. Así por ejemplo, el modelo corpuscular para un gas se ha elaborado atendiendo en primer lugar a su carácter discontinuo, destacando la existencia del vacío entre las partículas, y sólo posteriormente se ha añadido la característica del movimiento intrínseco de las partículas.

En tercer lugar, no deben introducirse experiencias cuya interpretación requiera añadir nuevas características al modelo o cambiarlo, hasta que se hayan agotado las posibilidades explicativas del nivel del modelo en que nos encontramos. Así por ejemplo, las propiedades del aire se han explicado en esta primera aproximación con el concepto de partícula o corpúsculo, sin necesidad de tener que diferenciar entre átomos o moléculas.

La redacción de las actividades de tipo interpretativo debe ser tal que resulte claro que el concepto que se desea que el alumno aporte no se infiere directamente de aquello que el alumno observa, sino que es un acto de nuestra imaginación, un constructo mental con el cual queremos articular y dar significado a la experiencia que percibimos.

Actividad 6

El calor y la temperatura son conceptos centrales del currículo de Ciencias. Todos los profesores tenemos evidencia de las dificultades que los alumnos muestran en la comprensión de estos conceptos. Como en el caso de la estructura de los gases, la investigación ha mostrado que los alumnos sostienen respecto del calor y la temperatura ideas alternativas a las concepciones científicas vigentes.

Puede encontrarse una explicación de las ideas alternativas de los alumnos respecto del calor y la temperatura en diversas publicaciones (Driver *et al.*, 1989; Hierrezuelo y Montero, 1988).

- Lee detenidamente alguna de estas fuentes y diseña una posible estrategia o secuencia de actividades (comentada) para la enseñanza de estos conceptos, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas con anterioridad.

En las siguientes publicaciones: *Química Faraday* (Grupo Recerca-Faraday, 1988), *La construcción de las ciencias físico-químicas* (Seminario de Física y Química de Valencia, 1989), *Aprendizaje en Física y Química* (Seminario de Física y Química de la Axarquía, 1989), *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual* (Jiménez, 1989), *De la célula al cos humana* (Grupo Servet, 1987) hay numerosos ejemplos de cómo introducir progresivamente conceptos en relación a las experiencias a interpretar. También puede consultarse el proyecto CLISP (1984).

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

CUBERO, R. (1989): *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Diada Editoras.

Una acertada síntesis sobre las concepciones de los alumnos y cómo tenerlas en cuenta en el trabajo en el aula. Contiene un ejemplo sobre las concepciones de los alumnos sobre el cuerpo humano.

DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. M. E. C. / Morata.

Una revisión de las investigaciones sobre las concepciones que sostienen los estudiantes sobre diversos fenómenos naturales: la luz, el calor, la fuerza, el movimiento, la estructura de la materia y la electricidad, realizada por profesores de Ciencias de distintas partes del mundo. Se analiza el modo en que estas concepciones cambian y se desarrollan con la enseñanza.

GIORDAN, A.; De VECCHI, G. (1988): *Los orígenes del saber*. Sevilla: Diada Editora.

En este libro se aborda el problema que supone la adquisición del saber científico por parte de los alumnos y de la gente en general, teniendo en cuenta la gran información que recibimos de los medios de comunicación. Se ponen numerosos ejemplos, tanto de Ciencias Naturales como de Física y Química.

Se proponen instrumentos para intentar solucionar las dificultades que conlleva la enseñanza de las Ciencias, partiendo de las concepciones que tienen los alumnos y analizando sus características.

Al final se presenta un conjunto de propuestas para cambiar las concepciones personales por las científicamente aceptadas.

Quizás de toda la bibliografía en castellano sea el libro más adecuado para profundizar en este tema.

HIERREZUELO, J.; MONTERO, A. (1988): *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Laia / M. E. C.

Se da una visión general sobre qué son las ideas previas y la importancia que éstas tienen para el proceso de enseñanza-aprendizaje, y se hace una revisión general de las ideas previas conocidas en Física y Química y sus consecuencias para la enseñanza. Al final de cada capítulo se dan algunas sugerencias didácticas.

MARCO, B.; OLIVARES, E., USABIAGA, C., SERRANO, T., y GUTIÉRREZ, R. (1987): *La enseñanza de las Ciencias Experimentales. Etapa 12-16 años*. Narcea, 1987.

Una excelente monografía sobre la enseñanza de las Ciencias desde la doble perspectiva del profesor y del alumno. Se abordan temas como la metodología científica, las ideas de los alumnos y el desarrollo mental y sus consecuencias para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

AUTORES VARIOS (1987): "Monográfico sobre las concepciones de los alumnos". *Infancia y Aprendizaje*.

Número monográfico de *Infancia y Aprendizaje* dedicado a las concepciones de los alumnos.

Referencias bibliográficas

ALBALADEJO, C. (1989): "La investigación en el aula", de *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales, Educación Abierta*. ICE Universidad de Zaragoza.

ANGUITA, F. (1990): "El concepto de geosinclinal tras la revolución movilista: otro desajuste entre la Ciencia actual y la Ciencia en el aula". *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 3, pp. 287-290.

ASTUDILLO, H., y GENÉ, A. (1984): "Errores conceptuales en Biología: la fotosíntesis de las plantas verdes". *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 1, pp. 15-16.

AUSUBEL, D. P. (1976): *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

BELL, B., y BROOK, A. (1984): *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition*. Children Learning in Science Project (CLISP), Universidad de Leeds.

BROOK, A.; BRIGGS, H., y DRIVER, R. (1984): *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. CLISP, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Universidad de Leeds.

CAAMAÑO, A. (1986a): *Concepciones de los alumnos sobre la estructura de la materia y el cambio químico y las formas de representación*. (Tesis en curso).

CAAMAÑO, A. (1986b): "Esquemas conceptuales alternativos de los alumnos en Física. Un ejemplo: la estructura corpuscular de la materia en fase gaseosa". *Aspectos didácticos de Física y Química* (Física 2), p. 99, ICE de la Universidad de Zaragoza.

CAÑAL, P., y GARCÍA, S. (1987): "La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso en séptimo de E. G. B.". *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 55-60.

CLAXTON, N. G. (1984): *Vivir y aprender*. Alianza.

DRIVER, R. (1988): "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 2, pp. 109-120.

DRIVER, R., y ERICKSON, G. (1983): "Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in Science". *Studies in Science Education*, 10, pp. 37-60.

DRIVER, R.; GUESNE, E., y TIBERGHEN, A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M. E. C. / Morata (traducción de *Children's Ideas in Science*. Open University Press. London, 1985).

- FURIÓ, C. (1986): "Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química". *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 1, pp. 73-77.
- GILBERT, J.; OSBORNE, R., y FENSHAM, P. (1982): "Children's science and its consequences for Teaching". *Science Education*, 66, 4, pp. 623-633.
- GIORDAN, A., et al. (1988): *Conceptos de Biología*. Coedición Labor / M. E. C.
- GIORDAN, A., y DE VECCHI, G. (1988): *Los orígenes del saber*. Diada Editoras.
- GRANDA, A. (1988): "Esquemas conceptuales previos de los alumnos en Geología". *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 3, pp. 239-250.
- GRUPO RECERCA-FARADAY: *Química Faraday*, 1988. Barcelona: Teide.
- GRUPO RECERCA-FARADAY: *Física Faraday*, 1988. Barcelona: Teide.
- GRUPO SERVET (1987): *De la celula al cos humà*. Madrid: Alhambra.
- HEWSON, P. (1981): "A conceptual change approach to learning Science". *European Journal of Science Education*, 3, 4, pp. 383-396.
- HEWSON, P. (1989): "A aprendizaxe como cambio conceptual. Entrevista por M. P. JIMÉNEZ". *Revista Galega de Educación*, n.º 10.
- HIERREZUELO, J., y MONTERO, A. (1988): *La Ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Laia / M. E. C.
- HILL, D., et al. (1987): "A Guide to Better Practice". *The Australian Science Teachers Journal*, 33, 2, pp. 44-51.
- JIMÉNEZ, M. P. (1989): "La Ciencia de los y las adolescentes: esquemas conceptuales de Biología". *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales* (Biología 4). Educación Abierta. ICE Universidad de Zaragoza.
- JIMÉNEZ, M. P. (1989): "Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual". Tesis doctoral. Madrid: Facultad de Ciencias Biológicas.
- JIMÉNEZ, M. P. (1991): "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, p. 248.
- NOVAK, J. D., y GOWIN, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- NOVICK, S., y NUSSBAUM, J. (1978): "Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study". *Science Education*, 62, 3, p. 273.
- NOVICK, S., y NUSSBAUM, J. (1981): "Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study". *Science Education*, 65, 2, p. 187.
- NOVICK, S., y NUSSBAUM, J. (1981): "Brainstorming in the classroom to invent a model: A case study". *School Science Review*, 62, 221, p. 771.

NUSSBAUM, J. (1989): "La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa", en R. DRIVER, E. GUESNE, A. TIBERGHEN (eds.): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. M. E. C. / Morata.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P., y GERTZOG, W. (1982): "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change". *Science Education*, 66, 2, pp. 211-227.

SERRANO, T. (1987): "Condicionantes del aprendizaje de las Ciencias. Las ideas de los alumnos", en MARCO, B., et al.: *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Narcea.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA AXARQUÍA (1989): *Aprendizaje en Física y Química*. Vélez-Málaga. Elzeweir.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA del "Servei de Formació Permanent" de la Universitat de València (1989): *La construcción de las Ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau Llibres.

5

Los trabajos prácticos

María del Carmen Albaladejo Marcet
Aureli Caamaño Ros

No hay duda de que la Ciencia es una actividad práctica y que una parte de la actividad científica tiene lugar en el laboratorio. De aquí la importancia de los trabajos prácticos en la enseñanza de las Ciencias. Las cuestiones básicas que intentaremos contestar en esta sección son:

- ¿Cuáles son los objetivos de los trabajos prácticos en las clases de Ciencias?
- ¿Pueden caracterizarse diferentes tipos de trabajos prácticos?
- ¿Qué orientaciones son las más adecuadas para cada uno de los trabajos prácticos?
- ¿En qué proporción deben utilizarse los diferentes tipos de trabajos prácticos para conseguir un currículo de Ciencias equilibrado?

Actividad 1

Haz un listado de los objetivos que crees que cubren los trabajos prácticos.

Objetivos de los trabajos prácticos

Repasemos, en primer lugar, algunos de los objetivos que se atribuyen normalmente a los trabajos prácticos:

- Objetivos de tipo motivacional.
- Objetivos relacionados con el conocimiento vivencial de los fenómenos en estudio.
- Objetivos relativos a una mejor comprensión de los conceptos y teorías.
- Objetivos relacionados con el desarrollo de habilidades prácticas (destrezas, técnicas, etc.).
- Objetivos relacionados con las habilidades intelectuales propias de la metodología científica (procesos de la Ciencia).
- Objetivos de tipo actitudinal (objetividad, perseverancia, espíritu de colaboración, confianza en la propia capacidad para resolver problemas, etc.).

Algunos autores (Hodson, 1990) se cuestionan que los trabajos prácticos que se realizan comúnmente cubran realmente estos objetivos. Otros, como Woolnough y Allsop (1985), parten de la idea de que todos estos objetivos no pueden ser cubiertos en la misma medida por un único tipo de trabajo práctico, y proponen una clasificación de los trabajos basada en los diferentes objetivos atribuibles a cada tipo.

Actividad 2

Haz una clasificación de los trabajos prácticos según sus objetivos.

Una tipología para los trabajos prácticos

Siguiendo a Woolnough y Allsop, podemos clasificar los trabajos prácticos en:

- **Experiencias.** Actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos. Por ejemplo, sentir la fuerza de una goma elástica cuando la estiramos, ver el cambio de color en una reacción química, oler un gas, manipular organismos vivos, etc.
- **Ejercicios.** Actividades diseñadas para desarrollar habilidades prácticas (medida, manipulación de instrumentos, tratamiento de datos, técnicas diversas) o habilidades intelectuales (observación, clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables, comunicación de resultados).

- **Investigaciones.** Actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos o los tecnólogos en la resolución de problemas. Pueden ser actividades encaminadas a la resolución de problemas teóricos (por ej., ¿qué relación existe entre la cantidad de carga eléctrica y la cantidad de materia descompuesta en una electrólisis?) o prácticos (por ej., ¿qué material de una serie dada abriga más?, ¿cómo construir un avión de papel que vuele más lejos?, etc.).

De acuerdo con este esquema clasificatorio, un mismo proceso puede constituir una experiencia, un ejercicio o una investigación según el objetivo principal que se pretenda. Así, la separación de las sustancias puras que componen una mezcla (por ejemplo, la sal del agua en una disolución de sal en agua) puede constituir un ejemplo de:

- Una **experiencia**, si lo que nos interesa básicamente es percibir el hecho de que los sistemas homogéneos pueden contener más de un componente, observando que al evaporarse el agua precipita la sal.
- Un **ejercicio**, si lo que nos interesa es aprender la técnica de separación en sí.
- Una **investigación**, si la separación constituye el método para resolver el problema: ¿es pura el agua del grifo?, y no se da ninguna pauta procedimental.

Los procesos y las habilidades en relación a los trabajos prácticos

Es evidente que la realización de una investigación para resolver un problema implica una serie de etapas, cuya realización supone poner en juego una serie de habilidades intelectuales y prácticas. Por otra parte, la adquisición previa de estas habilidades constituye el objetivo principal de las actividades prácticas que hemos denominado ejercicios.

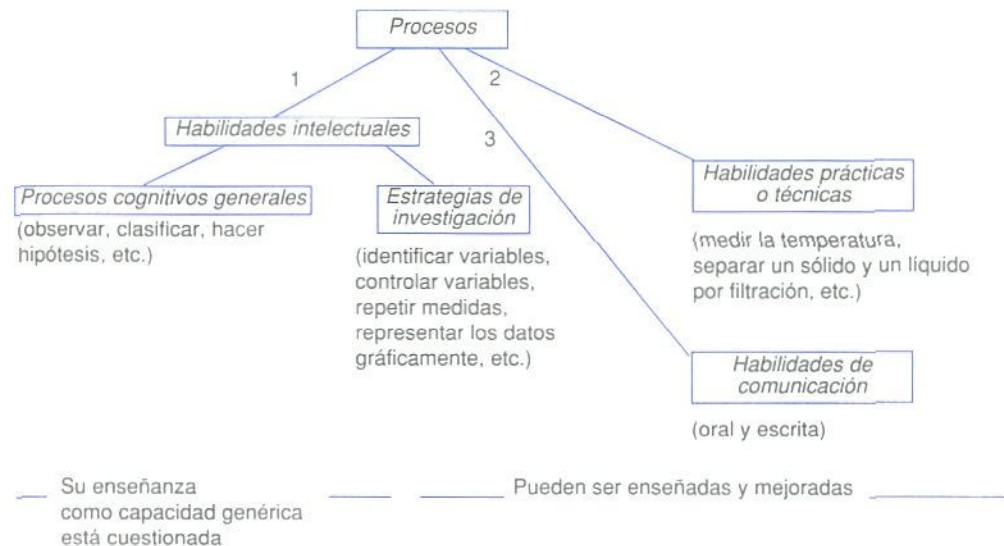
Dos puntos de discusión respecto a estas habilidades son los siguientes:

- ¿Es posible el aprendizaje de estos procesos y habilidades?
- ¿Es preciso el aprendizaje previo, uno a uno, de los procesos y habilidades más básicos para poder abordar la realización de investigaciones?

¿Es posible el aprendizaje de los procesos?

La discusión de esta cuestión viene facilitada si diferenciamos entre:

1. **Habilidades intelectuales** (procesos cognitivos y estrategias de investigación).
2. **Habilidades prácticas** (técnicas, destrezas).
3. **Habilidades de comunicación.**



Clasificación de los procesos científicos

La enseñanza de la Ciencia basada en los procesos (Screen, 1988) da una respuesta positiva a las cuestiones planteadas y estructura el currículo mediante un conjunto de actividades prácticas (ejercicios e investigaciones) encaminados al aprendizaje secuenciado de los procesos y de las habilidades que caracterizan el trabajo científico. La categorización de estos procesos y habilidades varía según los proyectos.

El proyecto Warwick (Screen, 1986) establece los procesos siguientes en el primer curso (alumnos de doce años):



Este esquema refleja las tareas que se suponen forman parte de la Ciencia como proceso, es decir, las actividades que realizan los científicos cuando llevan a cabo una investigación. En este proyecto se consideran inferencias las afirmaciones relacionadas con la interpretación de las observaciones, e hipótesis, aquellas afirmaciones que se puedan probar. La secuencia indica un cierto tipo de orden, jerarquía o nivel de complejidad creciente.

En los cursos siguientes estos procesos son agrupados en procesos más generales como: realizar experimentos, interpretar, comunicar y resolver problemas. Estos procesos incluyen algunos de éstos más simples o habilidades que fueron trabajados en el primer curso.

Realizar experimentos:

- Observar.
- Medir.
- Manejar aparatos y materiales.

Comunicar.

Recibir y dar información en una variedad de formas.

Interpretar:

- Inferir.
- Clasificar.
- Predecir.
- Manejo de datos.

Resolver problemas y realizar investigaciones:

- Planificar un experimento.
- Controlar variables.
- Hacer hipótesis.

El proyecto TAPS (Bryce, 1983) establece un esquema de procedimientos basado en tres áreas de habilidades:

Área de habilidades básicas:

- Observación.
- Recogida de datos y de información.
- Manipulación de aparatos.
- Seguir instrucciones.

Área de habilidades procesuales:

- Habilidades de inferencia.
- Habilidades de selección de procedimientos (métodos).

Área de las habilidades de investigación.

Otros autores (Driver-Millar, 1987; Millar, 1988) cuestionan que las habilidades intelectuales de tipo cognitivo (observación, clasificación, emisión de hipótesis, etc.) puedan ser susceptibles de aprendizaje escolar y, por tanto, de progreso. Según ellos, es posible mejorar la capacidad de observación de un fenómeno determinado, en tanto que mejoramos a la vez nuestra comprensión conceptual de él, pero no mejorar nuestra capacidad de observación como una capacidad genérica aplicable a cualquier contexto.

¿Es preciso el aprendizaje previo de las habilidades más básicas para poder abordar la realización de investigaciones?

Las dos respuestas básicas a la segunda pregunta planteada permiten diferenciar las dos grandes aproximaciones al papel que se considera han de jugar los trabajos prácticos. Éstas son:

- *La concepción atomística*, en la que se defiende la necesidad de realizar actividades prácticas (ejercicios) específicamente diseñadas para el aprendizaje de los procedimientos más básicos (prácticos e intelectuales), previamente a abordar el aprendizaje de las habilidades procesuales más complejas implicadas en las investigaciones.
- *La concepción holística*, en la que se considera que los alumnos deben realizar investigaciones desde el principio, en el curso de las cuales aprenderán progresivamente las habilidades características del trabajo científico a partir de su propia experiencia y de la interacción con los compañeros y con el profesor.

La visión atomística de la Ciencia supone que podemos crear el todo por combinación de una serie de componentes. La visión holística ve, en cambio, la enseñanza de las Ciencias como un conjunto de conceptos, habilidades y aptitudes que se ponen en juego en la actividad global de resolver problemas. Woolnough, un firme defensor de la concepción holística, señala que al buscar desarrollar en nuestros alumnos las habilidades que les permitan resolver problemas, hay que recordar el principio según el cual *el todo es más grande que la suma de las partes*, y, por tanto, que la aproximación correcta es la que atribuye a los trabajos prácticos desde un principio un carácter de indagación o de investigación.

La separación nítida entre ejercicios, destinados al aprendizaje de los procesos, e investigaciones, que hemos realizado en el segundo apartado, corresponde en cierto modo a una concepción atomística de los trabajos prácticos. A pesar de ello, mantendremos esta diferenciación por considerar que en una primera aproximación nos ayuda a diferenciar el objetivo principal con el que realizamos una actividad práctica. Y, por otro lado, porque la crítica fundamental a la visión atomística de los trabajos prácticos entendemos que está más bien dirigida a la idea de una enseñanza basada en los procesos (enseñanza atomizada de los procesos cognitivos generales y de las estrategias de investigación), y no al hecho de que en un momento determinado no puedan diseñarse ejercicios de aprendizaje de técnicas concretas (manejo del microscopio, uso del material volumétrico, manejo de las balanzas, etc.).

Experiencias, experimentos, ejercicios e investigaciones

A continuación estudiaremos con más detalle cada uno de los tipos de actividades prácticas que hemos establecido.

Experiencias

Las experiencias son actividades prácticas destinadas a obtener una familiarización perceptiva con los fenómenos y un potencial de conocimiento tácito. Sus objetivos básicos son:

- La apreciación del mundo físico y biológico. Adquisición de una experiencia de “primera mano” sobre fenómenos físicos, químicos, biológicos y geológicos, imprescindibles para poder plantearse posteriormente una comprensión teórica de estos hechos.
- La adquisición de un potencial de conocimiento tácito que puede ser utilizado para resolver problemas.

La existencia de un conocimiento tácito o intuitivo, no conscientemente articulado en el marco de teorías formalizadas, sino adquirido directamente a partir de la experiencia, ha sido resaltado por Polanyi (1958) y recogido por varios autores (Woolnough, 1985; Millar, 1988) como un conocimiento que juega un papel importante en la resolución de los problemas por parte de los alumnos.

Actividad 3

Pon varios ejemplos de experiencias.

Son ejemplos de experiencias:

- Observar organismos vivos.
- Explorar los sentidos del gusto, el oído (límites de audición), la visión, etc.
- Experimentar las respuestas fisiológicas al ejercicio.
- Hacer crecer plantas.
- Sintetizar un compuesto.
- Obtener una sustancia pura a partir de una mezcla.
- Comparar la elasticidad de diferentes sustancias, estirándolas (una goma elástica, un hilo de cobre, una tira de polietileno).
- Observar los diagramas de interferencia y de difracción de la luz a través de rendijas.
- Apreciar las diferentes temperaturas existentes encima y alrededor de una vela encendida.

Las experiencias pueden ser también utilizadas en un marco constructivista del aprendizaje para:

- Explorar las ideas de los alumnos, al pedirles que interpreten lo que observan.
- Crear conflictos conceptuales cuando la experiencia no responde a las expectativas teóricas de los alumnos.
- Consolidar nuevas ideas en contextos experimentales diferentes.
- Evaluar el proceso de cambio conceptual.

Cuando usemos las experiencias como actividades prácticas con fines de interpretación debemos tener presente que las experiencias pueden tener diferentes interpretaciones según el marco teórico desde el cual las percibimos. Numerosos filósofos de la Ciencia han destacado cómo la observación depende de la teoría, y cómo la teoría guía la observación y la experimentación (Chalmers, 1982). Ello es evidente si analizamos las diferentes interpretaciones que históricamente se han dado a muchos experimentos (Giordan, 1987; Harré, 1986), y lo es también si atendemos a las diferentes interpretaciones que dan de ellos nuestros alumnos (Driver *et al.*, 1989).

Actividad 4

La siguiente experiencia es realizada comúnmente en las clases de Ciencias y aparece descrita en muchos libros de texto:

Una vela encendida se coloca en un recipiente con agua y se tapa con un vaso. Al poco tiempo de haberla tapado, la vela se apaga y el nivel del agua sube.

Interpreta esta experiencia.

Debemos animar a los alumnos a dar sus propias interpretaciones sobre las experiencias que les presentamos, y todas ellas deben ser aceptadas en un primer momento.

García-Rodeja y Lucas (1990) han llamado la atención sobre la interpretación simplista que se hace de muchos de los experimentos que se realizan en el ámbito escolar y la no consideración de interpretaciones alternativas.

La eliminación de hipótesis alternativas debe realizarse mediante la realización de nuevas experiencias y mediante razonamientos que las hagan incompatibles con otras ideas ya establecidas. De este modo las experiencias adquieren rango de experimentos.

Sin embargo, la utilización de las experiencias como "experimentos cruciales" que permiten decidir entre hipótesis o teorías alternativas no debe ser supervalorada. No debemos olvidar:

- La dependencia de la observación respecto de la teoría, lo cual significa que una observación nunca es neutra, sino que depende de las teorías del observador.
- Y el hecho de que toda hipótesis o teoría que entre en conflicto con una experiencia puede mantenerse mediante la introducción de una serie de hipótesis *ad hoc*.

Estas consideraciones relativizan el papel de los experimentos en la contrastación de las teorías. Por tanto, la elección de una hipótesis o teoría frente a otras no debe plantearse como una mera cuestión de contrastación experimental, sino también como una cuestión de consenso entre alumnos y profesor, conseguido después de una amplia discusión. Ello es una manera de evidenciar que la construcción de la Ciencia es un hecho social.

Experimentos

En la clasificación anterior de los trabajos prácticos no hemos introducido los experimentos como una categoría más, ya que, desde el punto de vista escolar, podemos considerar que los experimentos son:

- *Experiencias* de carácter ilustrativo.
- *Ejercicios prácticos* encaminados a adquirir competencia en el diseño y realización de experimentos.
- Una de las etapas de las *investigaciones* encaminadas a la resolución de problemas conceptuales o prácticos.
- *Experiencias* con un carácter de contratación de hipótesis.

Sin embargo, la importancia de los experimentos en las Ciencias Experimentales nos aconseja dedicarle un apartado específico.

Podemos definir un experimento como una actividad:

- Más compleja y menos directa que una experiencia.
- Que sirve para contrastar una hipótesis.
- Que requiere frecuentemente el control de variables y la realización de medidas.

En la experimentación juega un papel muy importante el proceso de control de variables, si la variable que se investiga depende de varias variables a la vez. Este proceso permite asignar los resultados del experimento al efecto de una variable particular.

Los experimentos pueden ser cualitativos o cuantitativos. En este último caso suponen la realización de medidas y, en algunos casos, el tratamiento de los datos obtenidos.

Tal como hemos comentado más arriba, la finalidad con que se realizan normalmente experimentos en el laboratorio es algo más amplia que la contrastación de hipótesis. Podemos citar como posibles finalidades:

1. Contrastar experimentalmente una hipótesis o la predicción de una teoría.
2. Aprender habilidades básicas (seguimiento de instrucciones, realización de medidas, determinación de propiedades, tratamiento de datos, etc.).
3. Comprobar una ley (ej.: ley de Hooke, ley de Ohm, período de oscilación de un péndulo, leyes de los gases).
4. Redescubrir leyes (los mismos ejemplos anteriores, pero sin conocimiento previo de las leyes).
5. Resolver cuestiones experimentales en el curso de una investigación de carácter práctico.

La primera de estas finalidades constituye la utilización más adecuada de los experimentos escolares, de acuerdo con el carácter que les hemos atribuido en el proceso de hacer Ciencia. Tan sólo debemos tener presentes las consideraciones que ya hemos hecho en relación al uso de las experiencias con el mismo fin.

La segunda corresponde normalmente a experimentos que pretenden servir de medio para el aprendizaje de una técnica de medida. Este objetivo hace que muchas veces se diseñen con una gran concreción de los pasos a realizar por el alumno, convirtiéndolos en realidad en ejercicios. La determinación de propiedades como la masa, el volumen, la densidad, la capacidad calorífica, etc., a través de una serie de instrucciones, serían actividades prácticas de este tipo.

Los experimentos de carácter ilustrativo juegan un papel importante como actividades experimentales de presentación de un principio o una ley. Sin embargo, su uso continuado como forma de comprobación de leyes establecidas previamente desdibuja el carácter esencial de los experimentos.

El uso de los experimentos como una forma de redescubrir las leyes, y de este modo establecer teorías, cae dentro de una visión de la enseñanza de la Ciencia basada en métodos de descubrimiento dirigido. Esta metodología en su versión inductivista ha sido ampliamente criticada por la nula atención que presta a las ideas o concepciones previas de los alumnos. Modificada en el sentido de tener en cuenta los presupuestos de la pedagogía constructivista, constituye una orientación adecuada para la realización de experimentos, que coincide de hecho con la primera finalidad que hemos identificado: el uso de los experimentos como contrastación de hipótesis. Una reflexión detallada sobre la estrategia del descubrimiento orientado en relación a las actividades prácticas puede encontrarse en la monografía de J. SOLOMON: *Teaching Children in the Laboratory*.

La planificación y la realización de experimentos en el curso de una investigación constituye una actividad fundamental para resolver problemas teóricos o prácticos. Analizaremos esta utilización de los experimentos en el apartado dedicado a las investigaciones.

Ejercicios prácticos

Son actividades diseñadas para desarrollar habilidades prácticas (observación, medida, manipulación de instrumentos, tratamiento de datos, y técnicas diversas) o habilidades intelectuales (clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables, comunicación de resultados).

Actividad 5

Pon varios ejemplos de trabajos prácticos que correspondan a lo que hemos denominado ejercicios prácticos.

Son ejemplos de ejercicios:

- Observar y describir la combustión de una vela.

- Observar y describir el efecto del calor sobre diferentes sustancias.
- Usar el microscopio para estudiar la estructura del papel.
- Observar, dibujar y clasificar la flora y la fauna.
- Usar claves dicotómicas para clasificar.
- Estimación de las dimensiones de los objetos más familiares (por ejemplo, el grosor de una hoja).
- Estimar el orden de magnitud de diferentes propiedades (por ejemplo, el peso de una manzana expresado en N).
- Trabajo con el vidrio para la realización de ciertos elementos (codos, cuentagotas, etc.).
- Uso de diferentes aparatos de medida (balanzas, probetas, pipetas, etc.).
- Realización de pruebas de ensayo para la identificación de gases, ácidos, almidón, carbohidratos, ciertos iones, etc.
- Montaje de un circuito eléctrico a partir de un diagrama.
- Representar gráficamente los datos obtenidos en una experiencia.
- Planificar una investigación.
- Redactar un informe de los resultados de un experimento.

De acuerdo con la distinción que hemos realizado entre procesos cognitivos y habilidades prácticas, podemos diferenciar entre aquellos enfoques que pretenden enseñar y desarrollar los *procesos cognitivos o procesos de la Ciencia* (observar, clasificar, inferir, experimentar, comunicar) y desarrollan actividades encaminadas a su aprendizaje, y los que *sólo abordan, como ejercicios, el aprendizaje específico de determinadas habilidades prácticas* (manejo de aparatos, medida, tratamiento de los datos en forma de tablas, gráficos, etc.).

Actividad 6

Diferencia los ejercicios de uno y otro tipo de entre los de la lista que has elaborado en la actividad 5 y los de la lista anterior.

Los partidarios de una concepción holística de la enseñanza de las Ciencias miran con cierto recelo este tipo de ejercicios, si son presentados de forma descontextualizada. Incluso Woolnough, que es uno de los autores que han defendido los ejercicios como las actividades idóneas para desarrollar las habilidades prácticas, reconoce en uno de sus últimos trabajos (Woolnough, 1991) que aun en el caso de que nos interese desarrollar una habilidad determinada o familiarizarnos con un aparato de medida en particular, puede ser conveniente convertir este ejercicio en una actividad científica genuína, es decir, investigativa, en lugar de intentar desarrollarla fuera de contexto.

Investigaciones

Una investigación es vista a menudo como una actividad experimental que requiere la participación activa del estudiante y que conduce a proporcionar una evidencia que permite resolver un problema práctico o contestar una cuestión teórica.

Actividad 7

Pon ejemplos de trabajos prácticos que sean investigaciones.

Actividad 8

Diferencia en la lista anterior las investigaciones ligadas a la elaboración de conceptos de aquellas otras encaminadas a la resolución de problemas prácticos.

Son ejemplos de investigaciones teóricas:

- ¿Cuál es la carga de un ion?
- ¿Qué relación existe entre la presión y el volumen de un gas a temperatura constante?
- ¿Qué factores influyen en la pérdida de agua en las plantas?

Son ejemplos de investigaciones para resolver problemas prácticos:

- ¿Cómo afectan los champús al estado del cabello?
- Investigar cómo puede reducirse la contaminación de las aguas.
- Investigar cuál es el mejor detergente.
- Investigar cómo podemos obtener una imagen más nítida en una cámara oscura.

Las etapas de una investigación

Actividad 9

¿Qué etapas caracterizan toda investigación?

Las etapas que caracterizan una investigación han sido descritas mediante diferentes esquemas, pero quizás es el propuesto por el proyecto APU (1984) uno de los que ha alcanzado mayor difusión.

Los resultados de la investigación APU han aportado una gran cantidad de datos sobre cómo son percibidas las investigaciones por los alumnos y cómo abordan la resolución de los problemas que se les plantean.

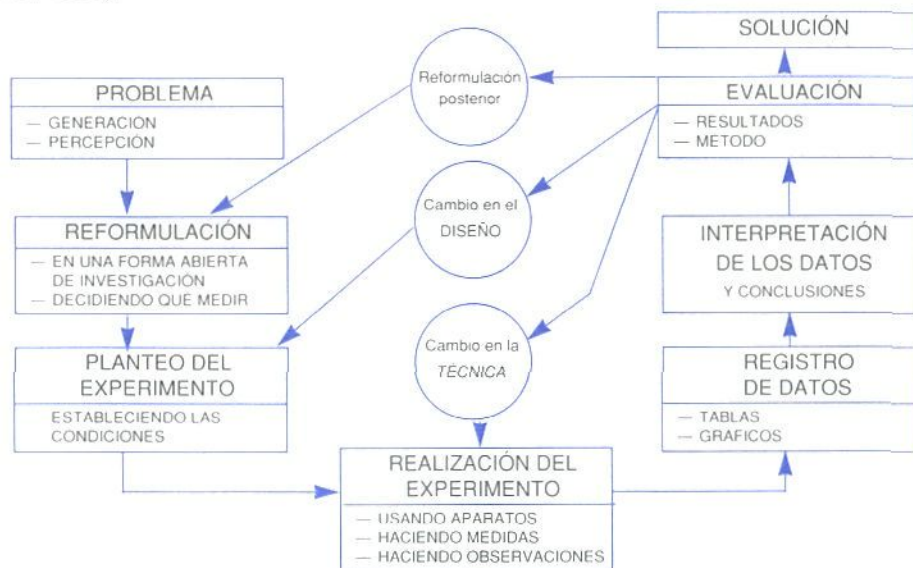
Actividad 10

¿Qué elementos de una investigación son los que normalmente son dejados bajo control del alumno?

Anderson (1968) compara el trabajo en un laboratorio de investigación y el que se realiza normalmente en un laboratorio escolar, y concluye que el trabajo de laboratorio típico de los alumnos corresponde en general al de un laborante.

<i>Actividad</i>	<i>Laboratorio científico</i>	<i>Laboratorio escolar</i>
Identificar el problema	El científico	El profesor o el libro
Formular hipótesis	El científico	El profesor o el libro
Diseñar procedimientos	El científico	El profesor o el libro
Recoger datos	El laborante	El alumno
Sacar conclusiones	El científico	El alumno y el profesor

Es una crítica extendida el escaso espacio que se deja en el currículo de Ciencias a las actividades de tipo investigativo, y el carácter cerrado con que se presentan a los alumnos muchas de las actividades prácticas (Gil, 1981 y 1982; Gené, 1986).



Etapas de una investigación según el proyecto APU

¿Investigaciones teóricas o investigaciones prácticas?

Las investigaciones constituyen la actividad central de las aproximaciones holísticas en la enseñanza de las Ciencias. Pero son también actividades promovidas por los defensores de las aproximaciones atomísticas, si bien como actividades finales, después de haber realizado una serie de ejercicios encaminados al aprendizaje de las habilidades más simples.

Dentro de los partidarios de una concepción holística podríamos diferenciar aquellos que ponen el énfasis en las investigaciones como un medio para profundizar en la comprensión de las teorías de la Ciencia y aquellos otros que las consideran básicamente un medio de desarrollar habilidades para resolver problemas prácticos, no ligados, al menos de forma directa, a las teorías científicas.

En la tendencia que pone el énfasis en la orientación teórica podríamos incluir la orientación dada a los trabajos prácticos en toda una serie de propuestas metodológicas que han surgido en nuestro país en la década de los ochenta. Estas propuestas, basadas en la pedagogía del descubrimiento orientado, y más recientemente en los supuestos de una enseñanza constructivista, se han plasmado en una serie de proyectos como, por ejemplo, el *Proyecto Faraday* (Grupo Recerca-Faraday, 1988), *La construcción de las Ciencias físico-químicas* (Seminario de Física y Química de la Universidad de Valencia, 1989), *El aprendizaje en la Física y Química* (Seminario de Física y Química de La Axarquía, 1989), *El cos humà* (Grupo Servet, 1989), *Curso de Ciencias Naturales* (Yus et al., 1989).

Destacamos las siguientes afirmaciones del Seminario de Valencia (Gil, 1982) como representativas de la orientación defendida por estos grupos: "Sólo aquellos trabajos prácticos que comiencen con el planteamiento de problemas y que propicien una correcta utilización de la metodología científica —sin reducirla a la manipulación e interpretación posterior de resultados— pueden familiarizar a los alumnos con dicha metodología y favorecer, al propio tiempo, una adquisición significativa de conocimientos". "Consideramos que la renovación didáctica debe reorientarse de forma a unificar el proceso de adquisición de conocimientos y la preparación de los alumnos en los aspectos básicos de la metodología científica".

Otros autores (Hodson, 1985, 1990) se cuestionan si las investigaciones experimentales son la forma más adecuada de ayudar a la elaboración de los conceptos. Gil (1986) ha rebatido esta visión que deja a los trabajos prácticos del laboratorio meramente el papel de ilustración de la teoría. Algunos, como Woolnough (1991), van más allá y proponen que las investigaciones no deberían plantearse únicamente en relación a los contenidos conceptuales y procedimentales, sino con la finalidad básica de dar oportunidad a los alumnos de resolver problemas prácticos y de adquirir confianza en su propia capacidad para resolverlos.

¿Es posible graduar la dificultad de las investigaciones?

Una cuestión importante es saber qué es lo que hace difícil una investigación. Tener una respuesta a esta cuestión nos puede permitir graduar la dificultad de las investigaciones que proponemos a nuestros alumnos, y, por tanto, introducir una cierta progresión en estas actividades.

En una investigación, además de los conceptos y de los procedimientos, es preciso identificar la variable dependiente y la o las variables independientes, apreciar la necesidad de modificar de forma sistemática las varia-

bles continuas, elegir el número de medidas a realizar, tabular los datos de manera adecuada, etc. Estas operaciones han sido definidas por Gott y Foulds (1988) y por Murphy (1988) como asociadas al campo de la “comprensión procedimental”.

Las dificultades de una investigación guardan relación con la complejidad de los conceptos, la complejidad procedimental y el contexto en el que se sitúa la investigación (¿es un contexto relevante en la vida cotidiana de los alumnos?). Así, pues, podemos diferenciar:

- *Dificultades asociadas con la comprensión conceptual.* Si se precisa un alto nivel de comprensión conceptual para realizar la investigación, muchos alumnos no podrán demostrar su capacidad investigadora.
- *Dificultades asociadas a la complejidad procedimental.* Son dificultades relativas a la estructura de las variables y a su control. Las investigaciones más simples son aquellas que la variable independiente es categórica (por ejemplo, una investigación en la que la variable independiente es el tipo de detergente que lava mejor). Si las variables son continuas, la investigación se hace más difícil. Por otro lado, la investigación es más fácil si las variables son usadas en la vida cotidiana (así, por ejemplo, presentan menos dificultad la longitud o la temperatura que la intensidad de corriente o el campo magnético). La dificultad aumenta si existe más de una variable independiente, y los alumnos han de mantener constante una de ellas mientras observan los efectos de variar la otra, y viceversa.

De acuerdo con estas ideas, Gott y Foulds han establecido los siguientes tipos de investigaciones:

- *Tipo 1. Una única variable independiente categórica*

Son investigaciones del tipo: ¿Cuál es el mejor...? Por ejemplo, ¿cuál es la mejor taza para mantener las bebidas calientes? Sólo hay una variable independiente —el tipo de taza—, y variar esta variable sólo implica seleccionar una taza u otra. Estas actividades son las más fáciles de formular, y si son relevantes a la experiencia cotidiana de los alumnos, generan un gran interés.

- *Tipo 2. Una única variable independiente continua*

Hay una única variable independiente que debe ser modificada en un determinado intervalo de valores. Un ejemplo podría ser investigar cómo la velocidad de enfriamiento del café depende de la cantidad de café en la taza. Los alumnos han de escoger el número de medidas a realizar y el espaciado entre valores.

- *Tipo 3. Más de una variable independiente categórica*

Se obtiene una mayor complejidad si introducimos más de una variable independiente categórica. Por ejemplo, si se investiga qué variable tiene más influencia en mantener el café caliente, el tipo de material de que está hecha la taza, o el hecho de taptarla. Ahora tenemos dos tipos de variables categóricas independientes: el “tipo de material” y la variable “tapa-no tapa”.

- *Tipo 4. Actividades de construcción de dispositivos*

Son actividades que se centran en aspectos tecnológicos de las Ciencias, e incluyen actividades del tipo "resolución de problemas prácticos". Pueden ser utilizadas como base de otras actividades; por ejemplo, la construcción de un puente de papel resistente puede servir a continuación para realizar pruebas sobre su resistencia.

Gott, Welford y Foulds (1988) han diseñado los trabajos prácticos de un curso de Ciencias para alumnos de doce años utilizando los tres primeros tipos de investigaciones descritas. Los conceptos requeridos fueron restringidos a aquellos más familiares como la temperatura, el volumen, la longitud, etc., y siempre que fue posible, las investigaciones fueron planteadas en el contexto de la vida cotidiana. Actualmente tratan de establecer una gradación en investigaciones para alumnos de cursos posteriores, en las que la complejidad de los conceptos involucrados sea mayor.

El grado de apertura de las investigaciones

Lock (1990) ha definido la apertura de las investigaciones en relación a:

1. La diversidad de soluciones (una única solución, varias, desconocida), aspecto que guarda relación con la naturaleza del problema propuesto.
2. La diversidad de estrategias posibles a seguir.
3. El nivel de dirección del profesor y el grado de participación del alumno y los aspectos de la investigación que se dejan bajo su control.

Respecto a este último punto existe una variedad de situaciones según quién:

- Decide el área de interés en la que investigar (el profesor, el alumno o ambos).
- Propone la cuestión a resolver.
- Realiza la planificación de la investigación.
- Decide la estrategia a seguir.
- Lleva a cabo la investigación.
- Evalúa los resultados.

En cualquiera de estos aspectos el profesor puede incidir orientando la investigación en mayor o menor grado.

Las investigaciones que son presentadas a los alumnos como abiertas, pero en las que en realidad se desea que den lugar a una respuesta determinada (por ejemplo, ¿se necesita la clorofila para la fotosíntesis?), son denominadas a veces investigaciones pseudo-abiertas o convergentes.

Los diferentes tipos de investigaciones que pueden darse en la práctica según sea el control ejercido por el profesor (o por los alumnos) sobre cada uno de los elementos de la investigación se resumen en el cuadro siguiente:

	1	2	3	4	5	6
Área de interés	P	P	P	P	P	A
Establecimiento del problema	P	P	P	P	A	A
Planificación	P	A	A	A	A	A
Determinación de la estrategia	P	P	A	A	A	A
Realización	A	A	A	A	A	A
Interpretación de los resultados	P/A	P/ A	P/A	A	A	A

Elementos involucrados en la investigación. Tipo de investigaciones según el control ejercido "profesor/alumno" sobre cada uno de los elementos de la investigación.

La *situación 1* describe actividades prácticas del tipo descubrimiento orientado. La situación 2 difiere únicamente de la 1 en que los alumnos participan en la planificación de la investigación; por ejemplo, proponiendo una posible estrategia a seguir después de una discusión en pequeño grupo, si bien la estrategia final que todos realizan resulta de una puesta en común moderada por el profesor.

En la *situación 3* el control de los alumnos sobre la planificación es total, lo que permite que ésta pueda ser realizada en interacción con el material de laboratorio, efectuando, si lo desean, experimentos de prueba. El papel del profesor se limita, en lo que a la planificación concierne, a proporcionar los recursos disponibles, lo que, en cierto modo, condiciona las posibilidades del diseño. El inconveniente de esta situación es que si la estrategia escogida es equivocada, los resultados obtenidos pueden ser incorrectos, o relevantes a un problema diferente al propuesto. Sin embargo, con el control del profesor sobre la evaluación de los resultados, los estudiantes o grupos pueden ser dirigidos a mejorar la estrategia escogida o a cambiarla.

En la *situación 4* se da a los alumnos todo el control sobre la interpretación de los resultados, lo que implica que se da más importancia al proceso seguido que al resultado final. Este tipo de investigación no será, por tanto, adecuado si el objetivo es ayudar a construir o consolidar un determinado concepto. Existe además el peligro de que la interpretación sea realizada mediante ideas alternativas, lo que ayude a consolidarlas, en lugar de modificarlas.

Las *situaciones 5 y 6* corresponden más bien a la realización de proyectos por parte de los alumnos. La diferencia entre ambas es que en la situación 5 el área de interés es escogida por el profesor, normalmente al finalizar un determinado tema de la programación, mientras que en la situación 6 el área es escogida por los alumnos; la

única limitación es que sea de interés científico o tecnológico. En estos casos el profesor actúa nada más como consejero cuando los alumnos requieren su ayuda.

La gradación establecida permite indicar pautas para convertir en más abierta cualquier investigación:

1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6

Actividad 11

Pon un ejemplo de actividad práctica que corresponda al tipo 1, y convierte su enunciado progresivamente en una actividad del tipo 2, 3 y 4.

Los trabajos prácticos en relación a su apertura y el grado de dirección del profesor

Siguiendo a Lock (1990), la clasificación de los trabajos prácticos puede también realizarse en un diagrama bidimensional en el que se intenta precisar:

- El grado de apertura definido únicamente en relación a la naturaleza de las soluciones potenciales del problema.
- El grado de dirección por parte del profesor.

A lo largo de dos ejes que se intersectan, uno que representa un *continuum* desde las investigaciones más cerradas a las más abiertas, y el otro, un *continuum* desde las investigaciones totalmente dirigidas por el profesor a las dirigidas totalmente por los alumnos. De este modo obtenemos un diagrama en el que cada tipo de investigación queda situado en un punto en relación con las dos variables que se consideran. El área de interés y el problema a resolver se suponen establecidos por el profesor en todos los casos.

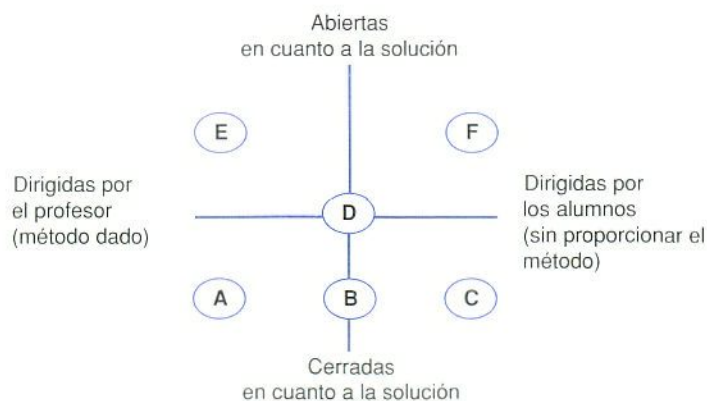


Diagrama ilustrativo de los diferentes tipos de trabajos prácticos en relación al grado de apertura y al grado de dirección del profesor

Actividad 12

Intenta identificar el tipo de investigación que representa cada una de las letras del diagrama. Pon un ejemplo de cada una de ellas.

Análisis de una serie de trabajos prácticos

A continuación mostramos una serie de trabajos prácticos de Física, Química, Biología y Geología que pueden servir de ejemplo de los diferentes tipos de trabajos caracterizados, así como del diferente grado de apertura con que pueden ser abordados. La siguiente actividad propone hacer un análisis de los mismos.

Actividad 13

- Clasifica las prácticas siguientes en experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios o investigaciones.
- ¿De qué tipo son los ejercicios que aparecen en los ejemplos, es decir, qué tipo de procesos se pretende que sean aprendidos a través de su realización?
- ¿Qué actividades caracterizarías como experimentos?
- ¿De qué tipo son las investigaciones que aparecen en los ejemplos: teóricas o prácticas?
- Intenta caracterizar el grado de apertura de cada trabajo práctico utilizando la escala de Lock de la página anterior.

Frente a la diversidad de trabajos prácticos caracterizados, cabe argumentar que debe haber sitio para todos ellos en el currículo de Ciencias, y que lo importante es quizás la diversidad que de ellos ofrezcamos a nuestros alumnos. Sin olvidar que el diferente grado de intervención que el profesor puede asumir en cada una de las actividades descritas es ya en sí mismo un importantísimo factor de variación.

Ejemplos de trabajos prácticos**Trabajo práctico 1****Observación de células en un microscopio**

La mayoría de las células son tan pequeñas, que es necesario utilizar el microscopio para su observación. En esta experiencia estudiaremos, en primer lugar, las partes y el funcionamiento del microscopio óptico y, en segundo lugar, cómo se realiza una preparación. A continuación observaremos la preparación al microscopio y la describiremos.

Partes de un microscopio

Observa el microscopio y compáralo con el del dibujo. Intenta reconocer cada una de las partes.

Mira los aumentos que tienen el ocular y los objetivos. ¿Cómo crees que se pueden saber los aumentos totales de un microscopio?

Funcionamiento de un microscopio

Para hacer funcionar un microscopio es necesaria la iluminación del campo y el enfoque de la preparación.

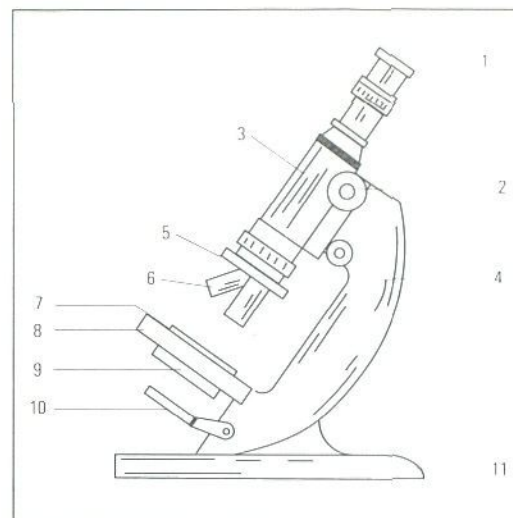
a) Iluminación del campo

Para poder ver un objeto es necesario que esté iluminado. El espejo es el que dirige la luz sobre el objeto.

- Mira por el ocular y mueve el espejo hasta que veas el campo iluminado.

b) Enfoque de la preparación

- Coloca un trozo de papel milimetrado sobre la platina y sujétalo con las pinzas. Con el objetivo de menor aumento intenta el enfoque, mirando por el ocular hasta que veas con nitidez el papel milimetrado.

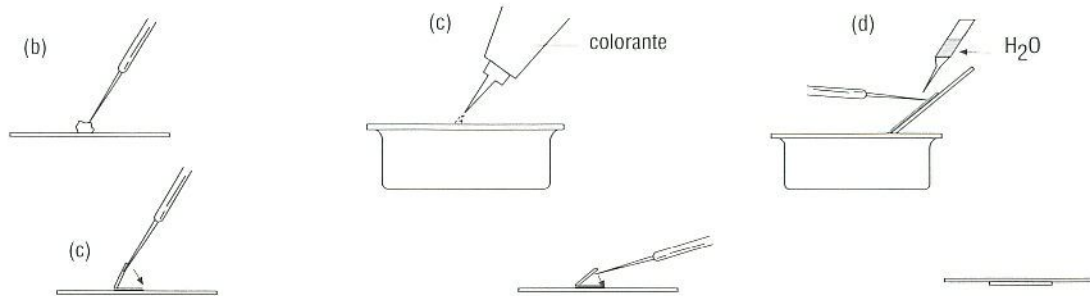


Características de la imagen

- ¿Cuántos milímetros de diámetro tiene el campo que observas? ¿Cuál sería la superficie de un objeto que ocupara un tercio del campo anterior?
- Haz lo mismo con el resto de los objetivos.
- ¿Cómo es la imagen observada? ¿Cómo lo podrías comprobar?
- Utilizando los datos anteriormente calculados, ¿podrías conocer el tamaño real de cualquier objeto? Explícalo.
- Haz un esquema del camino que recorren los rayos de luz para iluminar la preparación.
¿Cómo ha de ser un objeto para poder ser visualizado con el microscopio?

Preparación de la epidermis de la cebolla

- Coge un trozo de cebolla por la parte cóncava y con unas pinzas extrae la lámina fina que la recubre.
- Coloca esta lámina de cebolla en un portaobjetos bien limpio.
- Cúbrela con unas gotas de solución de verde brillante y deja que el colorante actúe durante un minuto.
- Elimina el exceso de colorante añadiendo agua tal como indica el dibujo de la página siguiente.
- Añade una gota de agua y monta la preparación tal como indica el dibujo para evitar que queden burbujas de agua.



- Realiza la *observación* siguiendo las normas de funcionamiento.

Comunicación de la observación

- Haz una descripción de lo que observas.

Trabajo práctico 2

La densidad de las rocas

La densidad de cualquier cuerpo se puede determinar conociendo su masa y el volumen que ocupa. Con una balanza y una probeta puedes determinar la densidad de cualquier roca.

Procedimiento

- Explica el procedimiento que seguirías para determinar la densidad de un fragmento de roca utilizando los instrumentos anteriormente citados.

El profesor suministra una muestra de las rocas más abundantes de la corteza terrestre.

- Magmáticas: granito y basalto.
- Metamórficas: pizarra y mármol.
- Sedimentarias: roca calcárea y arcilla.

Realización

- Realiza la determinación de la densidad de cada uno de los fragmentos de roca que se te han proporcionado.

Discusión sobre el método seguido por cada grupo.

Conclusiones

Comparación entre las densidades que cada grupo ha obtenido para las diferentes rocas.

Comunicación de resultados

- Elabora una comunicación breve y clara donde expliques el procedimiento que has seguido y los resultados obtenidos.

Aplicación de resultados

- A partir de los resultados obtenidos, ¿crees que puedes calcular la densidad media de la corteza terrestre? ¿Cómo?
- Conoces la proporción de rocas de cada tipo que hay en la corteza terrestre. ¿Crees que esta proporción se ha de tener en cuenta en el cálculo de la densidad media de la corteza? ¿Por qué?
- Realiza el cálculo de la densidad media de la corteza terrestre.

Trabajo práctico 3

¿Qué les ocurre a las células cuando las ponemos en un medio hipertónico?

Todas las células eucariotas están aisladas del entorno por una membrana plasmática; ésta tiene la capacidad de ser semipermeable, permitiendo el paso a su través de determinadas sustancias, entre ellas el agua. El agua atraviesa la membrana por ósmosis en un sentido que depende de la concentración de solutos que haya a uno y otro lado de la membrana. Se denomina medio hipotónico a un medio cuya concentración es menor que la de la célula, isotónico si es igual, e hipertónico si es superior.

Las hojas de determinadas plantas, como las de la *Tradescantia*, por ejemplo, son coloreadas debido a que las células de su epidermis contienen un pigmento en sus vacuolas; esta característica ayuda a la observación del fenómeno de la ósmosis.

Planteamiento del problema

¿Qué les ocurre a las células de la epidermis de las plantas al ponerlas en un medio hipertónico?

Emisión de hipótesis

- Emite una hipótesis de lo que les ocurrirá a las células de la epidermis de estas plantas al ponerlas en un medio hipertónico.

Puesta en común de las hipótesis.

Diseño experimental

- Propón un experimento que permita comprobar la hipótesis planteada.

Realización del experimento

- Realiza el experimento que has diseñado pidiendo al profesor todos los materiales que necesites.

Análisis de los resultados y conclusiones

Una vez realizados los diferentes experimentos, los alumnos analizan los resultados en pequeño grupo, y luego se realiza una puesta en común a nivel de clase para discutir los resultados y extraer las conclusiones pertinentes.

Aplicación en otros contextos

- Cita diferentes situaciones de la vida cotidiana en las que el fenómeno de la ósmosis tenga utilidad.

Trabajo práctico 4**Medida de la capacidad calorífica del plomo**

Se trata de medir la capacidad calorífica del plomo. Para hacerlo transferiremos energía a unos perdigones o plomos de pesca y mediremos el aumento de temperatura del plomo.

Necesitarás:

- Un tubo de cartón con un tapón en cada extremo del tubo.
- Medio kilo de perdigones de plomo.
- Un vaso de poliestireno.
- Una regla de un metro.
- Una balanza de capacidad un kilogramo.

En este experimento, medio kilo de perdigones de plomo se dejan caer cincuenta veces sobre la base de un tubo de cartón. Cada vez que el plomo cae dentro del tubo gana energía cinética. Cuando el plomo golpea el fondo del tubo, su energía cinética se convierte en energía interna del plomo y del entorno material que le rodea.

La fuerza que acelera el plomo en su caída es el peso del plomo, que es igual a 5 N. Puedes calcular la energía transferida al plomo usando la ecuación:

$$\begin{array}{ccccc} \text{energía transferida} & = & \text{fuerza} & \times & \text{distancia} \\ \text{(J)} & & \text{(N)} & & \text{(m)} \end{array}$$

Procedimiento

- Pon los perdigones en el vaso de poliestireno y mide y anota su temperatura.
- Pon los perdigones en el tubo de cartón y tapa sus extremos.

-
- Gira los perdigones en el tubo de cartón y tapa sus extremos.
 - Gira sobre sí mismo el tubo, de forma que los perdigones de plomo se estrellen contra los extremos del tubo. Hazlo cuarenta y nueve veces.
 - Manteniendo el tubo vertical, saca el tapón del extremo superior y da la vuelta al tubo por última vez, de forma que los perdigones caigan dentro del vaso. En total le habrás dado la vuelta cincuenta veces.
 - Anota la temperatura del plomo.

Cálculos

- Calcula la energía que se ha transformado en energía interna del plomo y de su entorno cada vez que el plomo ha caído dentro del tubo.
- Explica por qué podemos suponer que prácticamente toda esta energía se ha transformado en energía interna del plomo.
- Calcula la capacidad calorífica específica del plomo.

Recuerda que la capacidad calorífica específica del plomo es la cantidad de energía que se ha de transferir a un kilogramo de plomo para que su temperatura aumente en un grado centígrado.

Valoración del resultado

- Comprueba el valor que has tenido con el que figura en un libro de datos.
- Da alguna razón para explicar la diferencia entre tu valor y el del libro de datos.

Trabajo práctico 5

¿Qué carga tienen los iones?

Interpretación cualitativa de la electrólisis

En la electrólisis del cloruro de hidrógeno disuelto en agua (ácido clorhídrico) se obtiene:

- Hidrógeno gas en el electrodo negativo.
- Cloro gas en electrodo positivo.
 - ¿Qué procesos crees que ocurren en los electrodos y en el electrólito cuando tiene lugar la electrólisis del ácido clorhídrico?
Recuerda que el cloruro de hidrógeno está formado por moléculas (HCl). Supón que la corriente eléctrica que circula por el conductor metálico está formada por carga negativa.

Puesta en común.

Planteamiento del problema

¿Cómo podríamos averiguar la carga eléctrica que recibe cada ion hidrógeno en el electrodo negativo de una celda electrolítica cuando se descarga?

Diseño del experimento

- Diseña un experimento que permita investigar la relación existente entre la carga eléctrica que circula por una celda electrolítica que contiene agua acidulada y la cantidad de hidrógeno que se desprende.
 - ¿Cómo se puede medir la cantidad de electricidad que circula?
 - ¿Cómo se puede medir la cantidad de hidrógeno que se desprende?
 - Haz un esquema del montaje experimental necesario.

Puesta en común.

Realización del experimento

- Realiza el experimento que has diseñado.

Ayuda. A título de recordatorio te indicamos las variables que has de medir:

 - Intensidad de corriente.
 - Tiempo durante el cual ha circulado la corriente.
 - Volumen de hidrógeno desprendido.

Cálculos

- A partir de los datos medidos, calcula la carga eléctrica necesaria para liberar un átomo de hidrógeno.

Ayuda. Los cálculos a realizar son:

 - Carga eléctrica que ha circulado.
 - Moles de moléculas de hidrógeno desprendidos.
 - Moles de átomos de hidrógeno (iones hidrógeno) que se han descargado en el electrodo.
 - Carga eléctrica por mol de átomos de hidrógeno descargados.
 - Carga eléctrica por átomo de hidrógeno.

Datos: La constante de Avogadro vale $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Conclusiones y ampliación

- ¿Cuál es la carga de un ion hidrógeno?

Experiencias análogas a las que has realizado a través de disoluciones de electrólitos o sales fundidas han permitido obtener los datos que aparecen en la tabla siguiente.

Elemento	Signo del electrodo	Carga/átomo C/átomo
Sodio	-	$1,6 \times 10^{-19}$
Calcio	-	$3,2 \times 10^{-19}$
Aluminio	-	$4,8 \times 10^{-19}$
Cloro	+	$1,6 \times 10^{-19}$
Oxígeno	+	$3,2 \times 10^{-19}$

- ¿Qué relación observas entre el carácter metálico o no metálico del elemento y el signo del electrodo en que se deposita o libera?
- ¿Qué relación existe entre la carga eléctrica necesaria para depositar o liberar cada uno de los elementos?
- Si denominamos a la carga $1,6 \times 10^{-19}$, carga elemental, ¿cuál es la carga relativa de cada uno de los iones de los elementos que figuran en la tabla 1?
- Describe los procesos que tienen lugar en los electrodos durante la electrólisis de cloruro de hidrógeno utilizando fórmulas para representar las especies químicas.

Trabajo práctico 6

¿Qué materiales abrigan más?

Vas a planificar y llevar a cabo una investigación sobre qué material es el más adecuado para mantenernos calientes un día frío, seco y con viento.

Se trata de decidir qué materiales necesitas. Tu profesor te los proporcionará cuando se los pidas. Si crees que necesitas ayuda, pide una Hoja de Ayuda.

La Hoja de Ayuda, que se muestra en el anexo, contiene seis ayudas, que pueden proporcionarse a cada grupo según las vaya precisando.

Planificación de la investigación

- Planifica tu investigación. La Hoja de Planificación te ayudará a hacerlo.
- Discute tu proyecto con tu grupo.
Piensa lo que necesitas medir.

Realización

- Realza tus pruebas con la máxima exactitud y precisión que puedas.

Comunicación de los resultados

- Redacta un informe de lo que has hecho.

A continuación mostramos la Hoja de Planificación y la Hoja de Ayuda.

Hoja de Planificación

Nombre:..... Fecha:.....

El título de mi investigación es:.....

El problema que intento resolver es:

.....
.....
.....

Lo que pienso hacer es:

Esquema:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Éstas son las medidas que pienso realizar:

Éste es el equipo que necesitaré:

Así es cómo presentaré mis resultados:

Hoja de ayuda

1. Necesitarás:

- un cronómetro
- un termómetro
- latas para calentar el agua
- por lo menos cuatro tipos diferentes de materiales para recubrir, por ejemplo, algodón, lana, plástico, y mezcla nylon-lana
- tijeras
- cinta adhesiva
- tiras de goma
- alfileres

2. Recoge tres o cuatro muestras de diferentes materiales, por ejemplo, algodón, lana pura, plástico, nylon y mezcla de lana y nylon. Puedes utilizar gamuzas, trozos de sábanas, calcetines viejos, bolsas de polietileno y cosas por el estilo.
3. Utiliza una lata vacía para representar el cuerpo de un ser humano. Poniendo agua caliente dentro de la lata puedes hacer que esté caliente como si fuera un ser humano.
4. Haz diferentes abrigos para tu lata con tus materiales. Prueba con una y dos capas. También puedes hacer un “emparedado” de diferentes materiales.
5. Usa un secador del cabello (con aire frío) para representar el viento.
6. Necesitarás un termómetro para medir la temperatura del agua y un cronómetro para medir el tiempo. Unas tijeras, alfileres, cinta adhesiva y bandas de goma te pueden también ser de utilidad.

Trabajo práctico 7

¿Cuál es el mejor antiácido?

Los jugos gástricos humanos son muy ácidos. Cuando se segregan en exceso, podemos sentir ardor en el estómago. Existen diferentes pastillas en el mercado cuya función es neutralizar la acidez del estómago.

Vas a planificar y llevar a cabo una investigación para saber cuál es el mejor antiácido de entre una serie de ellos.

Si te es necesario consulta la hoja de ayuda.

Planificación

Planifica tu investigación: identifica el problema, formula una hipótesis, selecciona las pruebas experimentales apropiadas para contrastar tus hipótesis, y diseña el experimento (identificación de variables, control de variables, selección de métodos y aparatos adecuados). Discute los apartados anteriores con tu grupo.

Realización

Realización de las investigaciones: selecciona los materiales adecuados, mide con precisión.

Comunicación

Redacta un informe por escrito de las conclusiones de la investigación.

Hoja de ayuda

1. Necesitarás:

Bureta.

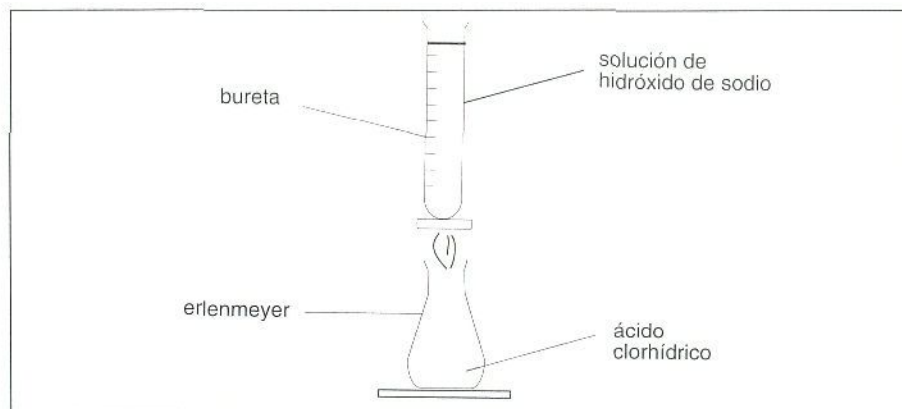
Pipeta.

Ácido clorhídrico diluido (para simular los jugos gástricos).

Indicador naranja de metileno (en medio ácido es rojo).

Pastillas antiácido (básicas).

2. Haz un montaje como el del dibujo.



3. Utilizaremos el HCl diluido para simular los jugos gástricos.

El ácido clorhídrico con el naranja de metileno da color rojo.

Al añadirle gota a gota la disolución del antiácido al HC(aq), el naranja de metileno vira de color.

A modo de conclusión

En este último apartado pretendemos realizar una reflexión sobre los trabajos prácticos que habitualmente realizamos, a la luz de la tipología establecida.

Frente a la diversidad de trabajos prácticos caracterizados, se puede argumentar que debe haber sitio para todos ellos en el currículo de ciencias, y que lo importante es quizá la diversidad que de ellos ofrezcamos a nuestros alumnos.

Sin embargo, no debemos olvidar que la situación actual se caracteriza, en general, por un predominio de los trabajos prácticos tipo ejercicio muy poco abiertos (se conoce el resultado, se dan instrucciones detalladas sobre el procedimiento a seguir, etc.). En consecuencia, una programación más equilibrada de las actividades prácticas en el área de las ciencias experimentales requeriría la incorporación de un mayor número de actividades investigativas.

Por otro lado, en aquellos casos en que se programan actividades investigativas, éstas se plantean únicamente en un contexto de ciencia pura (resolución de problemas teóricos). En tal caso convendría introducir también investigaciones en relación a problemas prácticos de la vida cotidiana.

Muchas veces un mayor equilibrio en la programación de las actividades prácticas puede conseguirse modificando simplemente las actividades que ya se vienen realizando. De hecho, un mismo trabajo práctico puede plantearse como una experiencia, un ejercicio, una investigación para resolver un problema teórico o una investigación para resolver un problema práctico, según el objetivo principal que pretendamos y el grado de apertura con que lo planteemos.

Actividad 14

Escoge un curso que des habitualmente, y analiza de qué tipo son los trabajos prácticos que realizas:

- Experiencias.
- Ejercicios.
- Investigaciones para la resolución de problemas teóricos.
- Investigaciones para la resolución de problemas prácticos.

Intenta dar un porcentaje aproximado de la frecuencia con que se utiliza cada uno de ellos.

¿Cuál es tu opinión sobre el porcentaje que sería más adecuado?

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

APU (Assessment of Performance Unit) (1983-1985): *Science reports for teachers*. Association for Science Education (ASE). Herts.

Una colección de 11 informes sobre los resultados del proyecto inglés APU en relación a la forma en que los alumnos de once a quince años abordan y realizan los trabajos prácticos.

GIL, D. (1981): "Por unos trabajos prácticos realmente significativos". *Revista de Bachillerato*, 17 (suplemento número 7), p. 54.

Uno de los primeros alegatos en nuestro país en defensa de la renovación de los trabajos prácticos en el sentido de dotarlos de un enfoque investigativo.

GIL, D. (1982): "Los trabajos prácticos como pequeñas investigaciones", en *La investigación en el aula de Física y Química*. Anaya.

Contiene algunos ejemplos de trabajos prácticos desarrollados mediante programas-guía de actividades.

SOLOMON, J. (1980): *Teaching children in the laboratory*. Croom Helm London.

Un libro que abordó a principios de la década pasada el impacto de las investigaciones de Piaget, del método del descubrimiento dirigido y de la psicología de los constructos personales en la emergencia de un nuevo enfoque para los trabajos prácticos. La idea principal de la autora es la necesidad de que la imaginación de los alumnos, en relación a sus experiencias diarias, acompañe a las actividades realizadas en el laboratorio, si se quiere que éstas adquieran significado y sentido para ellos.

WOOLNOUGH, B., y ALLSOP, T. (1985): *Practical work in Science*. Cambridge University Press.

Un intento de clasificar los trabajos prácticos en relación a sus objetivos: experiencias (para familiarizarse con los fenómenos), ejercicios (para desarrollar actividades prácticas y técnicas) e investigaciones (para resolver problemas como hacen los científicos). Los autores proponen estrategias didácticas diferenciadas para lograr el aprendizaje de los procesos y habilidades (trabajos prácticos en el laboratorio) y para la comprensión de los contenidos conceptuales (discusión, ilustración y aplicación a problemas teóricos).

A pesar del interés de esta monografía, muchas de las tesis de sus autores han sido moderadas o revisadas en la publicación más reciente, *Practical Science*, de la que Woolnough es editor.

WOOLNOUGH, B. (1991): *Practical Science. The role and reality of practical work in school science*. Open University Press.

Una excelente colección de artículos sobre los trabajos prácticos que aborda temas como el papel de los trabajos prácticos, su naturaleza, su realidad en la escuela y su evaluación.

WOOLNOUGH, B. (1989): *Towards a holistic view of processes in Science Education (or the whole is greater than the sum of its parts, and different)*, en WELLINGTON, J.: *Skills and processes in Science Education. A critical analysis*. London. Routledge.

Una defensa del punto de vista holístico de la enseñanza de las Ciencias en relación a los procesos.

Los siguientes proyectos, que se comentan en el módulo de elaboración de Unidades Didácticas, contienen abundantes ejemplos de trabajos prácticos.

NUFFIELD (1974): *Ciencia Combinada, Guía del profesor*. Libros de actividades. Reverté.

NUFFIELD (1975): *Proyecto Nuffield para la Enseñanza Secundaria*. Tema 4: El empleo de la energía. Omega.

NUFFIELD (1975): *Proyecto Nuffield para la Enseñanza Secundaria*. Tema 5: Extensión de la percepción sensorial. Omega.

GRUPO RECERCA-FARADAY (1989): *Química Faraday*. Teide.

GRUPO RECERCA-FARADAY (1988): *Física Faraday*. Teide.

GRUPO SERVET (1986): *De la célula al hombre*. Alhambra.

IEPS1(970-75): *Ciencias E. G. B.* Somosaguas. IEPS.

IEPS (1980): *Proyecto C. I. B. (Ciencia Integrada para el Bachillerato)*. IEPS.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA (1980): *Trabajos prácticos de Química como pequeñas investigaciones*. ICE de la Universidad de Valencia.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA (1980): *Trabajos prácticos concebidos como pequeñas investigaciones (con numerosos ejemplos del campo de la Física)*. ICE de la Universidad de Valencia.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DEL SERVEI DE FORMACIÓ PERMANENT DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA (1989): *La construcción de las ciencias físico-químicas*. València: La Nau Llibres.

SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA AXARQUIA (1989): *Aprendizaje de la Física y Química*. Vélez-Málaga: Elzevir.

FÍSICA 12-16 AcAb (1987): Escuela Universitaria de E. G. B. de la Universidad de Santiago.

QUÍMICA 12-16 AcAb (1987): Escuela Universitaria de E. G. B. de la Universidad de Santiago.

En el módulo de elaboración de Unidades Didácticas se aportan referencias de proyectos extranjeros (no traducidos) más recientes.

Referencias bibliográficas

- ANDERSON, H. (1968): "The teaching in the laboratory", en H. ANDERSON (ed.): *Readings in Science Education*. New York: McMillan, p. 28.
- A.P.U. (Assessment Performance Unit) (1984): *Science report for teachers*, 2. London: ASE.
- BRYCE, T. G. K., et al. (1983): TAPS (*Techniques for the Assessment of practical skills in Foundation Science*). Heinemann.
- CHALMERS, A. F. (1982): *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* Siglo XXI.
- DRIVER, R., y MILLAR, R. (1987): "Beyond processes". *Studies in Science Education*, 14, p. 33.
- DRIVER, R.; GUESNE, E., y TIBERGHEN, A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. M. E. C. / Morata.
- GARCÍA-RODEJA, I., y LUCAS, A. (1990): "Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos". *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 1, p. 11.
- GENE, A. (1986): *Transformació dels treballs pràctics de Biologia. Una proposta teoricament fonamentada*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- GIL, D. (1982): "Los trabajos prácticos como pequeñas investigaciones", en *La investigación en el aula de Física y Química*. Anaya.
- GIL, D. (1986): "La metodología científica y la enseñanza de las Ciencias: unas relaciones controvertidas". *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 2, p. 111.
- GIORDAN, A., et al. (1988): *Conceptos de Biología*, 2 vols. Labor / M. E. C.
- GOTT, R., y FOULDS, K. (1988): "Structuring investigations in the Science curriculum". *Physics Education*, 23, 6, p. 347.
- GOTT, R.; WELFORD, G., y FOULDS, K. (1988): *Apwis: The assessment of practical work in Science*. Basil Blackwell.
- GRUPO RECERCA-FARADAY (1988): *Química Faraday*. Teide.
- GRUPO SERVET (1989): *El cos humà. Iniciació a l'anatomia i fisiologia humana*. Alhambra.
- HARRE, R. (1981): *Grandes experimentos científicos*. Labor.
- HODSON, D. (1990): "A critical look at practical work in School Science". *School Science Review*, 71, 256, p. 33.
- LOCK, R. (1990): "Open-ended problem solving investigations". *School Science Review*, 71, 256, p. 63.
- EDUCATION, 23, 2, p. 156.

-
- MILLAR, R. (1989): "What is scientific method and can it be taught?", en J. WELLINGTON (ed.): *Skills and processes in Science education. A critical analysis*. Routledge.
- MURPHY, P.: "Insights into pupils' responses to practical investigations from APU". *Physics Education*, 23, 6, p. 33.
- POLANYI, M. (1958): *Personal knowledge*. London: Routledge & Kegan Paul.
- ROWLANDS, D. (1987): *Problem-solving in Science and Technology*. Hutchinson.
- SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA del "Servei de Formació Permanent de la Universitat Autònoma de València", 1989. *La construcción de las Ciencias físico-químicas*. Valencia: Nau Llibres.
- SEMINARIO DE FÍSICA Y QUÍMICA DE LA AXARQUÍA (1989): *Aprendizaje de la Física y Química*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- SCREEN, P. (1986): *Warwick Science Project*. Southampton Ashford Press Publishing.
- SOLOMON, J. (1980): *Teaching children in the laboratory*. London: Croom Helm.
- YUS, R., et al. (1990): *Curso de Ciencias Naturales*. 1.º de B. U. P. Vélez-Málaga: Elzevir.
- WOOLNOUGH, B., y ALLSOP, T. (1985): *Practical work in Science*. Cambridge Educational.
- WOOLNOUGH, B. (1991): "Practical Science as a holistic activity", en B. WOOLNOUGH (ed.): *Practical Science*. Open University.

6

La resolución de problemas

Carmen Albaladejo Marcet
Aureli Caamaño Ros

La resolución de problemas es una actividad importante en nuestras vidas, un proceso que cualquiera de nosotros aborda a diferentes niveles de sofisticación cada vez que realiza una tarea o toma una decisión. Es un proceso que implica aprender, e incluso podría argumentarse que es la única manera efectiva de aprender, ya que supone una concepción dinámica del aprendizaje basada en la comprensión y en la acción. Por eso no es de extrañar que la resolución de problemas ocupe una posición central en el currículo de ciencias.

¿Qué es un problema?

Actividad 1

Intenta dar una definición de lo que es un problema en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Un problema es, en su acepción más simple, “una cuestión que se trata de resolver”. Se considera un problema toda situación que presenta dificultades para las cuales no hay soluciones evidentes. Otra definición equivalente

sería: “Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución, para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla.”

Algunos autores insisten en que la existencia de dificultades no es una característica intrínseca de un problema, pues depende también de los conocimientos y experiencia del resolvente. Esta idea de un “umbral de problematicidad”, diferente para cada persona, la consideramos especialmente importante para poder incluir dentro del concepto de problema la mayoría de las actividades que son propuestas con este nombre en el ámbito escolar a los estudiantes.

Actividad 2

En los trabajos de investigación sobre didáctica de la resolución de problemas generalmente se distingue entre problemas y ejercicio. ¿Podrías aclarar cuál es la diferencia entre estos términos?

Los problemas que se proponen normalmente a los estudiantes no son verdaderos problemas, al menos para el profesor. El profesor conoce la solución y la estrategia para resolverlos. El alumno puede desconocer ambos, o por el contrario, identificar el problema como un problema similar ya resuelto. En tal caso sería más apropiado hablar de *ejercicios* que de problemas. Aún así, ello no significa que su resolución no pueda presentar dificultad para los estudiantes, y que no sea conveniente investigar modos de facilitar al estudiante la comprensión de la situación a resolver y el uso de estrategias de resolución en este tipo de problemas.

Los verdaderos problemas responden a:

- La necesidad intelectual de explicar un fenómeno.
- La necesidad práctica de diseñar un nuevo procedimiento, una técnica más eficaz o un nuevo dispositivo.
- La necesidad de hallar el valor de una magnitud mediante la aplicación de conocimientos y procedimientos conocidos.
- La necesidad de decidir racionalmente entre diferentes opciones en una cuestión que afecta a un individuo o a una comunidad.

¿Por qué utilizar actividades de resolución de problemas?

Actividad 3

Mediante discusión en pequeño grupo tratar de hacer una lista de las finalidades que tienen las actividades de resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias.

En el ámbito escolar el planteamiento y la resolución de problemas puede tener como objetivo:

- Dar ocasión para el aprendizaje y la aplicación de conceptos.
- Permitir el aprendizaje de determinadas técnicas, destrezas y algoritmos básicos.
- Dar oportunidad para aprender y practicar la metodología científica.
- Desarrollar actitudes de trabajo en equipo.
- Adquirir experiencia en el diseño de dispositivos tecnológicos.
- Practicar la toma de decisiones sobre problemas simulados, individuales o sociales, cuya solución requiera tener en cuenta, entre otros, argumentos científicos.

Estas finalidades podríamos agruparlas, siguiendo a Nott (1988), en tres tipos de argumentos a favor de la realización de actividades de resolución de problemas:

1. Los argumentos pedagógicos

Se considera que es un método efectivo de aprendizaje por favorecer la participación activa de los alumnos (el aprendizaje se produce mejor en la acción), porque permite partir de conocimientos y experiencias próximas a los alumnos (el aprendizaje debe partir de lo familiar antes de desplazarse a áreas no familiares), y porque permite que los alumnos indaguen cosas, aprendan procedimientos y procesos y se cuestionen sus propias ideas, siempre que los problemas propuestos sean relevantes y tengan en cuenta sus intereses (una mayor motivación favorece el aprendizaje).

2. Los argumentos científicos

Estos argumentos se basan en el hecho de que la resolución de problemas es un proceso importante en la actividad de los científicos, y que, por tanto, si los estudiantes deben comprender la ciencia y tener una perspectiva científica, deben tener experiencia en la resolución de problemas. Este método de trabajo se considera que da también a los estudiantes la oportunidad de aprender actitudes esenciales en toda actividad científica, como la curiosidad, la perseverancia y el entusiasmo.

En este contexto, la diferenciación de las actividades de la ciencia en procesos de creación (emisión de hipótesis, elaboración de conceptos, teorías, nuevos procedimientos, etc.), de contrastación experimental de la hipótesis y de aplicación de los conocimientos establecidos a problemas rutinarios nos permite dar consideración de problemas tanto a aquellos que podemos denominar verdaderos problemas, que implicarían los dos primeros tipos de procesos científicos, como a los problemas tipo-ejercicio, que corresponderían al tercer tipo de proceso.

El desarrollo de conceptos y de teorías científicas, así como de nuevos procedimientos, puede verse como una actividad de resolución de problemas (Laudan, 1986). Por ejemplo, los problemas encontrados para explicar el movimiento irregular de los planetas estimularon el desarrollo del sistema planetario heliocéntrico. La resolución de problemas en este contexto es una actividad altamente creativa, centrada fundamentalmente en la emisión de hipótesis.

Pero gran parte de los problemas no implican la creación de nuevas teorías o procedimientos, sino que son resueltos por aplicación de las teorías y los procedimientos ya puestos en uso. Éste sería el contexto de la ciencia normal (Khun, 1975). La resolución de problemas por medios ya establecidos correspondería al tipo de actividades que hemos denominado ejercicios, y constituyen otra actividad importante en el currículo de ciencias.

3. Los argumentos sociales

Estos argumentos se basan en la idea de que la resolución de problemas es un proceso que las personas necesitan en el trabajo, y apelan a la necesidad de disponer de trabajadores bien entrenados científica y técnicamente, creativos e innovadores en la búsqueda de soluciones.

Desde este punto de vista la ciencia debería estructurarse de modo que fuera aprendida a partir de problemas relevantes considerados de forma tecnológica y social.

Uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias, compartido con la enseñanza de la tecnología, sería desarrollar una conciencia y una competencia tecnológicas que permitiera a los alumnos ser capaces de resolver problemas en el aula o en el laboratorio escolar, y transferir las técnicas y estrategias aprendidas a los problemas de la vida real.

En la primera relación de objetivos aportada es fácil apreciar los diferentes contextos de la enseñanza de las ciencias: el de la ciencia pura (conceptos y procedimientos) y el de la ciencia en relación a la tecnología y a la sociedad.

La enseñanza tradicional de las ciencias usa la resolución de problemas básicamente en el contexto de la ciencia pura, y especialmente con el objetivo de adquirir un dominio de las estrategias (técnicas, modelizaciones, métodos de cálculo, etc.) que se consideran importantes en la perspectiva de cada disciplina científica.

El diseño de dispositivos tecnológicos y la toma de decisiones sobre problemas reales individuales y sociales constituyen otro tipo de problemas que no serán abordados en este apartado, a pesar de su indudable importancia. En el módulo de Elaboración de Unidades Didácticas se dan, sin embargo, ejemplos de actividades relacionadas con la orientación ciencia-tecnología-sociedad que pueden servir de ilustración.

Tipos de problemas

Los problemas pueden clasificarse en:

- Problemas abiertos y problemas cerrados.
- Problemas verdaderos y problemas-ejercicios.
- Problemas que requieren trabajo experimental y problemas de papel y lápiz.
- Problemas que pretenden el aprendizaje de conceptos y procedimientos y problemas que pretenden aplicar estos conocimientos.

Actividad 4

Indica un ejemplo de cada uno de estos problemas.

Problemas abiertos y problemas cerrados

Muchas veces se distingue entre problemas cerrados y problemas abiertos.

Los *problemas cerrados* son aquellos en los que sólo hay una solución correcta, y frecuentemente una única manera de resolverlos. Muchos ejemplos de los problemas que se encuentran en los libros de texto convencionales o en los ejercicios de examen son de este tipo. Son lo que se conoce como problemas en el sentido tradicional del término.

Los *problemas abiertos* tienen una variedad de soluciones aceptables: o bien no existe una solución definida y debe optarse por una solución de compromiso, o en un caso extremo, no tienen ninguna solución. Muchos de los problemas que caen en la interfase ciencia-tecnología y sociedad son de este tipo.

Podemos representar los diferentes tipos de problemas en un espectro continuo cuyos extremos sean los problemas totalmente abiertos y los totalmente cerrados.

Problemas abiertos _____ Problemas cerrados

Problemas verdaderos y problemas-ejercicio

Ya hemos hablado en el apartado anterior de la diferencia entre los problemas verdaderos y los problemas-ejercicio, en los cuales las estrategias para su resolución son conocidas para aquel que ha de resolverlo. Garrett (1988) ha denominado "puzzle" a estos últimos problemas.

La mayoría de las veces los problemas reales son problemas abiertos y los problemas-ejercicio son problemas cerrados.

Problemas que requieren trabajo experimental y problemas de papel y lápiz

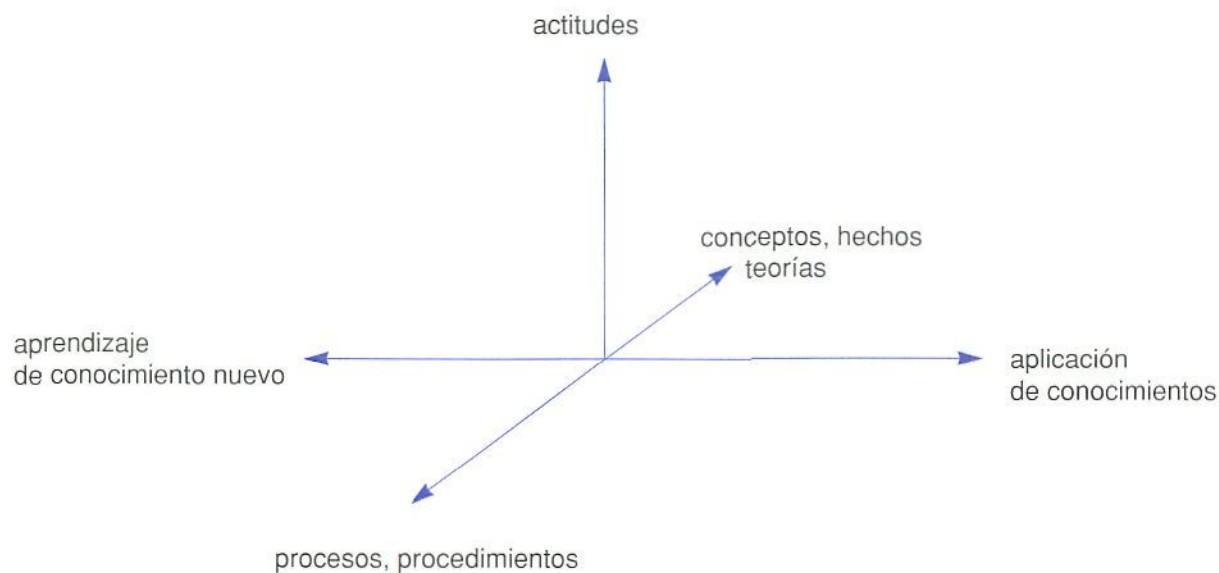
A menudo la resolución de problemas requiere un trabajo experimental. Cuando ello ocurre es una actividad que ya hemos caracterizado como trabajo práctico, del tipo ejercicio o del tipo investigación práctica.

En otros casos los problemas pueden ser abordados mediante papel y lápiz. Muchos de los problemas que se proponen en los libros de texto son de este tipo.

Problemas que pretenden el aprendizaje de conceptos y procedimientos, y problemas que pretenden aplicar estos conocimientos

Ésta es una clasificación en función de nuestros propósitos educativos. La utilización didáctica de los problemas muestra un paralelismo con el papel que los problemas juegan en el desarrollo de la ciencia, en los períodos de ciencia creativa (problemas cuya resolución requiere la elaboración de nuevos modelos de teorías) y de ciencia normal (problemas que pueden resolverse aplicando los conceptos y los procedimientos del paradigma vigente).

El propósito con que usamos la resolución de problemas y el tipo de conocimiento que pretendemos aprender o aplicar nos permiten caracterizar los problemas en un diagrama como el siguiente, en el que se ha añadido un tercer eje para representar los objetivos de tipo actitudinal:



La enseñanza de la resolución de problemas

La forma tradicional de resolver problemas

Actividad 5

Haz una descripción de la forma de enseñar a resolver problemas que se utiliza habitualmente en las clases de ciencias, en la que refleje lo que hace el profesor y lo que se pide al alumno.

La forma tradicional de enseñar a resolver problemas consiste en mostrar el camino de resolución y practicar con otros casos similares hasta que resulten familiares a los estudiantes. Dicho en otras palabras, se trata de *convertir los problemas en ejercicios*.

Oñorbe (1989) aporta el siguiente esquema que sintetiza la enseñanza tradicional de los problemas-ejercicios:

El profesor:

- Presenta un ejercicio, del cual conoce perfectamente la estrategia de resolución.
- Explica un método para resolverlo.
- Propone nuevos ejercicios (con algunas variaciones respecto del original).
- Controla el aprendizaje mediante una evaluación en la que propone ejercicios semejantes.

El alumno:

- Se encuentra frente a un problema, del que no conoce la estrategia o algoritmo de solución.
- Comprende o memoriza el algoritmo que le presenta el profesor.
- Frente a nuevos ejercicios, reconoce el problema como uno ya resuelto, y lo transforma en un ejercicio.
- *Se entrena en el algoritmo.*
- Es evaluado.

En este esquema la tarea del profesor queda reducida a enseñar al alumno a identificar o reconocer problemas, transformarlos en ejercicios y facilitarle la asimilación de los algoritmos de resolución.

Las críticas a la forma tradicional de resolver problemas

Actividad 6

Mediante una discusión en pequeño grupo sugiere los aspectos positivos y negativos de la forma habitual de enseñar a resolver problemas por parte de los profesores y de los libros de texto.

Analiza cuál crees que es la repercusión que tiene esta forma de enseñar en la actuación de los alumnos frente a los problemas.

1. La enseñanza de resolución de problemas no puede limitarse a enseñar cómo conseguir una respuesta adecuada por un camino rutinario para casos concretos. Hemos de enseñar estrategias que sean útiles cuando los alumnos se enfrenten a tareas que no les sean familiares. No debe olvidarse que “resolver problemas es lo que se hace cuando no se sabe lo que hacer”.

Nuestra crítica a este enfoque en la resolución de los problemas no implica que no creamos importante la resolución de problemas-ejercicios. Como apunta Oñorbe (1989), la resolución de ejercicios permite el dominio de las técnicas que constituyen la base para la resolución de problemas más complejos, cuya resolución chocaría con dificultades insalvables sin ese entrenamiento previo y la algoritmización de tareas más sencillas. Es su didáctica tradicional, en la que el profesor explica cómo resolver problemas tipo, sin dar ocasión a que los alumnos se los planteen, ni que intenten desarrollar sus propias estrategias de resolución, la que consideramos una didáctica inadecuada.

2. Otra crítica fundamental a la enseñanza tradicional de los problemas es la ausencia de verdaderos problemas, tanto en su naturaleza como en la forma de abordarlos, con lo que se prescinde de un tipo de actividad esencial para favorecer el cambio conceptual y el aprendizaje de la metodología científica.

La resolución de verdaderos problemas requiere abordarlos como actividades de investigación, con un enfoque análogo al descrito anteriormente para las investigaciones prácticas. Las investigaciones prácticas no son más que problemas cuya resolución requiere el trabajo experimental como medio de contrastación de la hipótesis.

El proyecto APU (1984) se ha enfrentado a la tarea de evaluar el proceso de resolver problemas en el contexto de trabajo experimental. Para ello ha definido la resolución de problemas como un proceso que tiene lugar a través de una serie de etapas:

- 1a. Generación del problema y percepción de su significado.
- 1b. Reformulación en una forma adecuada para ser investigado.
2. Planificación detallada del trabajo experimental.
3. Realización del experimento.
4. Tratamiento de los resultados en una forma apropiada.
5. Interpretación de los resultados y elaboración de conclusiones.
6. Evaluación.

Los problemas de papel y lápiz son, sin embargo, situaciones que se abordan disponiendo de un *corpus* de conocimientos suficientemente elaborado como para permitir su resolución sin que haya necesidad de nuevas verificaciones experimentales.

En la resolución de problemas de papel y lápiz, de tipo investigativo, las etapas 1a, 1b, 5 y 6 continúan siendo válidas; sin embargo, el diseño experimental y la realización del experimento (etapas 2, 3 y 4) vienen ahora sustituidos por la búsqueda de las estrategias de resolución adecuadas, en el cuerpo de conocimientos teóricos en el que se enmarca el problema.

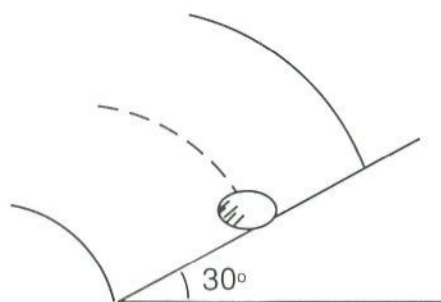
3. Una última consideración crítica sería la falta de implicación de los estudiantes en los problemas que se les proponen. Para que los estudiantes se sientan activamente implicados en la resolución de los problemas es preciso que los problemas sean relevantes para los alumnos, es decir, que sean problemas que ellos vean que vale la pena resolver.

La investigación sobre la resolución de problemas

Actividad 7

Resuelve individualmente alguno de los siguientes ejercicios:

1. Un móvil describe una curva de radio R , con peralte y sin rozamiento, con rapidez constante (movimiento circular uniforme), como se indica en la figura adjunta.



masa = 10 kg.

ángulo de peralte = 30°

$\text{sen } 30^\circ = 0,5$

$\text{cos } 30^\circ = 0,87$

- Completar el esquema dibujando las fuerzas que actúan sobre el móvil y su resultante.
 - Calcular el valor de la fuerza normal que ejerce el plano sobre el cuerpo.
2. 3,00 g de pentacloruro de fósforo (vapor) se calientan en un recipiente cerrado de $1,00 \text{ dm}^3$ a 300° C . El grado de disociación, de acuerdo con la ecuación,



es de 0,300. Calcula la densidad de la mezcla en equilibrio.

Revisa los resultados que has obtenido con los demás compañeros del grupo.

¿A qué crees que se deben unos resultados erróneos en problemas como los anteriores?

Elabora un conjunto de recomendaciones que creas conveniente para mejorar el éxito de los alumnos en la resolución de problemas como los propuestos.

Se han hecho muchas investigaciones en torno a la resolución de problemas, y se han dedicado incluso simposios monográficos al tema (Royal Society of Chemistry, 1985). La literatura muestra básicamente dos orientaciones teóricas: la asociada a la observación de cómo los resuelven los expertos en relación a los novatos (Larkin y Reif, 1979), y la que podríamos denominar "orientación algorítmica" (Mettes, *et al.* 1980), que pretende facilitar la resolución de los problemas transformándolos en situaciones estándar que puedan resolverse mediante "operaciones rutinarias".

A continuación mostramos algunos de los resultados obtenidos por la primera orientación, sobre las características de los buenos resolventes de problemas frente a los resolventes mediocres.

Características de los buenos resolventes de problemas y de los mediocres

Buenos resolventes

1. Creen que pueden resolver cualquier problema si trabajan el tiempo suficiente.
2. Son persistentes. Trabajan mucho tiempo antes de abandonar.
3. Leen el problema cuidadosamente, a menudo más de una vez antes de intentar resolverlo. Quieren estar seguros de que saben lo que pide el problema antes de empezar.
4. Descomponen los problemas en varias etapas y los van resolviendo paso a paso. Si no saben cómo resolver un paso, inmediatamente intentan encontrar nuevas relaciones que les conduzcan a la solución.
5. Organizan su trabajo de tal modo que puedan volver a cualquier punto anterior y seguir paso a paso lo realizado.
6. Siempre revisan lo que han hecho, tanto al final como en los pasos intermedios.
7. Utilizan representaciones mentales. Algunas veces realizan sencillos dibujos que les pueden servir de ayuda. Toman anotaciones que traducen lo que han leído a palabras más sencillas o símbolos. Si no pueden resolver el problema lo intentan con otro que esté relacionado con el que se plantea, pero que sea más sencillo; por ejemplo:
 - Sustituyendo grandes cantidades por cantidades más pequeñas.
 - Sustituyendo todos los números por variables.
 - Restringiendo las condiciones que se dan en el problema.

Pueden intentar varias estrategias para resolver el problema.

Resolventes mediocres

1. No creen que sean capaces de resolver un problema no conocido. Lo saben o no lo saben.
2. Son impacientes. Si no ven rápidamente la respuesta, abandonan.
3. No ponen cuidado en la lectura de los enunciados, a menudo confunden lo que está escrito, comenzando a resolver el problema sin saber exactamente lo que pide.

4. No extraen consecuencias ni conclusión alguna de las resoluciones.
5. Organizan muy poco o nada su trabajo, siendo incapaces, después de finalizar el problema, de recorrer mentalmente la secuencia seguida.
6. Rara vez revisan los resultados.
7. Sólo intentan una estrategia de resolución. Lo más usual es que intenten recordar una fórmula, y si son incapaces de acordarse, abandonan.

Gil *et al.* (1988) valoran de estas investigaciones el mérito de interesarse por la fundamentación teórica de la resolución de los problemas, pero les critican el haber aceptado acríticamente lo que la enseñanza habitual designa como “resolución de problemas”, dentro de un modelo implícito de enseñanza/aprendizaje como simple transmisión/recepción de conocimientos, lejos de los desarrollos recientes del modelo constructivista, y proponen como alternativa el uso de la resolución de problemas como un instrumento de cambio conceptual y metodológico (Gil y Martínez Torregosa, 1983-1988).

La visión constructivista del aprendizaje de las ciencias supone que los alumnos construyen modelos personales para explicar sus experiencias, y la resolución de problemas es una ocasión excelente para contrastar estos constructos personales y, en consecuencia, permitir su revisión. Desde esta perspectiva, la resolución de problemas debe usarse en la enseñanza de las ciencias como una forma de construir conocimientos y familiarizarse con la metodología científica.

Estas consideraciones son igualmente válidas para los problemas que requieren trabajo experimental como para los que no lo necesitan. Ahora bien, puesto que el tipo de problemas que supone realizar una investigación con trabajo experimental ya ha sido abordado en el apartado anterior, nos referiremos a partir de ahora exclusivamente a los problemas de papel y lápiz.

Los problemas de papel y lápiz

Abordaremos en primer lugar una serie de propuestas (Herron *et al.*, 1987; Sevalratnam, 1983, 1990; Recerca-Faraday, 1988; Moore *et al.*, 1981; Caamaño *et al.*, 1984, 1990) que se enmarcan en lo que podríamos llamar didáctica de los **problemas-ejercicio**, de tipo numérico.

A continuación, expondremos modelos que proponen una visión de los problemas de papel y lápiz como actividades de investigación (**problemas de tipo investigativo**) caracterizadas por el papel relevante asignado a la construcción de hipótesis en la resolución de los problemas (Gil y Martínez Torregosa, 1987), o bien encaminadas a la resolución de problemas de tipo práctico (Garrett, 1988).

Todos estos modelos incorporan abundantes aportaciones de las investigaciones y estudios realizados sobre la resolución de problemas, y en este sentido presentan muchos puntos de coincidencia, como, por ejemplo, la importancia dada a la comprensión cualitativa del problema, al diseño de estrategias por los propios alumnos, a la evaluación de los resultados y al trabajo en equipo.

Los problemas-ejercicios

El modelo de Herron *et al.*

El modelo de Herron *et al.* (1987) está basado fundamentalmente en los resultados de las investigaciones encaminadas a caracterizar el comportamiento de los buenos resolventes de problemas frente al de los resolventes mediocres, que acabamos de describir.

Etapas del modelo

1. Comprensión del problema.
Representación del problema (dibujos, uso de modelos).
Reformulación.
Selección de la información relevante.
Identificación de la información irrelevante.
Solicitar o buscar la información necesaria.
2. Estrategia de resolución.
Hacer conjeturas y ensayarlas para simplificar el problema.
Resolver problemas más sencillos.
3. Resolución.
Elaborar una memoria externa, una especie de guía de los pasos a seguir en la resolución.
Indicar siempre las unidades.
4. Consolidación de las estrategias de resolución.
Resolver problemas similares en parejas, en las que uno hace de resolvente y el otro de observador, cambiando luego los roles.
5. Análisis de la solución y verificación de las estrategias.
No comprobar inmediatamente la solución acudiendo al libro o al profesor.
Estimar los órdenes de magnitud.
Comparar los resultados con los de otros compañeros.
Trabajar el problema por métodos diferentes y comparar los resultados.
Si la solución no es satisfactoria:
 - Releer el enunciado.
 - Repetir los cálculos.
 - Utilizar un método de resolución diferente.

Resumimos a continuación las consideraciones y recomendaciones para la resolución de problemas-ejercicios que dan Herron *et al.*, a la vez que aportamos las de otros autores.

La importancia de la actitud

Tanto la actitud del alumno como la del profesor tienen influencia en el éxito de la resolución de problemas.

Conviene hacer ver al alumno que lo que intentamos enseñar es resolver problemas y no hacer ejercicios. Por tanto, debe empezarse animando a los alumnos en la búsqueda de estrategias para solucionar el problema.

Debe pensarse que los estudiantes son capaces de resolver los problemas. Algunos profesores creen que las personas son brillantes o torpes de nacimiento. Existen evidencias de lo contrario. Pero debe dejarse un tiempo suficiente.

En investigaciones relacionadas con el tiempo de respuesta de los individuos ante una tarea se ha observado que cuando los profesores eran entrenados para que sistemáticamente concedieran mayor tiempo de respuesta, todos los estudiantes daban respuestas más apropiadas, más fundamentadas y de mayor extensión.

Es importante que los estudiantes piensen que el tiempo empleado en resolver un problema merece la pena. Si perciben que su trabajo sólo sirve para llenar el tiempo de forma rutinaria, es muy probable que no se impliquen mentalmente en la resolución de los problemas.

Cuanto más real sea el problema planteado, tanto mejor.

Estrategias para ayudar a la comprensión del problema

Los malos resolventes de problemas comienzan inmediatamente las operaciones antes de comprender el enunciado. Esta manera de abordar los problemas a partir de los datos numéricos y no de un planteamiento global cualitativo de la tarea a realizar es una experiencia que hemos vivido con nuestros alumnos todos los profesores de ciencias. Es una tendencia que probablemente viene propiciada por la práctica habitual de presentar el problema e inmediatamente mostrar la solución correcta. A continuación se sugieren distintas estrategias para contrarrestar dicha tendencia

1. Empezar a trabajar distribuyendo a los estudiantes en pequeños grupos para que interpreten el problema. Después de que cada grupo haya discutido el problema se pasa a una puesta en común. El profesor interviene preguntando a los alumnos cómo han interpretado el enunciado.
2. Al enfrentarlos a un problema debemos animar a los estudiantes a imaginar cómo ven en la realidad (en el laboratorio o en la vida corriente) el sistema descrito (una reacción química, un móvil, etc.). El enunciado debe ser trasladado a una representación gráfica utilizando diagramas, dibujos o modelos.

En estas representaciones debemos designar con símbolos la variable o variables desconocidas, así como las conocidas.

3. No es necesario insistir en una total comprensión del problema antes de intercambiar ideas sobre él. A menudo una total comprensión sólo se da después de haber “jugado” con las ideas algún tiempo.
4. En resumen, debe ayudarse a los alumnos a reformular el problema de modo que sea más fácilmente abordable.

Actividad 8

Hacer una representación pictórica del problema siguiente:

Calcular la fracción molar del benceno en fase vapor en equilibrio con una disolución equimolar de benceno y tolueno a 298 K.

Por nuestra parte, creemos que es conveniente que los símbolos que utilicen los alumnos para designar las magnitudes correspondan a los usados habitualmente para designar estas magnitudes, evitando así el uso indiscriminado de una x para representar cualquier cantidad desconocida, práctica habitual en matemáticas, pero que no es apropiada en ciencias.

Diversos autores (Caamaño, 1981, 1983; Llorens *et al.*, 1987) han expresado la importancia de utilizar una nomenclatura y una simbología actualizada y clara para designar las magnitudes físicas, químicas o biológicas, como una forma de facilitar la conceptualización y la identificación de las magnitudes.

Actividad 9

Indica si son correctas o no las siguientes expresiones. Justifica tu respuesta.

$$d = 3,0$$

$$m = 20,3 \text{ kg}$$

$$t = 3 \text{ seg}$$

$$T = 290 \text{ }^\circ\text{K}$$

p (Pa) en el encabezamiento de una tabla o en el eje de un gráfico

$$p V = R T$$

Actividad 10

Muchos libros de Química no diferencian claramente las magnitudes siguientes: la masa de una molécula, la masa molecular relativa y la masa molar. Expresa el significado de cada una de ellas, el símbolo que utilizas habitualmente para designarlas y las unidades en las que se miden.

La resolución del problema. ¿Cómo abordarlo?

1. Debe animarse a los alumnos a hacer distintas conjeturas y ensayarlas para simplificar el problema.
2. Se les puede proponer también un problema más sencillo, que dé pistas de cómo abordar el propuesto.

La ayuda que puede precisar cada grupo será probablemente diferente. Por ello es mejor dar pistas a cada grupo en particular, y no a toda la clase en conjunto, excepto que se observe que hay una dificultad muy generalizada, y se opte por clarificar determinado aspecto del problema a toda la clase.

El trabajo en grupo de los alumnos permite al profesor poder apreciar qué dificultades se presentan en cada grupo, y prestar ayuda en consonancia. En este sentido conviene “entrenarse” para evitar la tendencia usual de proporcionar la estrategia de resolución en su totalidad.

¿Cómo proceder en los cálculos y evitar errores por descuido?

Todos tenemos descuidos que nos hacen cometer errores. Los profesores aconsejamos a nuestros alumnos que lean el problema detenidamente, que estructuren lo que van a hacer y que repasen su trabajo. Lo cierto es que estas exhortaciones tienen generalmente muy poco efecto. A continuación se dan algunas estrategias que pueden permitir mejorar este aspecto.

1. La mayor parte de los problemas requieren más información de la que podemos mantener en nuestra memoria. Los estudiantes deben ser conscientes de las limitaciones de la memoria a corto plazo y de la conveniencia de utilizar una memoria externa que les proporcione la información que van a ir necesitando. Un ejemplo de memoria externa es la lista que elaboramos cuando vamos al mercado. Los buenos resolventes hacen uso de una memoria externa; por ejemplo, elaborando un plan general con los procedimientos que van a seguir en los distintos apartados del problema, y recogiendo en cada uno de ellos las ecuaciones y los datos que puedan necesitar, de acuerdo con el planteamiento que han establecido.
2. El manejo correcto de las unidades a lo largo del problema tiene también un efecto beneficioso. Los profesores sabemos que la unidad transmite información acerca del significado del número. Muchos estudiantes, en cambio, omiten las unidades, porque no saben lo que significan; las expresiones m/s^2 , o N/m^2 , etc., no tienen ningún significado para ellos. Hasta que no lo comprendan es difícil que concedan alguna importancia a la inclusión de las unidades en las expresiones que utilizan.

El manejo y cancelación de las unidades permite apercibirnos de si las unidades con las que sustituimos el valor de una constante son las adecuadas, y comprobar si la cantidad obtenida tiene las unidades esperadas, y de este modo detectar posibles errores en la utilización de las fórmulas.

Sin embargo, el uso de los factores de conversión como método de cálculo no nos parece una buena estrategia de resolución. Los estudiantes utilizan los factores de conversión como un algoritmo consistente en disponer los factores de las operaciones de modo que las unidades de las cantidades se cancelen como resultado de las operaciones, y así obtener la respuesta correcta. Esta forma de proceder es totalmente mecánica, y no permite razonar o pensar sobre cada una de las etapas de resolución del problema.

El análisis del resultado: estrategias de verificación

Ésta es una etapa importantísima de la resolución de un problema, y que no siempre realizan los alumnos.

1. Conviene, una vez los alumnos han dado la respuesta al problema, no exponer la nuestra, o la del texto, hasta que hayan usado otros medios para verificar si el resultado es razonable y correcto. Debe hacerse hincapié en que no hay nadie infalible. El consultar a expertos como el profesor o los autores de los libros de problemas es útil, pero se pueden equivocar. Es muy importante que los estudiantes desarrollen sus propias estrategias de verificación.
2. Se debe apreciar el orden de magnitud de los resultados y estimar si son resultados posibles de acuerdo con el orden de magnitud de los datos, y con los valores de magnitudes semejantes conocidas.

En este sentido creemos que es muy importante que los alumnos tengan idea del valor de las unidades que utilizan, en relación a experiencias propias. Por ejemplo, la fuerza de 1 N es aproximadamente la del peso de una manzana, la presión de 10^5 Pa es aproximadamente la que produce el peso de una columna de 75 cm de Hg, etc. Un átomo de oxígeno, dado su tamaño, es evidente que no puede tener una masa de 16 g.

3. Se debe revisar la validez de las aproximaciones realizadas, a la vista del valor del orden de magnitud del resultado obtenido.
4. Los estudiantes deben comparar sus resultados con los de otros compañeros. Ellos utilizan espontáneamente esta estrategia, aunque el profesor no se la explicite. A mayor número de coincidencias en el resultado, es de esperar una mayor seguridad en la validez del mismo. Cuando hay resultados discrepantes de la mayoría, es conveniente dar tiempo a los estudiantes cuyo resultado discrepa para que puedan comparar con otros estudiantes los procedimientos que han utilizado y los cálculos que han realizado. Puede también pedirse al alumno que exponga en la pizarra el procedimiento que ha seguido, y hacer un análisis crítico.
5. Si se trata de la determinación de propiedades, debe animarse a los alumnos a contrastar sus resultados con datos conocidos (en tablas de datos, gráficos, etc.). Para ello debe disponerse en el aula de suficientes libros de datos.

¿Qué hacer si el resultado se valora incorrecto?

1. Releer el enunciado. Muchas investigaciones muestran que los resolventes mediocres leen sólo una vez el problema, mientras que los expertos suelen leerlo varias veces.
2. Reconsiderar la estrategia seguida. Si no se está seguro de que sea la adecuada, puede intentar resolverse el problema mediante un procedimiento alternativo.
3. Si la estrategia se considera adecuada, repetir los cálculos. Aunque no es una buena estrategia de verificación, porque es probable que se repitan los mismos errores lógicos cometidos la primera vez, es mejor que nada.

Cuando el resultado tiene un orden de magnitud en absoluto aceptable deben revisarse los cálculos intermedios, atendiendo únicamente a su orden de magnitud, sin necesidad de volver a realizar las operaciones.

¿Cómo consolidar las estrategias de resolución?

Después de que los estudiantes hayan debatido sobre un nuevo tipo de problema y tengan una idea general de cómo proceder para su resolución, conviene que resuelvan problemas similares. En esta etapa puede ser conveniente colocar a los estudiantes por parejas, y mientras uno actúa de resolvente, que el otro observe y compruebe lo que hace el compañero. En el problema siguiente se intercambian los papeles.

El modelo de Selveratnam

Selveratnam (1983, 1990) enfoca la resolución de problemas como la derivación de nuevas piezas de información a partir de piezas de información conocidas (los datos). Para esta derivación es preciso hacer uso de nuestro conocimiento, lo que implica leyes, principios, reglas y conceptos. Estas leyes y principios permiten relacionar la información proporcionada con la información necesitada. Y para hacer esto necesitamos seguir una determinada estrategia.

Esta perspectiva sitúa las propuestas de Selveratnam en el campo de la resolución de problemas-ejercicios, es decir, en el campo de los problemas cuya solución se espera obtener por la aplicación de conocimientos que ya se poseen. Pero, a pesar de centrar el proceso de resolución en cómo pasar de los datos a la solución, alude claramente al error que suponer el partir de los datos como estrategia para resolver un problema.

Según Selveratnam, para ser capaces de resolver un problema es preciso:

- Comprender y ser capaces de recordar el conocimiento necesario (contenido conceptual).
- Tener las habilidades lógicas necesarias para llegar a la solución aplicando este conocimiento (proceso).

De acuerdo con este doble requisito las dificultades pueden estar asociadas al contenido conceptual o al proceso (estrategias).

Dificultades asociadas al contenido conceptual

Estas dificultades no provienen únicamente de la falta de conocimiento. El uso de este conocimiento con éxito está asociado a saber seleccionar la información precisa. Y esto parece estar relacionado con cómo está estructurado el conocimiento en nuestra memoria, es decir, con el tipo de relaciones que hemos establecido entre los conceptos.

Dificultades asociadas al proceso

La no identificación de toda la información significativa en el enunciado. Muchas veces la información no está del todo explícita; está “escondida” en palabras o afirmaciones. Por ejemplo, cuando se dice que se dispone de una disolución “equimolar”, o se habla del punto de ebullición “normal”.

La no definición del problema antes de comenzar a resolverlo, focalizándose en la manipulación de los datos, es una de las dificultades más importantes; dificultad ya apuntada anteriormente.

A continuación resumimos algunas de las propuestas y recomendaciones que hace Selvaratnam, y su modelo para la resolución de problemas-ejercicios de tipo numérico, en el que se parte de la magnitud física o química que se busca, en lugar de partir de los datos.

¿Cómo almacenar la información?

La habilidad para seleccionar y recordar la información apropiada puede ser mejorada si únicamente guardamos en nuestra memoria:

- los hechos y leyes que son fundamentales,
- y lo hacemos en la forma más precisa y sistemática posible.

¿Memorizar sentencias o ecuaciones?

La información es a veces memorizada en forma de sentencias (por ejemplo, cuando recordamos que la concentración es “el número de moles por litro”) o mediante ecuaciones (como cuando recordamos que la densidad es $d = m/V$). Más raramente en forma de gráficos.

Selvaratnam defiende que las ecuaciones ofrecen una forma más económica y precisa de recordar la información. Por otro lado, apunta que la utilización o no de las ecuaciones guarda relación con la forma en que tradicionalmente se aborda la resolución de determinados problemas.

Ciertamente es curioso que problemas similares son solucionados en el ámbito de la física recurriendo a ecuaciones, y en el contexto de la química mediante sentencias. Si comparamos el cálculo de la densidad (en Física) con el de la concentración (en Química), observamos que mientras la densidad es obtenida normalmente por aplicación de la ecuación $d = m/V$, la ecuación $c = n/V$ no es usada normalmente en Química para hallar la concentración. El extendido uso de los factores de conversión no es ajeno a este hecho.

Como consecuencia de esta falta de uso de las ecuaciones en Química, los resultados se expresan muchas veces sin asociarles el símbolo de la magnitud correspondiente. Se dice que la concentración es de 3,0 mol/l, pero se escribe menos frecuentemente, $c = 3,0$ mol/l.

Memorizar únicamente las ecuaciones fundamentales

Es absurdo memorizar toda una serie de ecuaciones para casos particulares que pueden deducirse de una ecuación más general; por ejemplo, memorizar todas las ecuaciones de los gases, o las dos ecuaciones “desplazamiento-tiempo” del movimiento uniformemente acelerado con y sin velocidad inicial.

Del mismo modo, no tiene sentido memorizar ecuaciones específicamente preparadas para determinados datos de partida; por ejemplo, $m = M Q/z F$, para hallar la masa de un elemento depositada en una electrólisis, o $d = pM/RT$ para hallar la densidad de un gas ideal. Desgraciadamente, muchos libros de texto predisponen a esta forma de resolución.

No debe confundirse esta advertencia con negar validez a la estrategia apropiada de deducir, por ejemplo, la ecuación $d = pM/RT$ a partir de la ecuación general de los gases $pV = nRT$ y la ecuación $n = m/M$, antes de sustituir los datos conocidos. Es de su memorización de lo que estamos en contra, no de su utilización, previa deducción de la ecuación general.

Etapas del modelo

1. Identificación de la información y representación del problema:

- a) Identificar toda la información dada en el enunciado, así como las condiciones límites.
- b) Dar un símbolo explícito a cada variable o constante.
- c) Organizar toda la información de forma sistemática (pictórica, gráfica, a través de tablas) para obtener una visión global del problema.

Es más fácil pensar y darse cuenta de la situación en su conjunto, mirando el dibujo, que no las palabras del enunciado del problema.

2. ¿Cómo empezar?

- a) Seleccionar la ecuación más apropiada que relacione la magnitud incógnita con uno o varios de los datos.

La ecuación más apropiada lo ha de ser de acuerdo con las condiciones límites establecidas y los datos que se consideran significativos.

3. ¿Cómo proseguir?

- a) Reordenar la ecuación dejando en el miembro de la izquierda únicamente la magnitud buscada.
- b) Identificar las constantes físicas de la ecuación y buscarlas en las tablas.
- c) Reemplazar las variables no conocidas de la ecuación por las ecuaciones apropiadas, y así sucesivamente, hasta que no queden variables desconocidas.
- d) Si no se ha obtenido la ecuación buscada:
 - Usar otras ecuaciones como punto de partida.
 - Usar otras ecuaciones para reemplazar las variables desconocidas de la ecuación de partida.
 - Hacer algunas suposiciones simplificadoras o aproximaciones.

La recomendación de dar un símbolo a cada variable no es nueva, y ha sido apuntada ya anteriormente. Pero la insistencia en explicar con palabras la magnitud a la que corresponde cada símbolo merece destacarse como medio para evitar confusiones. Por ejemplo, si la variable es la molalidad, es conveniente escribir:

$$m = n \text{ (soluto)} / m \text{ (disolvente)}$$

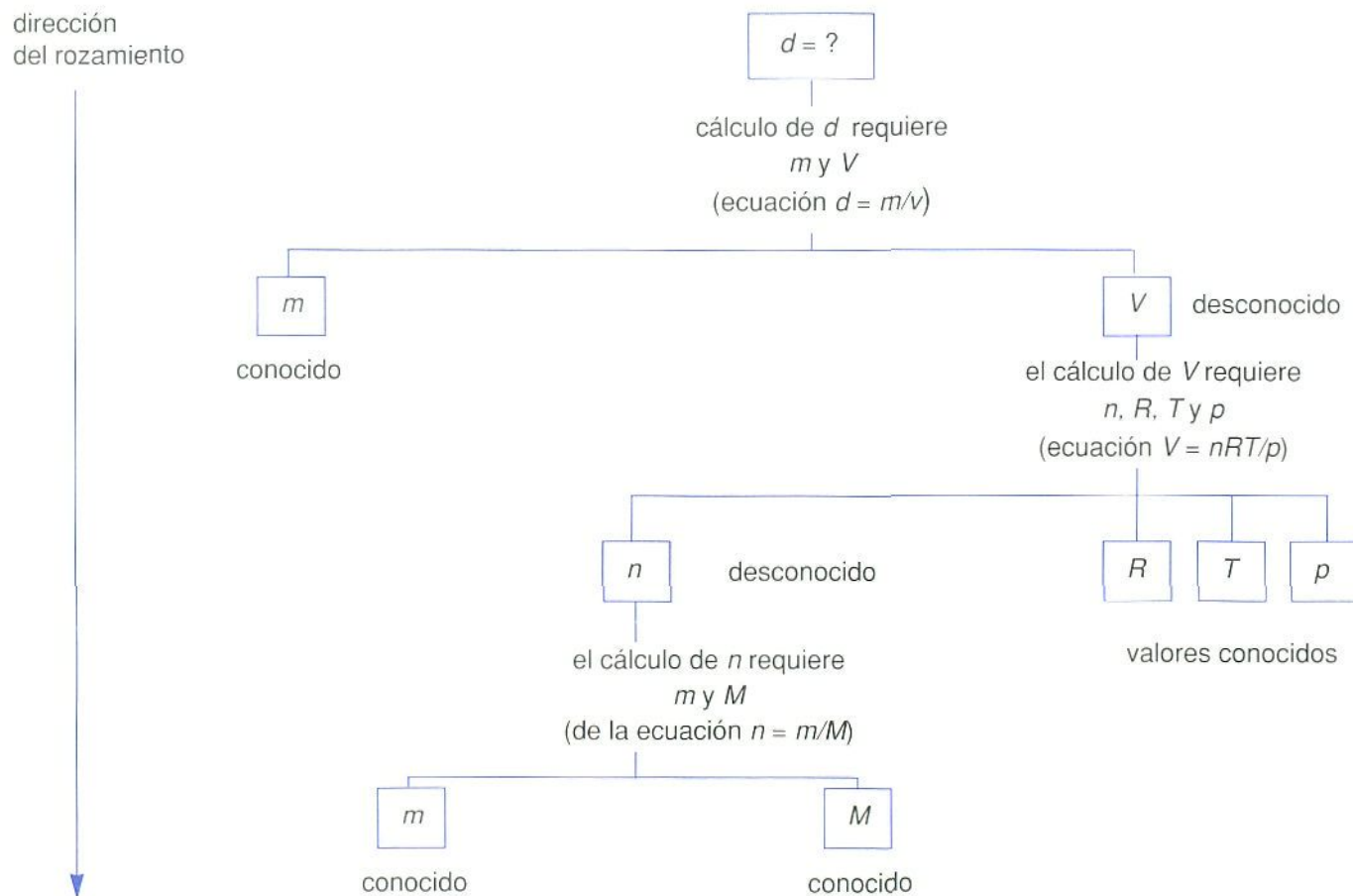
O si, en un problema en que se mezclan disoluciones, la concentración buscada es la de la disolución final, conviene escribir:

$$C_{\text{HCl}} \text{ (disolución final)} = n_{\text{HCl}} \text{ (disolución final)} / V_{\text{(disolución final)}}$$

que nos recuerda que el volumen final es la suma de los volúmenes de las disoluciones mezcladas.

Muchos problemas-ejercicio son presentados de forma que es evidente cuál es el primer paso a realizar. Por ejemplo, cuando se nos pide calcular la densidad de un gas a partir de su masa y de su volumen, la definición de densidad (ecuación $d = m/V$) indica las operaciones necesarias y suficientes para resolver el ejercicio.

Otras veces la cuestión no es tan evidente, como, por ejemplo, en el problema siguiente: ¿cómo podemos conocer la masa molar de un gas a partir de su densidad? En este caso es preciso deducir previamente la ecuación $M = d RT/p$. La experiencia demuestra que la dificultad de los estudiantes no es tanto la deducción de esta ecuación como el darse cuenta de que esta ecuación debe ser deducida.



Mapa direccional para la resolución de un problema-ejercicio

La figura anterior muestra las etapas descritas para el problema anterior, en el que se trata de hallar la densidad de un gas a partir del conocimiento de masa, temperatura, presión y masa molar. Un diagrama de estas características se denomina *mapa direccional*.

Actividad 11

Haz un mapa direccional para resolver el problema siguiente:

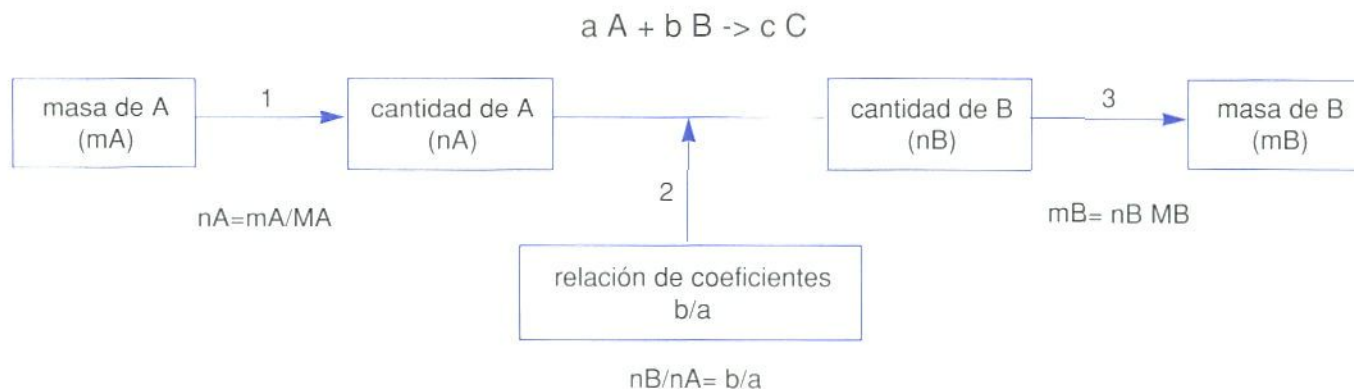
10,0 cm³ de Na OH (aq, 0,100 mol/l) se añaden a 25,0 cm³ de HCl (arq, 0,100 mol/l).
Calcula la concentración de ácido clorhídrico en la disolución resultante.

Otras aportaciones

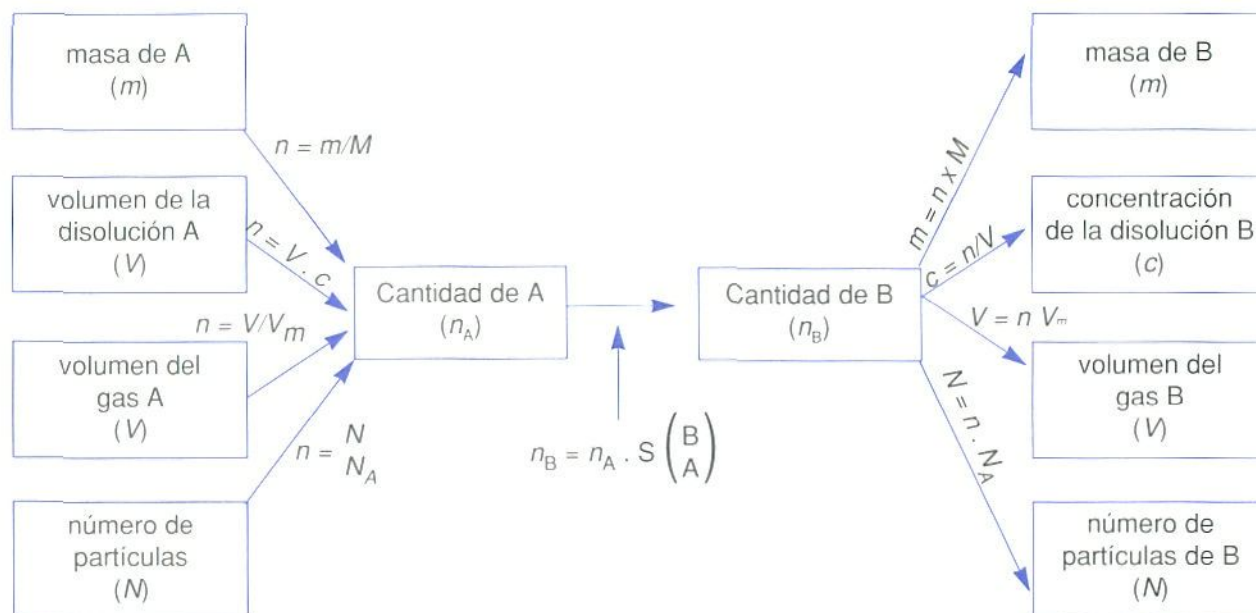
Otros autores han propuesto esquemas o mapas de dirección para la resolución de problemas-ejercicios de tipo numérico. Estos mapas direccionales, aun partiendo de las variables que corresponden a los datos, creemos que tienen de positivo el exigir un planteamiento global de la estrategia de resolución del problema con anterioridad a su resolución.

El grupo Recerca-Faraday (1988) sugiere esquemas como el siguiente para la resolución de problemas estequiométricos.

Ejemplo: ¿Qué masa del reactivo B reacciona con una determinada masa de A?



Caamaño *et al.* (1984, 1991) proponen el siguiente mapa, que constituye una ampliación del citado anteriormente, para cálculo sobre cantidades que intervienen en las reacciones químicas:



Moore *et al.* (1981) y Caamaño *et al.* (1984, 1991) utilizan en sus libros de texto mapas direccionales o rutas de resolución similares para ayudar a la resolución de problemas-ejercicio que impliquen cálculos estequiométricos.

Por ejemplo: ¿Cuántas moléculas hay en 25,0 cm³ de CCl₄ (1)?

Mapa direccional o ruta de resolución:



Actividad 12

Convertir este mapa direccional en uno en el que se parta de la magnitud a obtener: el número de moléculas.

Los mapas direccionales o rutas de resolución pueden desempeñar en relación a los procesos o estrategias necesarias para la resolución de problemas-ejercicio de tipo numérico un papel equivalente al que tienen los mapas conceptuales como forma de sintetizar la estructura conceptual de un individuo.

Es un tema abierto a la investigación el aportar evidencia sobre la mejor forma de usar estos mapas direccionales y sobre cuál es su eficacia en la enseñanza de la resolución de este tipo de problemas.

En el campo de la Biología la resolución de problemas como estrategia de enseñanza ha sido también abordada, y se han propuesto modelos de resolución (Sigüenza, 1990).

Los problemas como actividades de investigación

Las recomendaciones dadas en los modelos anteriores —para resolver problemas tipo ejercicios— no abordan la introducción de cambios en la naturaleza de los problemas propuestos.

Como ya hemos apuntado, existen otras líneas de investigación que abogan por convertir los problemas en verdaderas actividades de investigación. Entre ellas distinguiremos aquellas que hacen referencia también a problemas de tipo cuantitativo, cuya resolución implica la utilización de contenidos conceptuales (ecuaciones, principios, etc.), es decir, problemas muy ligados al contexto teórico de la ciencia pura, de aquellos otros que abordan problemas reales o problemas de tipo mucho más práctico, ligados al contexto de la ciencia y la tecnología, y cuya resolución implica un mayor grado de creatividad (Garrett, 1988; Rowlands, 1987).

Respecto a los primeros es paradigmático el modelo propuesto por Gil y Martínez Torregrosa. Para estos autores la inclusión de datos en el enunciado favorece que los alumnos intenten resolver el problema partiendo de los datos (enfoque inductivista), sin realizar una reflexión cualitativa de la situación ni una emisión de hipótesis. Los alumnos buscan aquellas ecuaciones que ponen en relación los datos proporcionados en el enunciado con las incógnitas, cayendo en un puro operativismo. Para evitar esta tendencia se propone el uso de enunciados sin datos.

Así, por ejemplo, el enunciado:

“Sobre un móvil de 5.000 kg que se desplaza con una velocidad de 20 m/s actúa una fuerza de frenado de 10.000 N. ¿Qué velocidad llevará a los 75 m de donde comenzó a frenar?”

Podría ser sustituido por un problema en el que se planteara una situación más abierta y en el que no se señale cuáles son las magnitudes relevantes, por ejemplo:

“Un automovilista comienza a frenar al ver la luz amarilla. ¿Qué velocidad llevará el automóvil al llegar al semáforo?”

Actividad 13

Sitúate en lugar de un alumno de 8.º de E. G. B. o 2.º de B. U. P. y piensa cómo podría abordar la resolución del problema anterior sin datos.

Modelo de Gil y Martínez Torregrosa

El modelo propuesto por Gil y Martínez-Torregrosa se puede sintetizar en las siguientes etapas:

1. Análisis cualitativo del problema.

Representación y comprensión de la situación.

Restricción de las condiciones.

2. Emisión de hipótesis.

Permite la explicitación de las ideas previas de los alumnos.

Se abordan situaciones límites.

Se determinan los datos necesarios para la resolución del problema.

3. Elaboración de estrategias.

Posibles estrategias:

- Se analiza el problema por partes.
- Se establecen analogías con situaciones tratadas anteriormente.
- Se abordan, en primer lugar, casos más simples.

4. Resolución del problema.

Necesidad de la verbalización del proceso, lo que evita el operativismo y facilita las revisiones críticas y el diagnóstico de errores.

El resultado debe contemplar las situaciones límites.

5. Análisis de los resultados.

Permite averiguar si la visión cualitativa es correcta.

Permite averiguar si la estrategia utilizada es la adecuada.

Actividad 14

¿Qué ventajas y qué inconvenientes puede tener el plantear problemas sin datos a nuestros alumnos?

¿Cómo debería actuar y organizar el aula el profesor para poder aplicar coherentemente este modelo?

La aplicación de este modelo supone cambios sustanciales en el trabajo del profesor. Una primera tarea es la "traducción" de los enunciados tradicionales en otros que faciliten su resolución como una investigación. En segundo lugar, es conveniente que la clase esté estructurada en pequeños grupos, en el seno de los cuales se planteen cada una de las fases de la resolución del problema, seguidas por una puesta en común dirigida por el profesor.

Se pretende así aprovechar el valor de la discusión en la realización de tareas que exigen creatividad y pensamiento divergente como es el caso de la resolución de problemas.

El papel del profesor en las sucesivas puestas en común es la de un verdadero director de la investigación que ayuda a valorar las diferentes propuestas y a tomar decisiones compatibles con los conocimientos y la capacidad de los alumnos.

Problemas de ciencias naturales

Puesto que la mayoría de los problemas incluidos en el texto han sido de física y química dedicamos este apartado a mostrar una serie de ejemplos de problemas de ciencias naturales.

Los dos primeros ejemplos se refieren a problemas-ejercicios. Para que estos problemas se pudieran considerar problemas abiertos, es decir, que tuvieran múltiples soluciones o incluso ninguna solución, se tendrían que plantear de otra manera. Los ejemplos siguientes se podrían transformar en problemas abiertos, modificando su redacción.

Problema 1

¿Cómo se heredan los grupos sanguíneos?

¿Qué grupo sanguíneo tendrán los hijos de una mujer del grupo A, heterocigota, y de un hombre del grupo AB, heterocigoto? ¿Qué tanto por ciento de descendencia de cada grupo sanguíneo pueden tener?

Problema 1 modificado

¿Cuál sería el grupo sanguíneo de los padres de un individuo cuyo grupo sanguíneo es A?

En este caso la solución no es única, ya que el genotipo del individuo del tipo A puede ser homocigoto o heterocigoto, lo que hace que sean muchos los posibles genotipos de los padres. Si no se dan datos, el problema no tiene solución, pero se pueden buscar todos los posibles genotipos.

Problema 2

Cálculo de los sedimentos de un río

Un río tiene un caudal medio en su desembocadura de 150 m^3 segundo. Si cada litro de agua contiene en promedio 1 gramo de sedimentos en suspensión, ¿cuál será el peso de sedimentos aportado en un día?, ¿y en un año?

Problema 2 modificado:

Se presentan tres muestras de agua procedentes de un río recogidas en el mismo punto en diferentes momentos. Se dejan en reposo y se observa la cantidad de material sedimentado en cada una de las muestras. Esta observación puede conducir a la discusión de por qué, si es el mismo río y la muestra está recogida en el mismo sitio, la cantidad de materiales precipitados es diferente.

La resolución de este problema implica la búsqueda de: datos climáticos de la época de recogida, la indagación del caudal del río, la constancia o no del caudal, etc.

Ésta es una aproximación más cualitativa que la expuesta anteriormente, en la que los alumnos acostumbran a manipular los datos sin comprender lo que hacen.

Actividad 15

Convierte el siguiente problema cerrado en uno abierto:

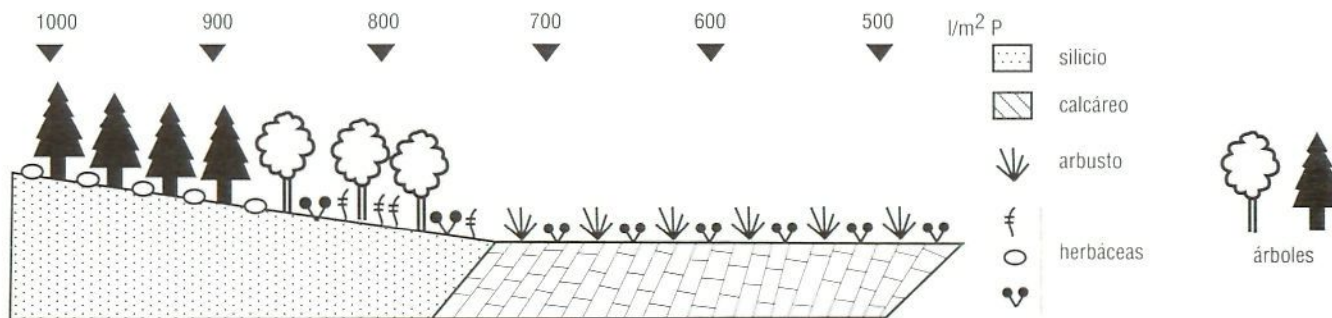
En la mosca *Drosophila* un gen R que es dominante y ligado al sexo determina que el ojo se reduzca y estreche por lo que se llama ranurado y el tipo común de ojo es determinado por el alelo recesivo r. Una hembra homocigota tipo común es apareada con un macho de ojo ranurado. Determina los genotipos de los machos de la segunda generación filial.

El problema siguiente sirve para estructurar la materia con un enfoque de resolución de problemas.

Problema 3

¿Qué factores influyen en la distribución de las especies?

El dibujo muestra la distribución de seis especies vegetales en un área geográfica.

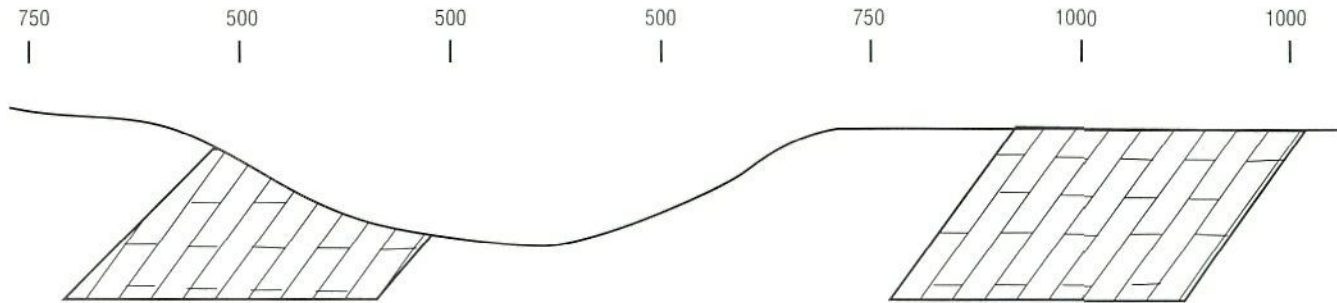


Las especies pueden ser, por lo que se refiere al tipo de terreno en que viven: silicícolas (especies que viven en terrenos silíceos), calcícolas (viven en terrenos calizos) e indiferentes (pueden vivir en los dos tipos de terrenos).

Por lo que se refiere a la precipitación hay plantas higrófilas (soportan precipitaciones anuales de 900-1.000 litros/m²), mesófilas (700-800 litros/m²), xerófilas (500-600 litros/m²); también las hay indiferentes (la precipitación no les afecta).

1. Determina los requerimientos según el tipo de suelo y de la necesidad de precipitación de las seis especies representadas en el dibujo.

2. El dibujo que hay más abajo representa una situación análoga, pero sin las plantas. De acuerdo con los requerimientos que tú has determinado, coloca cada planta en el área que le corresponda.



3. Volvamos al primer dibujo. Fíjate en el arbusto. Haremos una suposición. Imagina que es indiferente al tipo de suelo, pero que requiere mucha luz. ¿Es compatible esta suposición con la distribución mostrada por el dibujo? ¿Por qué? ¿Afectaría esta nueva información a la distribución que has hecho en el segundo dibujo? ¿Cómo?
4. ¿Hay comunidades en el primer dibujo? ¿Cuántas? Puedes proponer un método para comprobar las afirmaciones que haces.

Actividad 16

Diseña dos actividades que planteen las siguientes situaciones problema:

- ¿Cómo se transmiten las ondas sísmicas por el interior de la tierra?
- ¿Para qué sirve la digestión?

Los problemas en los que se requiere trabajo experimental para su resolución se han tratado ya en el apartado de trabajos prácticos. Estos problemas, mucho más abiertos, en los que los alumnos realizan realmente una investigación son del tipo: ¿Ayudan las bebidas carbónicas a la digestión? ¿La miopía es un carácter hereditario? ¿Son los dentífricos bactericidas?, etc.

La resolución de problemas y el trabajo en equipo

En las recomendaciones aportadas desde diferentes modelos hay coincidencia en que la resolución de problemas debe ser una actividad realizada en pequeños grupos.

Debemos favorecer que los estudiantes trabajen en pequeños grupos en la resolución de problemas discutiendo, cooperando, criticando, compartiendo y evaluando. Esta forma de trabajar es menos rígida y potencialmente más creativa que aquellas en que la situación de la clase está centrada en el profesor, que es quien plantea el problema y lo resuelve en la pizarra.

Ello no significa que el trabajo individual no pueda desempeñar ningún papel en la resolución de problemas. Ni tampoco que en algunos problemas el profesor no pueda ejercer una dirección importante.

Cuando utilizamos la resolución de problemas como un modo de favorecer el cambio conceptual, debemos recordar que éste únicamente se produce en un ambiente no amenazador. Cambiar la manera de pensar propia nunca es una experiencia fácil. La resolución de problemas proporciona la ocasión para hacerlo, pero una cierta atmósfera de autonomía y de libertad debe proporcionar el ambiente adecuado. A los estudiantes se les debe permitir comprender los problemas, expresar sus ideas, discutirlos y desarrollarlos en hipótesis, idear estrategias para su resolución y valorar la solución o soluciones obtenidas. Las ideas del profesor no deben estar a salvo de la crítica si aceptamos este modelo, pero es evidente que será mucho más fácil para los alumnos criticar las ideas de sus compañeros que las del profesor. Ésta es una razón más para promover el trabajo en equipo y la discusión en pequeños grupos.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

OÑORBE, A. M. (1989): "Solo ante el problema". *Cuadernos de Pedagogía*, 175, p. 12.

Un excelente artículo que aborda la definición de lo que son los problemas, distingue entre problemas verdaderos y ejercicios y describe y critica la forma tradicional de enseñar a resolver problemas.

GARRETT, R. M. (1988): "Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 63, p. 224.

Un estimulante artículo que aborda las razones por las que es importante fomentar en la escuela las actividades de resolución de problemas, sitúa los diferentes tipos de problemas en un espectro que va desde los rompecabezas sin interés hasta los verdaderos problemas y destaca el papel que desempeña la creatividad en estos últimos.

GIL, D., *et al.* (1988): "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación". *Investigación en la Escuela*, 6, p. 3-19.

Un tratamiento en profundidad de la fundamentación de un modelo de resolución de problemas como una actividad de investigación, basado en los desarrollos recientes del constructivismo en el aprendizaje de las Ciencias.

GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987): "La resolución de problemas de Física". *Una didáctica alternativa*, M. E. C. / Vicens Vives.

Un material imprescindible para el que quiera abordar la resolución de problemas de Física como actividades de investigación, con propuestas concretas para convertir los enunciados tradicionales en problemas más abiertos, que requieran la emisión de hipótesis por parte de los alumnos.

ROWLANDS, D. (1987): *Problem-solving in Science and Technology (Teachers manual. Worksheets)*, Londres: Hutchinson.

Un conjunto de actividades investigativas para la resolución de problemas, muchas de las cuales suponen la construcción de algún dispositivo o el diseño de alguna técnica experimental. Las propuestas giran alrededor de los temas: medida, el agua, estructuras y máquinas, separación y clasificación, electricidad y magnetismo, calor, materiales y luz y color. Existen tres carpetas de hojas de trabajo para el alumno y una guía del profesor.

SIGÜENZA, A. F. (1990): "Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología". *Enseñanza de las ciencias*, 8, 3, pp. 223-230.

Este artículo, aparecido recientemente, es de los pocos que existen en nuestra lengua sobre resolución de problemas en Biología. Empieza definiendo y aclarando lo que se puede considerar un problema en Biología, y los tipos de problemas que se pueden plantear en esta materia; por último, nos presenta un modelo de definición y de resolución de problemas.

Referencias bibliográficas

- APU (Assessment of Performance Unit) (1984): *Science Reports for Teachers: 2, Science Assessment Framework age 13 & 15*, A. S. E. (Association for Science Education), Herts.
- CAAMAÑO, A. (1981): "La gramática del lenguaje científico (I): Magnitudes, unidades y símbolos". *Cuadernos de Pedagogía*, 81-82, p. 68.
- CAAMAÑO, A. (1983): "La gramática del lenguaje científico (II): Magnitudes físico-químicas". *Cuadernos de Pedagogía*, 98, p. 64.
- CAAMAÑO, A.; OBACH, D., y SERVENT, A. (1984): "Química C. O. U., I. Teoría atómica". Teide: Edición revisada, Química C. O. U., 1991.
- GARRETT, R. M. (1988): "Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 6, p. 224.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1983): "A model for problem-solving in accordance with Scientific Methodology, *European Journal of Science Education*, 5, 4, pp. 447-455.
- GIL, D.; DUMAS, A.; CAILLOT, M.; MARTÍNEZ TORREGROSA, y J. RAMÍREZ, L. (1988): "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividades de investigación". *Investigación en la Escuela*, 6, pp. 3-19.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1988): "El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos". *Enseñanza de la Ciencias*, 6, 2, p. 131.
- GIL, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987): "La resolución de problemas de Física". *Una didáctica alternativa*. M. E. C. / Vicens Vives.
- GRUPO RECERCA-FARADAY (1988): *Química Faraday*. Barcelona: Teide.
- HERRON; KUKLA; DISPEZIO; SCHARADER; ERICKSON (1987): Philosophy of teaching Chemistry. Part 2 (Teaching problem-solving), *Chem 13 news*, January, p. 7. Existe una traducción al castellano de José María Marín (C. E. P. de Cartagena).
- KHUN, T. S. (1975): *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- LAUDAN, L. (1986): "El progreso y sus problemas". *Hacia una teoría del crecimiento científico*. Encuentro Ediciones.
- LARKIN, J., y REIF, F. (1979): "Understanding and teaching problem-solving in Physics". *European Journal of Science Education*, 1, 2, p. 191.
- LLORENS, J. A.; LLOPIS, R., y DE JAIME, M. A. (1987): "El uso de la terminología científica en los alumnos que comienzan el estudio de la Química en la Enseñanza Media. Una propuesta metodológica para su análisis". *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 1, p. 33.

- METTES, C., *et al.* (1980): "Teaching and learning problem-solving in Science. Part 1: A general strategy". *Journal of Chemical Education*, 57, pp. 882-885.
- MOORE, J. W.; COLLINS, R. W., y DAVIES, W. G. (1981): *Química*. McGraw Hill.
- NOTT, M. (1988): "Problem-solving in School Science, en HEANEY, J., y WATTS, M. (1988): *Problem-solving: ideas and approaches from the Secondary Science curriculum review*, SCDC Publications, Longman.
- OÑORBE, A. M. (1989): "Solo ante el problema". *Cuadernos de Pedagogía*, 175, p. 12.
- POMES, J. (1991): "La metodología de la resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista post-piagetiano". *Enseñanza de las Ciencias*, 9, 1, p. 78.
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY (1985): *Problem-solving is there a problem?* Report of Symposium, St. Andrews, The Royal Society of Chemistry, 1985.
- ROWLANDS, D. (1987): *Problem-solving in Science and Technology*. Hutchinson, London.
- SIGÜENZA, A. F. (1990): "Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la Biología". *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 3, pp. 223-230.
- SELVERATNAM, M. (1983): "Students' mistakes in problem-solving". *Education in Chemistry*, 20, 4, p. 125.
- SELVERATNAM, M. (1990): "Problem-solving a model approach". *Education in Chemistry*, 6, p. 163.

A modo de conclusión: hay muchas formas de aprender Ciencias

M.ª Pilar Jiménez Aleixandre

A lo largo de este módulo hemos analizado algunos de los problemas que se plantean en la clase de Ciencias y las posibles soluciones que se han propuesto para ellos. También hemos avanzado la opinión de que cada una de estas soluciones tiene un campo de validez limitado o, en otras palabras, que puede haber varias soluciones distintas a un mismo problema de aprendizaje, de evaluación, de organización, según las distintas situaciones, estudiantes, contextos de aprendizaje, etc.

En este último capítulo apuntaremos, a modo de síntesis, unas breves reflexiones sobre esta cuestión, especialmente en cuanto a los modelos de enseñanza de las Ciencias, y en concreto al modelo constructivista que en este momento parece ofrecer el marco más apropiado para el planteamiento de los problemas que se suscitan en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias.

¿Un modelo de aprendizaje conlleva un modelo de enseñanza?

En los últimos años ha ido aumentando, entre el profesorado y entre las personas que investigan en didáctica de Ciencias, el consenso acerca de que el aprendizaje de las Ciencias tiene lugar por reconstrucción de conocimientos, y que esta interpretación del mundo tiene más importancia que la acumulación de información. Esta perspectiva, que presta gran atención a las ideas de las y los estudiantes, es el *modelo constructivista del aprendizaje*.

Aliberas *et al.* (1989) indican que este consenso es más fuerte sobre los aspectos prácticos, mientras que el modelo teórico aún se encuentra en discusión. Esta falta de un modelo teórico completo de aprendizaje ha sido señalada por otros autores, por ejemplo, Howe y Thompsen (1989), en el resumen del Seminario sobre el Desarrollo en la Adolescencia y la Ciencia Escolar. Nos parece acertada la formulación de Aliberas *et al.* “un cuerpo teórico fragmentado pero convergente” para describir la situación de coincidencia —dentro de una perspectiva constructivista en sentido amplio— de ideas procedentes de la epistemología genética, del aprendizaje receptivo, del procesamiento de la información, etc.

Creemos interesante señalar esta relación del constructivismo con otros modelos de aprendizaje que fueron ampliamente aceptados en otras décadas: en primer lugar, porque significa reconocer una realidad, frente a posiciones que enfrentan artificialmente, por ejemplo, a Piaget con el estudio de las ideas alternativas; en segundo lugar, porque es aceptar que muchas prácticas docentes empleadas por esos modelos son eficaces, y deben ser incorporadas en el nuevo paradigma. Quizá podamos decir que, más que derribar y construir de nuevo, se trata de reconstruir sobre lo anterior (y en lo anterior incluimos tanto algunos aspectos del descubrimiento como del aprendizaje receptivo).

Otra línea de argumentación es la que admite la existencia del constructivismo como modelo de aprendizaje, pero niega que haya que asociarlo con un modelo determinado de instrucción (Millar, 1989). Para este autor no puede ser así, ya que la mayoría de los científicos (incluyendo profesorado de Ciencias) no han recibido una instrucción siguiendo este modelo, y sin embargo comprenden las Ciencias. Esto le lleva a afirmar que el proceso de construcción de nuevas ideas tiene lugar internamente, y es “independiente de la forma de instrucción”.

Para Millar, el éxito de algunas unidades que siguen líneas constructivistas puede deberse a otros factores, como la implicación activa de las y los estudiantes, y plantea que es necesario precisar qué significa “mejorar el aprendizaje” en términos de tiempo, número de estudiantes, etc., y, por otro lado, sugiere que quizá el modelo constructivista de instrucción es adecuado para algunos conceptos y temas, pero no para todos (ya que además requiere más tiempo, lo que hace imposible enseñar todo el programa de esta forma). Una consecuencia es la necesidad de identificar estos temas.

En otro trabajo (Jiménez, 1991a) hemos criticado la aseveración de que la forma de construcción de conocimientos es independiente de la instrucción. Posiblemente ello sea cierto para determinados estudiantes (que provienen de un entorno con suficientes estímulos, más capacitados, etc.) y no cabe duda de que el actual profesorado de Ciencias ha aprendido “sin constructivismo”. La cuestión es: ¿cuántas personas de esa misma generación fracasaban en Ciencias? La pretensión, compartida por muchos países, de enseñar Ciencias a toda la población adolescente es una de las razones que obliga a buscar fórmulas distintas de la transmisión verbal.

Sí compartimos con Millar, no obstante, su preocupación por la precisión en lo que es mejorar el aprendizaje, así como la conveniencia de delimitar los temas y conceptos en que es necesaria una secuencia de exploración —reconstrucción— aplicación de aquellos en que pueden ser empleados otras estrategias. Y en ese terreno, como señala Driver (1988), en ocasiones, al leer un texto, también el o la estudiante está rehaciendo el significado para sí mismo, y en la medida en que no es un simple receptor pasivo de información está reconstruyéndolo.

La variedad de estrategias docentes

Como afirman Joyce y Weil (1985), hay numerosas formas “buenas” de enseñar, y no existe un modelo perfecto, ni enfoques que resuelvan todos los problemas educativos, ya que “no hay modelo capaz de hacer frente a todos los tipos y estilos de aprendizaje” ni hay ningún método que tenga éxito con todos los alumnos y todos los objetivos.

Para estos autores el progreso en la profesión de enseñar se relaciona con un dominio creciente de una variedad de modelos y la capacidad de usarlos con eficacia, ya que todos los docentes se enfrentan a una amplia gama de problemas, y cuanto mayor sea su repertorio, más posibilidades tendrán de generar soluciones amplias. La concepción actual de la enseñanza de las Ciencias contempla diferentes clases de objetivos que requieren distintas estrategias para su consecución.

Pero incluso si nos referimos a los objetivos de aprendizaje de conceptos, cada modelo, como indican Aliberas *et al.* (1989), tiene un ámbito de aplicación que puede ser complementario con los otros. Hay distintas razones por las que esto es así:

- La propia evolución de las ideas previas de las y los estudiantes, ya que algunas, por extensión o diferenciación, llegan a coincidir o integrarse en las de la Ciencia escolar (captura conceptual), mientras que en otros casos pueden ser incompatibles con éstas, siendo precisa su sustitución (intercambio conceptual). En otro lugar (1991b) hemos analizado con detalle las distintas formas del cambio conceptual.
- Si un mismo método se usa durante mucho tiempo, las y los estudiantes automatizan sus respuestas (White y Gunstone, 1989). Estos autores señalan que las estrategias metacognitivas, como los mapas de conceptos, que requieren esfuerzo por parte de los estudiantes, pierden efectividad al usarlos de forma continuada, y proponen variar los métodos de enseñanza, citando a los profesores del proyecto PEEL (proyecto australiano, dirigido a promover un aprendizaje efectivo) que han inventado o adoptado cerca de 50 estrategias distintas, algunas puntuales y sencillas y otras más complejas. También indican White y Gunstone que hay una proporción óptima de introducción de técnicas nuevas (ya que también hay un coste en tiempo al introducirlas), es decir, no se trata de cambiar por cambiar.
- Otro aspecto a tener en cuenta son las diferentes características motivacionales de las y los estudiantes (Martín Díaz y Kempa, 1991) como los que buscan el éxito, los curiosos, los concienzudos y los sociables. Estas características se traducen en distintas preferencias por estrategias diferentes en la enseñanza de las Ciencias. Para estos autores lo que es válido para las variables cognoscitivas (atender a las ideas de las y los estudiantes), debe serlo también para las afectivas, al menos en cuanto a prestar atención a la existencia de estudiantes con características motivacionales distintas.
- Dentro de los aspectos afectivos, un caso particular son las preferencias de chicas y chicos por distintos temas de Ciencias; en general, las chicas prefieren aspectos más aplicados, más relacionados con la vida de las personas y la sociedad (quizá si la socialización fuese homogénea esto no sucedería, pero no cabe duda de que hoy día está fuertemente marcada por el género).

En resumen, cuando proponemos plantear los problemas de la enseñanza de las Ciencias dentro del modelo constructivista, es desde la perspectiva de que este modelo puede integrar aspectos positivos de otros que le precedieron, y sin excluir estrategias de enseñanza que se dirijan a otras cuestiones. El aula de Ciencias es un sistema muy complejo, con múltiples variables, no sólo en cuanto a temas y estudiantes, a los materiales y al docente, sino también al entorno escolar y extraescolar. Para abordar esta compleja tarea no puede haber recetas simples, pero también esta naturaleza múltiple es lo que hace de cada curso de Ciencias algo, en cierta medida, único.

Bibliografía

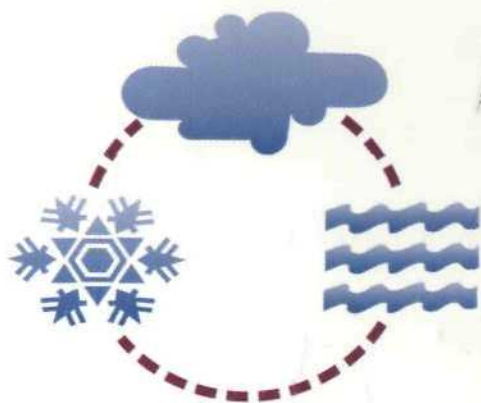
Referencias bibliográficas

- ALIBERAS, J.; GUTIÉRREZ, R., e IZQUIERDO, M. (1989): "La didáctica de les Ciències: una empresa racional". *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 277-284.
- DRIVER, R. (1988): "Entrevista", por M. P. JIMÉNEZ. *Cuadernos de Pedagogía*, 155, pp. 32-35.
- HOWE, A., y THOMPSEN, P. (1989): "Overview of the Seminar". En ADEY *et al.*: *Adolescent Development and School Science*. The Falmer Press.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1991a): "Thinking about theories or thinking with theories: a class-room study with Natural Selection". *International Journal of Science Education* (en prensa).
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1991b): "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), pp. 248-256.
- JOYCE, B., y WEIL, M. (1985): *Modelos de Enseñanza*. Madrid: Anaya.
- MARTÍN DÍAZ, M. J., y KEMPA, R. (1991): "Los alumnos prefieren diferentes estrategias didácticas de la enseñanza de las Ciencias en función de sus características motivacionales". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 59-68.
- MILLAR, R. (1989): "Constructive criticisms". *International Journal of Science Education*, 11 (5), pp. 587-596.
- WHITE, R., y GUNSTONE, R. (1989): "Metalearning and conceptual change". *International Journal of Science Education*, 11 (5), pp. 577-586.



DIRECCIÓN GENERAL de RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección GENERAL
de FORMACIÓN del PROFESORADO

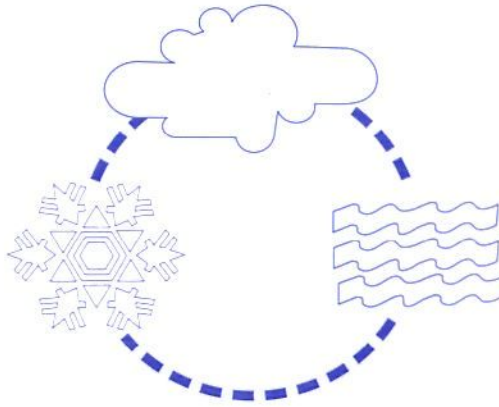


Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias

Curso de actualización científica y didáctica



Ministerio de Educación y Ciencia



Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias

Autor

Juan Ignacio Pozo

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O. 176-92-015-6

I S B N 84-369-2255-7

Depósito legal M. 23039-1992

Imprime: MARÍN ALVAREZ HNDS

Índice

Introducción	5
1. La comprensión de la Ciencia por los adolescentes: pensamiento formal e ideas previas sobre la Ciencia	11
El pensamiento formal y la comprensión de la Ciencia	12
Características generales del pensamiento formal	13
Implicaciones del pensamiento formal para la comprensión de la Ciencia	15
Datos actuales sobre el desarrollo del pensamiento formal: limitaciones en su uso	17
Las ideas previas de los alumnos sobre la Ciencia y su influencia en el aprendizaje	18
¿Por qué tienen los alumnos ideas previas sobre la Ciencia que influyen en su aprendizaje?	19
El origen de las ideas de los alumnos sobre la Ciencia	21
Organización de las ideas de los alumnos en teorías implícitas	25
El cambio de las ideas de los alumnos	32
2. El aprendizaje de las ciencias	33
Relaciones entre aprendizaje y enseñanza	33
Un esquema para el análisis del aprendizaje escolar	35
Los resultados o contenidos del aprendizaje	36
La formación de actitudes	38
Aprendizaje de hechos y de conceptos	39
Adquisición de destrezas y de estrategias de aprendizaje	40
Los procesos de aprendizaje	43
Las condiciones del aprendizaje	50
Bibliografía	53
Actividades	57

Introducción

*Si hubiéramos de deducir la idea de la enseñanza que ha estado vigente en nuestro país en las últimas décadas a partir de la formación inicial que reciben los profesores —especialmente la formación del profesorado de Enseñanzas Medias— deberíamos convenir que la idea básica sería que para enseñar algo a alguien basta con saber muy bien lo que se va a enseñar. Sin embargo, durante este mismo período la investigación y la teoría educativa nos han mostrado que la actividad de enseñar es mucho más compleja que lo que ese modelo de formación de profesorado sugiere. Hoy se acepta que los elementos que condicionan la actividad de enseñar —o **las fuentes del currículo**— son de naturaleza diversa y no pueden reducirse simplemente al dominio de la disciplina enseñada. Dejando al margen otros elementos (tratados ampliamente en otras partes de estos mismos materiales), uno de los elementos novedosos de las nuevas propuestas curriculares —que debe ser tenido en cuenta tanto en la formación inicial como permanente del profesorado— es la importancia concedida a la psicología del alumno.*

*Uno de los rasgos más característicos del proceso de enseñanza es que es, ante todo, un proceso social, en el que hay personas interactuando. Las características de esas personas y la forma en que interactúan constituyen un elemento condicionante de la enseñanza. Este segundo elemento —**quién** enseña y **quién** aprende— sería el objeto de estudio principal de la psicología educativa y constaría de tres partes: la psicología del profesor, la del alumno y la naturaleza específica de su interacción social.*

Aunque sólo recientemente haya comenzado a atraer el interés de los investigadores, en la actividad de enseñar influyen poderosamente no sólo los conocimientos disciplinares del profesor sino también otros rasgos como sus motivaciones, su personalidad, las teorías implícitas o modelos que utiliza para establecer objetivos e interpretar lo que sucede en el aula, etc. Estos rasgos de la psicología del profesor condicionan el tipo de enseñanza que es capaz de realizar, ya que, en primer lugar, determinan el tipo de interacción establecida con los alumnos, pero también los modelos o tipos de enseñanza que ese profesor está en condiciones de utilizar.

Igualmente, y esto ha sido mucho más estudiado, sobre todo por los psicólogos evolutivos, las características psicológicas del alumno condicionan lo que es posible hacer en el aula. Estas características pueden agruparse en tres aspectos:

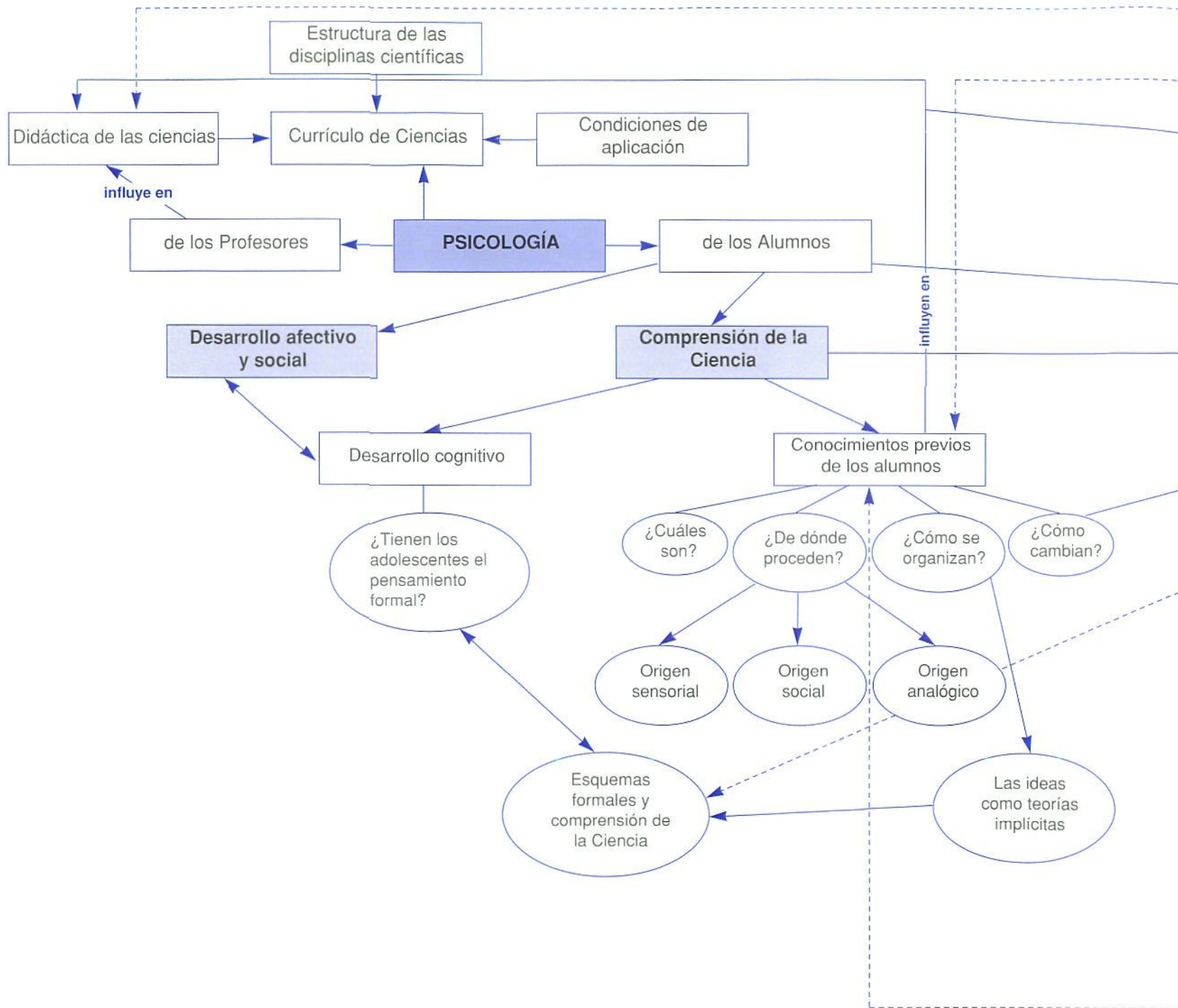
su desarrollo afectivo y emocional, el desarrollo cognitivo o intelectual y la forma en que aprenden. Habitualmente, cuanto más pequeño es el alumno, cuanto menor es su edad y, por lo tanto, mayores son sus diferencias psicológicas con los adultos, más se tiene en cuenta este aspecto. Parece obvio que en preescolar o en las primeras edades de la escolarización se tiene mucha más sensibilidad a las peculiaridades psicológicas del alumno. Cualquier actividad escolar que se planifica a estas edades suele hacerse teniendo en cuenta las capacidades de los alumnos e incluso suelen programarse con el fin de desarrollar esas capacidades (percepción, coordinación motora, comunicación verbal, etc.). Pero a medida que va aumentando la edad se va perdiendo esa sensibilidad. A medida que el alumno va pareciéndose más a un adulto, van suprimiéndose las consideraciones psicológicas, hasta llegar a la Universidad, donde hay una escasa sensibilidad por los problemas didácticos derivados de la psicología del alumno. Sin embargo, los estudios actuales en psicología del aprendizaje y la instrucción muestran que estos condicionantes están presentes no sólo a todas las edades, incluidos los alumnos universitarios y adultos, sino en toda actividad de aprendizaje.

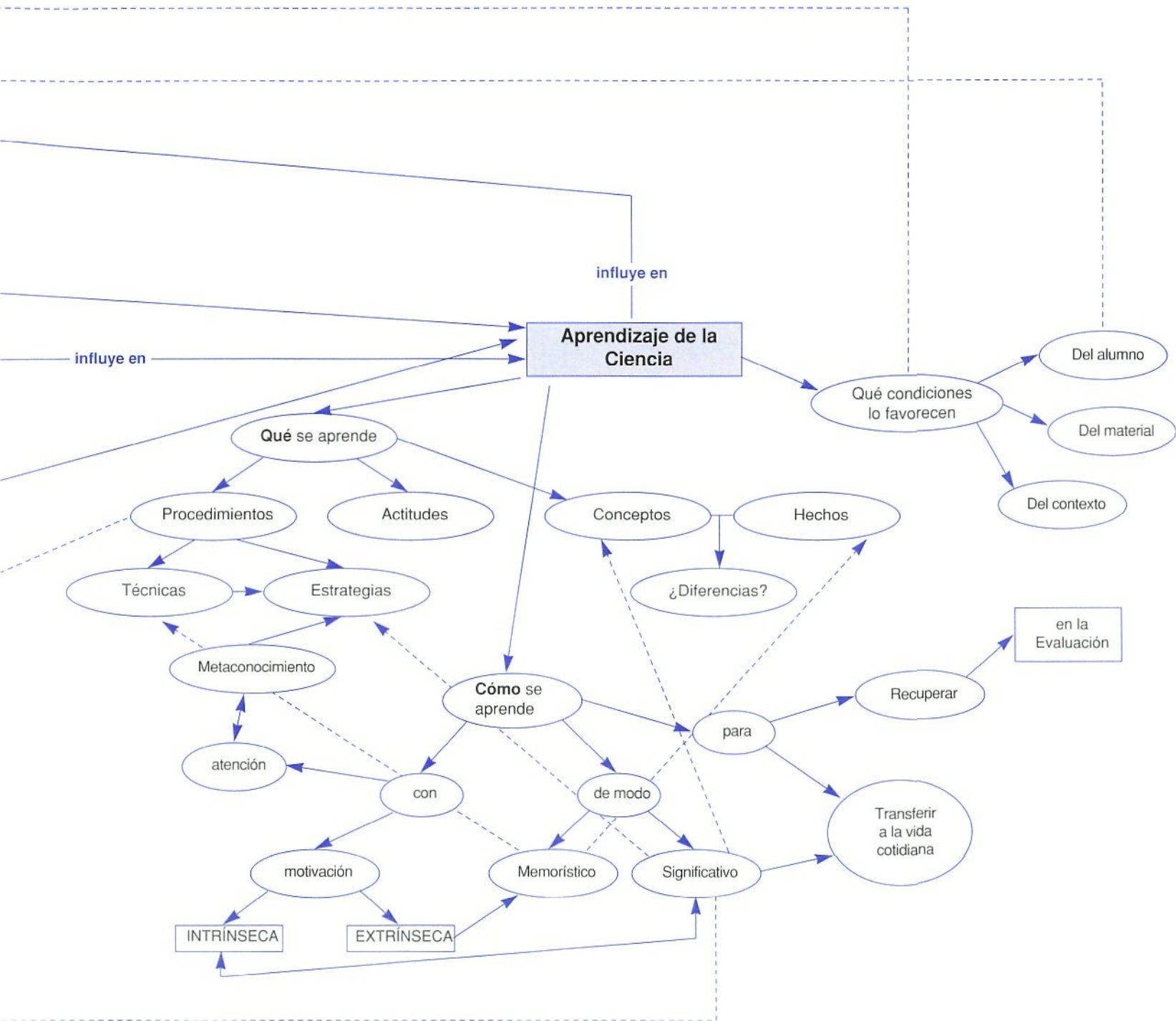
El objetivo de esta parte de los materiales será, precisamente, especificar algunos de esos condicionantes. Por razones de espacio y de eficacia, centraremos nuestra exposición en los dos últimos aspectos. En los últimos años los estudios sobre el aprendizaje y la enseñanza de la Ciencia han insistido especialmente en la necesidad de atender y tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos a la hora de enseñarles ciencias. En el módulo de Didáctica, y, más concretamente, en el apartado relativo a "Las concepciones previas de los alumnos", se desarrollan más explícitamente las estrategias didácticas que pueden adoptarse con respecto a esos conocimientos previos de los alumnos. Aquí nos detendremos, de modo complementario, en analizar el funcionamiento psicológico de los alumnos responsable de la aparición y persistencia de esas concepciones previas.

En primer lugar nos referiremos a los procesos cognitivos mediante los cuales los alumnos entienden la Ciencia. A este respecto se presentan dos enfoques distintos, pero complementarios, de entender dichos procesos: uno basado en el desarrollo de capacidades generales de pensamiento (denominadas como pensamiento formal a partir de las ideas de Piaget) y otro, más reciente, centrado en las ideas o conocimientos previos con que los alumnos llegan a las clases de ciencias. Se recomienda que, por los objetivos y el propio contenido de la exposición, la lectura de este último apartado (en especial los puntos "El origen de las ideas de los alumnos sobre la Ciencia" y "Organización de las ideas de los alumnos en teorías implícitas", centrado en las ideas de los alumnos sobre la Ciencia, se realice después de haber trabajado los ejercicios, tareas y actividades incluidos en el punto "Las concepciones previas de los alumnos" del módulo de

Didáctica de estos materiales, referidas al uso y significado didáctico de las ideas previas de los alumnos. Sólo así cobrarán sentido las reflexiones teóricas y curriculares que aquí se realizan sobre el origen y la organización cognitiva de esas ideas. Igualmente, el análisis que se realiza sobre la relación entre el desarrollo del pensamiento formal y la comprensión de la Ciencia puede ayudar a comprender mejor la parte dedicada al “Desarrollo cognitivo y afectivo” dentro del módulo de Didáctica.

El hecho de no incluir una exposición sobre los aspectos afectivos y sociales de la adolescencia se debe únicamente a limitaciones de espacio. No indica, desde luego, que no sean relevantes para las decisiones relativas al desarrollo y planificación del currículo, sino que por su naturaleza más general —no vinculada a áreas específicas del currículo— deben recibir un tratamiento igualmente general. Como veremos más adelante, los aspectos afectivos y sociales del desarrollo de los adolescentes harán aparición cuando tratemos de la inclusión de las actitudes como un contenido más del currículo de ciencias o cuando nos ocupemos de la motivación. Ello muestra que los aspectos afectivos y cognitivos tienen una estrecha relación en el aprendizaje de los alumnos. Pero sería imposible reducirlos a una breve o somera exposición. En la guía bibliográfica, incluida al final, se adjunta una sugerencia de lecturas desde las que podría abordarse este aspecto, que pueden complementarse, además, con las páginas dedicadas al desarrollo afectivo dentro del módulo de Didáctica.





“El contenido de esta primera parte está basado en una investigación titulada “Bases psicopedagógicas para la elaboración de un currículo de ciencias”, que ha sido financiada por el C. I. D. E. y en la que, además del autor, han colaborado Miguel Ángel Gómez Crespo, Margarita Limón y Ángeles Sanz. Una parte importante del texto ha sido tomada de la Memoria final de dicha investigación, posteriormente publicada por el Servicio de Publicaciones del M. E. C. con el título *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química.*”



La comprensión de la Ciencia por los adolescentes: pensamiento formal e ideas previas sobre la Ciencia

El Diseño Curricular Base (D. C. B.) adoptado por el M. E. C. y, en el caso que nos ocupa, su concreción en el área de Ciencias de la Naturaleza para el período de doce a dieciséis, asume una concepción del aprendizaje escolar basada en lo que hoy se ha dado en llamar **constructivismo**. Según el mencionado D. C. B. (plasmado posteriormente en el Real Decreto de Currículo), este enfoque se traduciría en que:

“Los alumnos construyen el conocimiento científico a partir de sus ideas y representaciones previas —más o menos intuitivas, más o menos erróneas, más o menos esquemáticas— sobre la realidad a la que se refiere dicho conocimiento. La enseñanza de la Ciencia consiste pues, fundamentalmente, en promover un cambio en dichas ideas y representaciones con el fin de acercarlas progresivamente al entramado conceptual y metodológico del conocimiento científico tal como aparece estructurado en el momento actual” (D. C. B., Educación Secundaria Obligatoria, vol. I, pág. 111).

Para el logro de este propósito, se considera necesario **partir del nivel de desarrollo del alumno** ya que éste determina, entre otras cosas, los conocimientos previos con los que el alumno accede al aula y con los cuales es necesario conectar los materiales de aprendizaje para lograr **la construcción de aprendizajes significativos**.

Esta opción es coherente con la investigación realizada en las últimas décadas sobre el aprendizaje y la enseñanza de la Ciencia, cuyo rasgo más característico ha sido sin duda la adopción de un enfoque **constructivo**. Si tuviéramos que resumir en una sola frase la idea central de este enfoque, recurriríamos sin duda al lema que abre

la **Psicología Educativa** de Ausubel, Novak y Hanesian (1978), cuyo espíritu es muy próximo a la posición psicopedagógica asumida en el D. C. B. y en el Real Decreto de Currículo (B. O. E. 13 de septiembre de 1992):

“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enseñese en consecuencia” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, pág. 1).

Pero si la mayor parte de los investigadores dedicados al aprendizaje y enseñanza de la Ciencia estuviesen de acuerdo en esta idea, el consenso se rompería fácilmente en cuanto intentáramos precisar un poco más su significado. Tal vez una de las razones por las que esta frase resulta tan aceptada sea precisamente su ambigüedad. Hay diversas formas de “averiguar” y conceptualizar “lo que el alumno ya sabe”, de las cuales se derivan implicaciones algo distintas con respecto a la concreción del área de Ciencias de la Naturaleza en opciones curriculares determinadas. No se trata ya tanto de defender o justificar la opción del constructivismo cuanto de precisar en qué consiste.

Aunque existan otras variantes, ha habido en la últimas décadas dos formas fundamentales de investigar “lo que el alumno ya sabe” sobre la Ciencia. Se trata, por un lado, de la teoría piagetiana de las **operaciones formales** (Inhelder y Piaget, 1955; también Carretero, 1985; Shayer y Adey, 1981). Y por otro, del más reciente enfoque de las **ideas previas** o concepciones alternativas de los alumnos sobre los fenómenos científicos (por ejemplo: Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Hierrezuelo y Moreno, 1988). Aunque ambos enfoques coinciden en algunos supuestos básicos (constructivismo, aprendizaje a partir de los conocimientos previos, etc.) difieren en otra serie de supuestos igualmente importantes que conducen a opciones curriculares en parte distintas.

Este capítulo estará dedicado a exponer lo que sabemos sobre cómo comprenden la Ciencia los alumnos, desde cada una de estas dos perspectivas, ya que proporcionan informaciones distintas, que pueden resultar complementarias. En primer lugar veremos las relaciones entre comprensión de la Ciencia y pensamiento formal para, a continuación, analizar algunos de los rasgos psicológicos de las ideas previas de los alumnos.

El pensamiento formal y la comprensión de la Ciencia

De los dos enfoques mencionados, el que posee una más larga tradición es el basado en la psicología evolutiva de Jean Piaget, un influyente psicólogo suizo que elaboró una ambiciosa teoría sobre el desarrollo cognitivo. La pregunta básica, a la que Piaget intentó responder, es: en qué consiste la inteligencia y cómo evoluciona con la edad. Tal vez, una buena forma de acercarse a las cuestiones relacionadas con el desarrollo de la inteligencia sea buscar nuestras propias respuestas con respecto a las relaciones entre inteligencia y comprensión de la Ciencia (para ello puede realizarse la actividad 1, contenida en el apartado de actividades). Piaget, tras largos años de investigación, propuso una teoría según la cual el desarrollo de la inteligencia pasaría por cuatro fases o **estadios** cualitativamente distintos, que se recogen en la tabla 1.1. Cada estadio se caracterizaría no sólo por una mayor inteligencia, sino, sobre todo, por una inteligencia diferente y crecientemente más compleja. Obsérvese que, aunque, las edades correspondientes a cada uno de estos estadios son meramente orientativas y aproximadas se corresponden, *grosso modo*, con las etapas establecidas en la nueva estructura del Sistema Educativo. (Consúltese los Reales Decretos de Educación Infantil, Primaria y Secundaria.)

Edad	Estadio	Características	Principales adquisiciones
0-2 años	Sensoriomotor	Inteligencia en acciones y percepciones	Permanencia del objeto y formación del símbolo
2-7 años	Preoperacional	Egocentrismo cognitivo y predominio de la percepción sobre la conceptualización	Desarrollo del Lenguaje y la comunicación
7-11 años	Operaciones concretas	Formación de conceptos y categorías más allá de la percepción	Clasificaciones Seriaciones
12-15 años	Operaciones formales	Estructurales Funcionales	Pensamiento abstracto y científico

Tabla 1.1. Estadios en el desarrollo

Aquí nos vamos a centrar en el período del pensamiento formal, por ser el que se corresponde con la adolescencia (un buen resumen con respecto a los estadios anteriores puede encontrarse en Flavell, 1977). En realidad podemos considerar que el pensamiento formal piagetiano no sería sino un análisis psicológico de los procesos y estructuras necesarios para enfrentarse a la realidad con la mentalidad de un científico. Razonar formalmente es razonar de un modo científico (Lawson, 1985). ¿Pero qué es razonar formalmente? Expondremos brevemente la respuesta piagetiana a esta pregunta, describiendo las características generales del pensamiento formal, para a continuación plantear algunas de las implicaciones de este modelo para la elaboración de un currículo de Ciencias de la Naturaleza.

Características generales del pensamiento formal

No vamos a detenernos en los rasgos que definen a las estructuras lógico-formales de Piaget (véase por ejemplo, Carretero, 1985; Flavell, 1963), dada su escasa aplicabilidad a situaciones escolares. Creemos preferible centrar la exposición en las características **funcionales** del pensamiento formal, que vendrían a ser los rasgos que diferencian el acercamiento científico a un problema de otras formas de pensamiento (Carretero, 1985; Pozo y Carretero, 1986).

La mejor manera de presentar estos rasgos es precisamente compararlos con los del estadio precedente (véase tabla 1.2.).

Pensamiento concreto	Pensamiento formal
<ul style="list-style-type: none"> • Centrado en la realidad • Se basa en los objetos realmente presentados • Incapacidad para formular y comprobar hipótesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a lo posible no a lo real • Carácter proposicional: se base en algún tipo de lenguaje • Naturaleza hipotético-deductiva: <ul style="list-style-type: none"> — Formulación — Comprobación

Tabla 1.2. Características funcionales del pensamiento formal

En primer lugar, el pensamiento concreto, como su propio nombre indica, estaría centrado en la realidad inmediata. Aunque el niño capaz de usar las operaciones concretas puede ya ir más allá de las apariencias perceptivas por medio de la conceptualización, su pensamiento sigue ligado a lo concreto, a lo real, más que a lo posible. Diríamos que el pensamiento concreto trabaja con y sobre un dominio de objetos constituido por objetos y dimensiones del mundo real.

En cambio, las operaciones formales trascienden lo real, el “aquí y ahora”, para plantearse, en un mismo nivel de análisis, lo potencial o lo posible. Las operaciones formales, en cuanto descripción psicológica del pensamiento científico, no se referirían tanto a la realidad próxima como a todas las realidades posibles. En el pensamiento formal, **lo real pasa a ser un subconjunto de lo posible**. La Ciencia no se refiere nunca a una realidad concreta, aunque pueda aplicarse a ella, sino que se refiere sobre todo a lo posible y a lo necesario. Trata de establecer ciertas leyes necesarias en lugar de ocuparse sólo de la realidad contingente, como haría una persona que utilizase un pensamiento concreto. Las leyes de la mecánica han de explicar tanto el movimiento de los objetos más próximos, perceptibles aquí y ahora, como el comportamiento de los más lejanos planetas o de las sondas espaciales que se desplazan en el vacío. En cambio, el pensamiento concreto opera sólo sobre la realidad inmediata.

De esta primera diferencia surge una segunda muy importante. Si las operaciones formales no trabajan con objetos del mundo real sino con dimensiones y variables posibles, operarán no con objetos físicos sino con operaciones —concretas, por supuesto— previamente realizadas con esos objetos. Las operaciones formales serán operaciones de segundo orden u “operaciones sobre operaciones” (Piaget, 1974). Ello supone que las operaciones formales se basan en algún lenguaje o sistema de símbolos, mediante el que se representan los objetos, más que en los objetos mismos. Las matemáticas, el álgebra o el lenguaje químico son buenos ejemplos de estos sistemas de simbolización. Este llamado **carácter proposicional** supone que el pensamiento formal se apoya en un código o lenguaje simbólico, sin cuyo dominio será muy difícil, si no imposible, comprender la Ciencia, ya que estaremos limitados a razonar sobre objetos reales y no sobre sistemas simbólicos.

Las dos características anteriores hacen posible el rasgo funcional más importante del pensamiento formal: su **naturaleza hipotético-deductiva**. Al superar la realidad inmediata, las operaciones formales permiten, no sólo, buscar explicaciones de los hechos que vayan más allá de la realidad aparente sino, además, someterlas a comprobaciones sistemáticas. Estos dos procesos, la formulación y la comprobación de hipótesis, están estrechamente vinculados y diferencian al pensamiento formal de otros tipos de pensamiento más elementales, en los que la persona puede buscar ciertas explicaciones para los hechos, pero éstas no pasan de conjeturas o suposiciones ya que no son sometidas a comprobación. En la Ciencia esta comprobación se realiza bien por experimentación basada en el control de variables, bien por evaluación de casos o situaciones percibidas y supone un rasgo esencial que diferencia al pensamiento científico de otras formas abstractas de pensamiento (religioso, filosófico, etc.).

Como puede verse, estas tres características son lo bastante generales como para abarcar todas las modalidades del pensamiento científico. Sin duda, la mayor parte de la actividad científica, sea en el área de lo natural o de lo social, trasciende lo real por medio de un lenguaje que implica un dominio de representación propio y se basa en procedimientos de formulación y comprobación de hipótesis. Para ilustrarlos podemos plantearnos cómo resolverían alumnos de distintas edades la tarea contenida en la actividad 2 (véase apartado de actividades). Igualmente podemos analizar —resolviéndola nosotros mismos— cuáles son los procesos de pensamiento científico que hay que poner en funcionamiento para resolver dicha tarea.

Implicaciones del pensamiento formal para la comprensión de la Ciencia

Los supuestos básicos de la psicología genética de Piaget poseen serias implicaciones educativas, algunas de las cuales están reflejadas en las nuevas orientaciones curriculares, desde la correspondencia entre los estadios piagetianos y los ciclos educativos hasta, en el caso de la Secundaria Obligatoria, el propósito explícito de alentar el desarrollo del pensamiento formal. Más allá de su relevancia para la comprensión de nociones científicas específicas, la teoría piagetiana de las operaciones formales parte de unos supuestos sobre el funcionamiento cognitivo del alumno sobre los que es importante reflexionar, ya que podrían afectar también a la arquitectura del currículo. Estos supuestos, no siempre explícitos en los escritos de Piaget, serían los siguientes (Pozo y Carretero, 1986, 1987):

- a) Los adolescentes, a partir de los once y doce años, poseen un pensamiento cualitativamente distinto al de los niños pero similar al de los adultos, ya que a partir del acceso al pensamiento formal no hay ya progresos estructurales sino únicamente acumulación de nuevos conocimientos. Por tanto, el pensamiento formal es la forma característica de pensar de los adolescentes pero también, y muy especialmente, de los adultos. Fomentar el desarrollo del pensamiento formal es, por tanto, una de las formas de alentar el paso de una inteligencia adolescente —o de transición de las operaciones concretas a las formales— a una inteligencia adulta —plenamente formal.
- b) En condiciones normales de escolarización, el pensamiento formal es casi universal, es decir, la mayor parte de los adolescentes mayores de quince años y los adultos serían capaces de utilizar, espontáneamente, formas de pensamiento formal. Aunque la teoría de Piaget es, sobre todo, una teoría sobre cómo se desarrolla el conocimiento en el niño, y no una teoría sobre cómo debe enseñarse, esa teoría del desarrollo puede ser prescriptiva para la enseñanza de la Ciencia, siempre que creamos que ésta debe basarse en procesos psicológicos similares a los que se producen en el desarrollo “espontáneo” (es decir, no planificado mediante la instrucción) del alumno. Este es un punto sobre el que volveremos más adelante.

-
- c) El pensamiento formal está basado en el desarrollo de estructuras lógicas de carácter general que subyacen al uso de cada uno de los esquemas u operaciones formales (como, por ejemplo, el control de variables, la combinatoria y el uso de proporciones). En consecuencia, el pensamiento formal constituye un “sistema de conjunto”, o si se prefiere así, un modo de pensar homogéneo. Una vez que construye esas estructuras lógicas, el alumno está capacitado para resolver cualquier tarea que requiera el uso de las operaciones formales, con independencia de cuál sea el esquema operatorio implicado. En otras palabras, el pensamiento formal es, con mayor motivo que el resto de los estadios, una inteligencia general en vez de una serie de habilidades específicas. Este punto es potencialmente muy importante para la estructura del currículo, ya que, junto con el siguiente, implicaría una posición muy clara con respecto a la opción entre estructura disciplinar o de área, o incluso de las posibles relaciones entre las distintas áreas del currículo de Secundaria.
- d) En conexión con lo anterior, el pensamiento formal, dado su carácter proposicional, atiende a la estructura de las relaciones lógicas y no a los contenidos concretos de las tareas. Es decir, la homogeneidad del pensamiento formal no sólo afecta a un uso solidario de los diversos esquemas sino también a su aplicación por igual a diversos dominios de conocimiento. Lo que determina la complejidad de una tarea es la estructura lógica de las operaciones necesarias para resolverla —que se refleja en la necesidad o no de utilizar alguno de los esquemas formales— pero no su contenido. Por tanto, el pensamiento formal o científico se adquiere más bien de un modo general y no por separado en cada una de las áreas del currículo o dominios del conocimiento.

Los cuatro supuestos anteriores son un buen punto de partida para reflexionar sobre las implicaciones curriculares de la teoría piagetiana de las operaciones formales. Al suponer que la construcción del conocimiento científico se halla subordinada a un proceso de desarrollo de estructuras generales de conocimiento, la propia enseñanza de la Ciencia deberá, desde los supuestos piagetianos, adecuarse a ese desarrollo cognitivo general. La más obvia implicación es, por tanto, que la enseñanza de la Ciencia debe adecuarse al nivel cognitivo de los alumnos e incluso, yendo más allá, debe promover niveles más elevados de desarrollo cognitivo o acelerar éste.

Ante todo, el estadio de las operaciones formales es un período cognitivamente diferenciado de los períodos anteriores. En otras palabras, el adolescente es capaz de pensar y de concebir la realidad de un modo distinto al de los niños. Este salto cualitativo justifica la **existencia de una etapa educativa claramente diferenciada de la anterior**, tanto en sus objetivos, como en sus contenidos y métodos. En el caso del conocimiento científico, muchos conceptos y formas de pensamiento inaccesibles a las operaciones concretas pueden ya ser utilizadas y ejercitadas por los adolescentes.

Pero ese pensamiento formal posee, de aceptar la teoría de Piaget, una “estructura de conjunto”; no se trata de destrezas adquiridas separadamente sino de un sistema de operaciones integradas las unas en las otras. Por tanto, parece razonable también fomentar esas habilidades de forma global o integrada. Si los esquemas operatorios formales se adquieren solidariamente y son, en gran medida, independientes del contenido al que se aplican, la estrategia didáctica más razonable sería fomentarlos también de un modo global o conjunto. En la epistemología genética piagetiana, las estructuras o las formas predominan sobre los contenidos, que se derivarían a partir de aquellas. **Un enfoque de ciencia integrada durante la adolescencia** parece más coherente con la posición

piagetiana, ya que permite que la enseñanza de la Ciencia se organice en torno a esas estructuras más generales de conocimiento, en lugar de centrarse en contenidos específicos que, según la propia teoría, resultan secundarios.

La predominancia de los aspectos formales sobre los contenidos específicos en el pensamiento formal piagetiano (al fin y al cabo es eso: pensamiento "formal") ha supuesto también un énfasis mayor en los procesos generales de pensamiento que en los conocimientos disciplinares. Dentro de la falsa —pero muy habitual— contraposición entre métodos y conceptos, el pensamiento formal sería ante todo un método o forma nueva de pensar que permite acceder a nuevos contenidos o conceptos. Por consiguiente, los desarrollos curriculares basados en la obra de Piaget han centrado la enseñanza de la ciencia en el **fomento de habilidades y estrategias de pensamiento científico** (formulación y comprobación de hipótesis, control de variables y experimentación, razonamiento combinatorio, solución de problemas, etc.) más que en la transmisión de los sistemas conceptuales de la ciencia.

Este último supuesto ha llevado también a que la enseñanza de la ciencia basada en la obra piagetiana se apoye esencialmente en **metodologías didácticas basadas en el descubrimiento o la investigación**, más que en la exposición o transmisión de conocimientos. Obviamente, la mejor forma de adquirir procedimientos y estrategias es ejercitarlos en la solución de problemas. Si queremos que el alumno aprenda a pensar de una forma análoga a la de un científico, lo mejor es enfrentarle a situaciones en las que deba poner en funcionamiento habilidades similares a las de un científico (observar, medir, formular hipótesis, experimentar sobre ellas, etc.).

Sin embargo, no parece que el pensamiento formal, a la luz de los datos actuales, sea tan general e independiente del contenido como la teoría piagetiana suponía. Un breve repaso a esos datos nos indicará algunas de las críticas e insuficiencias del pensamiento formal en su aplicación al diseño curricular en Ciencias de la Naturaleza. Esas críticas justifican en parte la orientación tomada en los últimos años por la investigación en este área, basada en el estudio de la comprensión de nociones específicas por los alumnos en vez de en el estudio de capacidades o habilidades generales.

Datos actuales sobre el desarrollo del pensamiento formal: limitaciones en su uso

Los resultados obtenidos en las últimas décadas con respecto al desarrollo del pensamiento formal son, en su mayor parte, consistentes con la teoría general desarrolladas por Inhelder y Piaget (1955). La obra de Inhelder y Piaget no sólo constituye el primer intento sistemático de investigación psicológica sobre el pensamiento científico, sino que posiblemente aún hoy sigue siendo el más completo estudio sobre el tema.

Pero junto a estas aportaciones, hay que reconocer que las formulaciones piagetiana se han encontrado, en algunos aspectos cruciales de su teoría, con fuertes datos en contra. Antes de repasar algunos de esos datos provenientes de investigaciones, tal vez sea útil reflexionar, a partir de las preguntas contenidas en la actividad 3 (véase apartado de actividades), sobre cómo, cuándo y para qué suelen usar los alumnos el pensamiento formal. Igualmente, podemos intentar responder esas preguntas con respecto a nosotros mismos. Y finalmente, por si nos queda alguna duda, podemos intentar resolver la actividad 4 (también en apartado de actividades).

Tal vez de los ejercicios anteriores surja una conclusión general: buena parte de los alumnos no son capaces de utilizar el pensamiento formal en tareas que así lo requieren (¡y a veces nosotros tampoco!). Esta conclusión intuitiva o extraída de la propia experiencia ha sido confirmada en muchas investigaciones recientes. El porcentaje

de sujetos que resuelven formalmente tareas científicas se sitúa en torno a un 50% en el mejor de los casos. Además esta dificultad en el uso del pensamiento formal no es un rasgo “adolescente”: aqueja casi por igual a adolescentes y adultos (universitarios y profesores incluidos).

Esta falta de generalidad en el uso del pensamiento formal, se une a otro dato: la inconsistencia en el uso del pensamiento formal por un mismo sujeto de un contexto a otro, ponen en duda la utilidad del concepto de estadio. Si una persona actúa de un modo “formal” ante una tarea y de un modo “concreto” ante otra tarea aparentemente similar, el interés de los investigadores —y de los educadores— se desvía de las estructuras cognitivas o de los estadios a los factores contextuales que facilitan o dificultan su aplicación a las tareas. ¿Es el pensamiento formal (o científico) una capacidad general que se adquiere con independencia del contenido o hay que aprender a razonar como un científico en cada una de las áreas del currículo por separado?

Difícil pregunta (con implicaciones para la organización por áreas **versus** disciplinar de los contenidos en el currículo). Para responderla podemos volver a las tareas contenidas en la actividad 2. Cuando esta tarea se aplicó a varios grupos de adolescentes y a alumnos del C. A. P. pertenecientes a grupos de “ciencias” (físicos) y “letras” (historiadores), se comprobó que los físicos la realizaban mucho mejor que el resto de los grupos (Pozo, 1987). Por su parte, los historiadores resolvían mucho mejor que los físicos, una tarea histórica que requería el uso del pensamiento formal (Pozo y Carretero, 1989) y, en cambio, resolvían esta tarea de mecánica al mismo nivel que los adolescentes y, en algunos aspectos de la misma, incluso a un nivel inferior que los estudiantes de B. U. P.

O sea, que el pensamiento formal no es una capacidad tan general. Podemos decir que el pensamiento formal es una condición **necesaria por no suficiente** para resolver tareas científicas (Pozo y Carretero, 1987). ¿Qué se requiere además? El estudio con las tareas de planos inclinados mostraba claramente que lo que diferenciaba a los físicos de los historiadores eran los conceptos que utilizaban para entender las tareas. Mientras que los físicos utilizaban conceptos propios de la física —¡aunque no siempre!— los historiadores, como los adolescentes tendían a recurrir a ideas o conceptos alternativos, científicamente erróneos y bastante generalizados. Parecían mostrar una “mecánica intuitiva” bastante alejada de la mecánica newtoniana contenida en los libros que unos y otros habían estudiado.

Este es un dato bastante conocido en la investigación reciente sobre la enseñanza de la Ciencia, debido a las numerosas investigaciones que se han hecho sobre las ideas previas o concepciones alternativas de los alumnos ante muy diversos fenómenos científicos. Estos estudios constituyen de hecho un enfoque alternativo que ha venido en buena medida de complementar al piagetiano en la investigación sobre enseñanza de la Ciencia. Si el pensamiento formal está más relacionado con la adquisición de procedimientos, el estudio de las ideas previas de los alumnos es muy útil para entender cómo aprenden los conceptos científicos.

Las ideas previas de los alumnos sobre la Ciencia y su influencia en el aprendizaje

Siempre que una persona intenta comprender algo —por ejemplo, un profesor que se pregunta por qué los alumnos tienen dificultades especiales para entender un concepto o un alumno que intenta comprender la transformación de un líquido en un gas— necesita activar una idea o conocimiento previo que le sirva para organizar esa situación y darle sentido. La experiencia previa del profesor en la enseñanza de ese mismo contenido o los

conocimientos previos del alumno con respecto a la evaporación serán determinantes de la explicación que uno y otro den finalmente del fenómeno en cuestión. Si queremos ayudar al profesor a enseñar mejor ese contenido o al alumno a comprender los cambios de estado, debemos de saber cuáles son sus conocimientos previos.

En los últimos años ha aparecido un gran número de estudios sobre las ideas y conocimientos previos de los alumnos en muy diversas áreas del conocimiento científico. Disponemos, así, de datos abundantes con respecto al conocimiento de los alumnos con respecto a los fenómenos físicos y químicos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Hierrezuelo y Montero, 1988) y biológicos (Giordan y de Vecchi, 1987). No vamos a detenernos aquí en analizar con detalle esas ideas ni cuáles son las más características en cada área concreta. Tampoco nos ocuparemos del tratamiento didáctico que pueden recibir estas ideas ni de su uso como criterio para la planificación y secuenciación de los contenidos en el currículo, ya que todos estos aspectos reciben un tratamiento específico en otras partes de estos Materiales. En este apartado, analizaremos las ideas de los alumnos desde una perspectiva **psicológica**, intentando dar respuesta a cuatro preguntas básicas:

- a) ¿Por qué tienen los alumnos ideas previas sobre la ciencia que influyen en su aprendizaje?
- b) ¿Qué tipo de ideas tienen y por qué tienen precisamente esas ideas?
- c) ¿Cómo se organizan esas ideas en la mente del alumno?
- d) ¿Cómo cambian esas ideas, o sea, cómo se aprenden los conceptos científicos?

Estas cuatro preguntas, relativas, respectivamente, al **origen**, la **naturaleza**, la **organización** y el **cambio** de las ideas previas nos permitirán además complementar algunos de los aspectos señalados en la exposición anterior sobre la teoría de Piaget, a la vez que destacamos las diferencias entre la posición piagetiana y el presente enfoque de las ideas previas con respecto a los procesos psicológicos implicados en la comprensión y el aprendizaje de la ciencia.

¿Por qué tiene los alumnos ideas previas sobre la Ciencia que influyen en su aprendizaje?

La respuesta a esta pregunta es la que da sentido al llamado **constructivismo**, una manera de entender el funcionamiento psicológico de las personas según el cual no podemos conocer el mundo de un modo directo sino a través del filtro impuesto por nuestras ideas o expectativas. La idea constructivista que podría resumirse brevemente con una frase de Koffka, quien decía que "*vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros*", supone que siempre que intentamos entender o dar significado a algo lo hacemos a partir de una idea o un conocimiento previo que tenemos. Podemos hacer fácilmente una actividad que ilustra lo que estamos diciendo.

La *influencia de las expectativas e ideas previas sobre la forma en que percibimos y actuamos en el mundo* no es algo exclusivo de los estudios sobre comprensión de la ciencia en los alumnos. De hecho, tener ideas previas influyentes y reacias al cambio no es algo que caracterice a los alumnos que estudian ciencias, sino que más bien es un rasgo que define al funcionamiento cognitivo del ser humano. Casi todo lo que hacen las personas está determinado por la forma en que intentan dar sentido a las cosas que les suceden y las personas que les rodean. Sin ir más lejos, todo profesor, para llevar a cabo su labor, debe de interpretar lo que hace los alumnos —y sus compañeros— con el fin de poder predecir su conducta. La actividad 5 contenida en el apartado de actividades plantea una típica situación escolar a la que como profesor hay que dar sentido.

Una de las formas de entender por qué tenemos ideas causales tan influyentes y persistentes sobre la realidad es comprender las funciones que el conocimiento causal tiene en nuestra vida ordinaria. Dejando a un lado reflexiones de otro calibre (véase Pozo, 1989) nuestras ideas o conceptos sirven, en palabras de Bruner, Goodnow y Austin (1956), para “liberarnos de la esclavitud de lo particular”. De un modo más específico parecen cumplir dos funciones fundamentales para nuestra supervivencia física y mental.

En primer lugar nos permiten **predecir** acontecimientos futuros, deseados o temidos. Pero además de predecir esas situaciones las podemos **controlar**. Será conveniente predecir la trayectoria que va a seguir un balón que se dirige velozmente hacia nosotros, ya que nos permitirá apartarnos, o conocer qué materiales “conducen la electricidad” cuando estamos arreglando una instalación eléctrica, o, también, saber por qué se ríen tanto los alumnos mientras les explico con toda seriedad qué son los catalizadores, o cómo funciona un microondas. Los estudios realizados tanto con animales como con personas muestran que la pérdida de predecibilidad y de control sobre los acontecimientos es sumamente dañina para los organismos. Un organismo que no controla hechos relevantes de su entorno es un organismo indefenso y demasiado vulnerable.

Claxton (1984), en su amena y provocadora reflexión sobre la función de las teorías personales en el aprendizaje, establece dos reglas que regirían las relaciones constructivas entre esas teorías y el mundo:

*“Esto nos lleva a dos principios muy importantes: **lo que hago depende de lo que mi teoría me dice sobre el mundo, no de cómo es el mundo en realidad.** Puede que la serpiente sea una cuerda, pero corro; quizás la silla sea un holograma, pero me siento; puede que el guardia de tráfico sólo quiera saber el resultado del partido, pero los nervios se me agarran al estómago cuando le veo acercarse; es posible que la clase esté inquieta porque la madre de Diana ha tenido que ir al hospital, pero mi reacción es la de creer que no les gusta y que los vikingos les aburren. Sin embargo: **lo que sucede después depende de cómo es el mundo en realidad, no de cómo creo que es.** Si cometo el error contrario y creo que la serpiente es un trozo inofensivo de cuerda vieja, esto no va a impedir que me muerda” (Claxton, 1984, págs. 33-34 de la trad. cast).*

Estas relaciones pueden variar según sea la naturaleza del objeto al que se refiere nuestro conocimiento; así, las personas tenemos la a veces agradable y a veces sinuosa tendencia a adaptar nuestra conducta a las expectativas que los demás tienen con respecto a ella, cosa que no hacen los objetos físicos. Más allá de estas posibles diferencias, estas relaciones rigen en general los procesos de construcción del conocimiento, a los que volveremos más adelante.

Pero las personas no intentamos sólo predecir y controlar sino también **explicar** o, si se prefiere, atribuir un efecto a una determinada causa. Se ha comprobado por ejemplo que un factor que influye en la motivación de los alumnos —y de los profesores— es la interpretación que hacen de sus éxitos y fracasos. Lo grave no es sólo fracasar sino cómo explicamos el fracaso. Si lo atribuimos a causas que no controlamos, nos hallaremos indefensos ante el futuro. Por ello, en ocasiones resulta más conveniente desde el punto de vista de nuestra autoestima crearnos lo que los psicólogos denominan una **ilusión de control**, es decir, creer que controlamos incluso los acontecimientos que están fuera de nuestro control. Las creencias mágicas y sobrenaturales en los pueblos primitivos, o incluso entre nosotros, parecen tener una función de controlar —aunque sea ilusoriamente— fenómenos naturales muy relevantes para la vida social. Sean animistas o causales, las explicaciones reducen lo aleatorio y lo incierto, infundiéndonos mayor seguridad en nuestras muchas veces aleatorias e inciertas decisiones y creencias. Abandonar una idea en la que creemos supone perder control sobre la realidad a no ser que dispongamos de una idea mejor.

Una de las razones para la resistencia de los alumnos al cambio conceptual puede ser que la nueva explicación no dé cuenta, a los ojos de los alumnos, de todo lo que su concepción, por alternativa que sea, controla y explica (Johnson, 1987) ha mostrado que esa resistencia se produce no sólo entre los alumnos, sino también entre los profesores cuando se ven enfrentados a abandonar su modelo didáctico habitual por otro nuevo, supuestamente más eficaz. Más adelante, volveremos sobre la influencia de las ideas previas sobre el cambio conceptual y el aprendizaje de la Ciencia.

Pero si la explicación causal de los hechos es tan relevante para nuestro funcionamiento cognitivo, cabe esperar que las personas dispongamos de procedimientos eficaces y poco costosos para obtener información causal sobre el mundo. De hecho, parece haber ciertos procesos cognitivos y sociales en el origen de las ideas que los alumnos tienen sobre la Ciencia, que estarían en buena medida relacionados con esos procesos de inferencia causal.

El origen de las ideas de los alumnos sobre la Ciencia

Hay, ya, un buen número de sugerencias sobre las causas psicológicas de que los alumnos tengan las ideas que tienen sobre muchas situaciones (por ej., Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo, 1987; Pozo *et al.*, 1991). Esas causas irían desde el predominio de lo perceptivo, o el uso de un razonamiento causal simple, hasta la influencia de la cultura y la sociedad, canalizada especialmente a través del lenguaje y de los medios de comunicación, sin olvidar los efectos nocivos de ciertas formas de enseñanza, que, a veces, no sólo no modifican las ideas de los alumnos, sino que además generan nuevas ideas científicamente erróneas (sobre la relación entre las ideas de los alumnos y el contenido, no siempre adecuado, de los propios libros de texto véase el Módulo de Didáctica de estos mismos materiales).

Aunque posiblemente todas estas fuentes —y algunas otras no mencionadas o tal vez impensadas aún— estén interactuando en el origen de las ideas de los alumnos, es importante analizar las distintas implicaciones de cada uno de esos tipos de causa, ya que se ha sugerido que la estabilidad y la propia naturaleza representacional de las concepciones de los alumnos dependen en parte de los procesos mediante los que se han construido, por lo que no sería descabellado pensar que su cambio requiera a su vez estrategias didácticas distintas.

Todas las causas antes mencionadas pueden, a nuestro entender (véase Pozo *et al.*, 1991) clasificarse en tres grandes grupos, que originarían tres tipos de concepciones levemente diferenciadas, aunque en continua interacción, que, dejando para más adelante los ejemplos que aclaren su significado preciso, podrían resumirse así:

- a) **Origen sensorial: Concepciones espontáneas.** Se formarían en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos —en el caso del mundo natural— mediante procesos sensoriales y perceptivos. Más adelante nos referiremos con más detalle a algunas de estas reglas.
- b) **Origen cultural: Representaciones sociales.** El origen de estas concepciones no estaría tanto dentro del alumno como en su entorno social, de cuyas ideas se impregnaría el alumno. La cultura es entre otras muchas cosas un conjunto de creencias compartidas por unos grupos sociales, de modo que la educación y la socialización tendrían entre sus metas prioritarias la asimilación de esas creencias por parte de los individuos. Dado que el sistema educativo no es hoy el único vehículo —y a veces ni siquiera el más importante— de transmisión cultural, los alumnos accederían a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

-
- c) **Concepciones analógicas:** a pesar de la ubicuidad de las concepciones alternativas, existen algunas áreas de conocimiento con respecto a las cuales los alumnos carecerían de ideas específicas, ya sea espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas, se verían obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio. Cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. De esta forma, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sea generadas por los propios alumnos o sugeridas a través de la enseñanza.

Esta distinción no implica que desde un punto de vista cognitivo las diferentes concepciones funcionen por separado. De hecho, como acabamos de sugerir, las analogías se basan en concepciones ya existentes, normalmente formadas a través de las otras vías. Del mismo modo, las concepciones socialmente transmitidas deben ser asimiladas por cada persona en función de sus conocimientos previos, en los cuales, obviamente, las concepciones espontáneas desempeñan una función primordial. En todo caso, hay motivos para creer que las ideas previas pueden ser de diferente naturaleza en unos dominios y otros. El conocimiento sobre el mundo natural es en muchos casos espontáneo y tiene su origen en la percepción inmediata del entorno y en un razonamiento intuitivo que intenta dar sentido al comportamiento de los objetos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo *et al.*, 1991).

Sin embargo, en algunas áreas del mundo físico, y sobre todo químico, por ser inaccesibles a la percepción directa, las ideas de los alumnos se basan, en gran medida, en modelos o analogías recibidos a través de la enseñanza, pero no siempre bien asimilados. No obstante, la fuerte influencia de los medios de comunicación hace que en algunas áreas del conocimiento científico las ideas de los alumnos estén constituidas por “representaciones sociales” que, en lugar de ser una construcción más o menos espontánea del alumno, se transmiten a través de esos canales de socialización (por ej., las ideas sobre el S. I. D. A., el equilibrio ecológico o los peligros de la energía nuclear).

Dejando a un lado los otros dos orígenes mencionados (puede encontrarse un análisis de los mismos en el Módulo de Didáctica de estos mismos materiales), vamos a resumir algunas de las reglas de inferencia y búsqueda causal que las personas ponemos en marcha cuando nos encontramos ante la necesidad de explicar, predecir o comprender algún fenómeno: Estas reglas vendrían a constituir, de alguna forma, esa “metodología de la superficialidad” con la que según algunos autores (por ej., Gil, 1983), los alumnos se acercan a los acontecimientos científicos (véase más adelante la tabla 1.3.) y que en muchos casos serían opuestas a los esquemas más complejos de explicación y relación causal que se establecen en el conocimiento científico, explicando en parte las diferencias entre el conocimiento intuitivo de los alumnos y ese conocimiento científico (véase el próximo apartado).

Existe un primer principio en nuestro pensamiento causal cotidiano, que no se recogería directamente en la tabla, pero que es útil para entender la naturaleza de nuestras búsquedas causales. Como diversos autores han destacado, los alumnos tienden a **explicar los cambios, no los estados**. Por ejemplo, en contra de los supuestos de la mecánica newtoniana, los alumnos suelen mantener la creencia aristotélica de que el estado o el reposo es el estado “natural” de las cosas, de tal forma que todo movimiento debe ser explicado, y por tanto todo movimiento implica una causa —en este caso, una fuerza—. Igualmente, en su comprensión de los fenómenos químicos los alumnos buscan explicaciones a los cambios aparentes pero no a los estados, lo que les impide comprender conceptos como el de reacción química. Asimismo, se fijan más en el estado final de una transformación que

en su estado inicial, lo que les va a dificultar comprender todos aquellos conceptos que impliquen conservaciones no observables o el mantenimiento de estados dinámicos de equilibrio.

La asimetría establecida por los alumnos entre los estados —que no precisan explicación— y los cambios —que deben ser explicados— es común a nuestro pensamiento cotidiano. Pocas veces nos preguntamos sobre el funcionamiento de nuestro coche... hasta que algo deja de funcionar; hay que explicar por qué se separan las parejas... no por qué siguen juntos.

Adquirir una actitud científica —uno de los objetivos irrenunciables de la enseñanza de la ciencia en el período obligatorio— es en parte aprender a hacerse preguntas sobre el estado de las cosas, sobre lo normal y cotidiano. Esta centración en los cambios más que en los estados supone para los alumnos una importante limitación para construir algunos de los esquemas esenciales para la comprensión de la ciencia, como son las nociones de conservación y equilibrio (véase más adelante el punto dedicado a la organización de las ideas de los alumnos).

En la comprensión de la ciencia por los alumnos se ha destacado, repetidamente, que sus concepciones se centran, casi exclusivamente, en lo observable, que su pensamiento está “dominado por lo perceptible”. Así, la luz sólo existe cuando sus efectos son observables, los rozamientos no se conciben como fuerzas y los gases tienen propiedades cuando no son visibles. De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla que afirmaríamos algo así como que “**lo que no se percibe, no se concibe**”.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Contigüidad Temporal 2. Contigüidad Espacial 3. Covariación (co-ocurrencia) 4. Semejanza causa-efecto <ul style="list-style-type: none"> • cualitativa • cuantitativa
--

Tabla 1.3. Reglas del razonamiento causal cotidiano

Otra regla que todos nosotros solemos usar en nuestros análisis causales cotidianos es la regla de semejanza. Dejando a un lado otras situaciones en las que las personas aplicamos esta regla, en nuestros análisis causales tendemos a creer que existe una **semejanza** básica entre las causas y los efectos, por lo que ante un efecto novedoso tendemos a buscar causas similares a él en algunos aspectos.

Una de las implicaciones de esta regla es que las personas tendemos a creer que existe una semejanza entre los hechos y los modelos que los explican. Los que no somos expertos en un área tendemos a explicar los estados emocionales de las personas por causas emocionales, o la situación económica de un país por causas económicas, mientras que los expertos admiten una más compleja relación entre causas y efectos de naturaleza diferente.

Otro tanto les sucede a los alumnos con la ciencia. Si en el mundo observable o macroscópico, la materia es continua así será también en el mundo microscópico. Una consecuencia de esta regla será que tenderemos a atri-

buirle a la realidad desconocida las propiedades de los modelos conocidos o más accesibles. Dado que nosotros mismos somos la parte del mundo sobre la que más conocimiento tenemos acumulado y accesible (aunque no siempre sea muy certero), tenderemos a pensar que el mundo se nos parece. Así, los niños, e incluso los adultos, tendemos a atribuir propiedades animistas al mundo inanimado o, en el área de biología, a explicar la conducta de los organismos con criterios “antropocéntricos”, atribuyendo a los animales intenciones y metas similares a las que atribuimos a nuestra propia conducta y a la de los demás (por ej., el perro que ladra “para” que le demos de comer). Cuando los niños aprenden que “las plantas respiran” inmediatamente les atribuyen pulmones y órganos respiratorios, la condensación es interpretada como si fuera un fenómeno de sudoración, etc. El uso de esta regla de semejanza está relacionado con la activación de modelos analógicos, uno de los orígenes de las ideas de los alumnos a los que nos referimos anteriormente.

Pero esta regla de semejanza tiene una segunda consecuencia sobre nuestros juicios causales. Además de creer en ocasiones que las causas son de la misma naturaleza que los efectos observados, tendemos a creer muchas veces que existe una semejanza o correspondencia cuantitativa entre ambas. Según el conocido dicho de que “a grandes males, grandes remedios”, tendemos a creer, de forma intuitiva, que a grandes efectos, grandes causas. Así, un cambio en la cantidad de efecto se debe corresponder con un cambio similar en la cantidad de causa, y viceversa. Ante un recipiente con agua hirviendo (a 100° C), los alumnos creen que si incrementamos la intensidad del fuego aumentará en correspondencia, la temperatura del agua. En mecánica tienden a creer que el movimiento de los objetos está causado por una fuerza en la dirección del movimiento que aumenta a medida que el objeto se acelera y disminuye a medida que éste decelera.

Otra de las reglas habituales en el razonamiento causal cotidiano de los alumnos es la **contigüidad espacial** entre causa y efecto. La causa debe estar próxima, si no en contacto directo con el efecto. Aunque en algunos dominios podemos admitir la causalidad indirecta o mediada, tendemos a buscar las causas cerca o en contacto con los efectos, o, en palabras de Andersson (1986), **cuanto más cerca, mayor es el efecto**. Así, ante un circuito eléctrico, los alumnos creen que cuanto más alejada está una bombilla de la fuente de energía menos lucirá y que una pérdida de contacto entre causa y el efecto disminuye o hace desaparecer la relación causal. El razonamiento secuencial de los alumnos sobre circuitos eléctricos no es el único ejemplo de la necesidad de ese contacto. Otros similares se contrarian en mecánica —un objeto en movimiento lleva una fuerza o ímpetu en sí mismo—, en química —la reacción química entendida como desplazamiento— o en biología, en relación, por ejemplo, con las ideas sobre el contagio como causa de buena parte de las enfermedades.

Muy conectada con lo que acabamos de decir está la regla de **contigüidad temporal** entre causa y efecto, según la cual no sólo estarían próximos en el espacio sino también en el tiempo. Aunque el horizonte temporal del alumno va aumentando con la edad de tal forma que progresivamente va representándose períodos de tiempo más largos hay una tendencia a buscar las causas de los hechos en los fenómenos inmediatamente anteriores a los efectos. Esta tendencia suele ser útil en la causalidad mecánica, pero plantea dificultades cuando los fenómenos que deben explicarse se inscriben en períodos notablemente largos. Así sucede en la comprensión de los cambios geológicos y biológicos. Por ejemplo, el concepto darwiniano de la selección natural requiere, a diferencia de las concepciones lamarquianas, tiempos muy largos para la producción de las mutaciones aleatorias ambientalmente seleccionadas, lo cual podría ser un factor que contribuiría a dificultar la comprensión de las ideas darwinianas.

Una última regla tiene que ver con el uso que las personas hacemos de la **covariación** simple. Aunque **stricto sensu** la covariación entre dos hechos, por sistemática que sea, no implica una relación causal entre ellos (por ej., el rayo y el trueno no están causalmente relacionados entre sí, sino que ambos son efectos de otra causa común), las personas, alumnos incluidos, tendemos a atribuir causalidad a los hechos que suceden sistemáticamente juntos. En su forma más simple, que dos hechos sucedan juntos una vez puede bastarnos para establecer una conexión causal entre ellos. La dificultades que muestran los alumnos para controlar variables, debidas sobre todo a problemas conceptuales y metacognitivos, están relacionadas con la dificultad de usar explicaciones causales múltiples y con la de analizar covariaciones múltiples en lugar de simples concurrencias. De entre los métodos de razonamiento científico, el razonamiento correlacional (que requiere el uso y dominio de técnicas estadísticas) es probablemente uno de los menos desarrollados no sólo entre los alumnos adolescentes sino también entre los adultos universitarios.

A pesar de la importancia de estas reglas, posiblemente no agoten todas las que los alumnos utilizan en su razonamiento cotidiano para formar sus concepciones espontáneas. Sería necesaria mucha más investigación de la realizada hasta la fecha con el fin de aclarar los ámbitos de aplicación de cada una de estas reglas y las relaciones entre ellas. Un buen ejercicio complementario puede ser buscar ejemplos adicionales de concepciones de los alumnos conectadas a cada una de estas reglas en distintas áreas de la ciencia —o de nuestras propias concepciones sobre otros fenómenos sociales, científicos o cotidianos (véase actividad 6 en el apartado de Actividades; se recomienda que esta actividad, en caso de realizarse, haga sólo tras una lectura y discusión detallada de este apartado).

En cualquier caso, el uso de estas reglas sería un rasgo que diferenciaría el conocimiento cotidiano, o espontáneo, de los alumnos del conocimiento científico que adquieren en el aula, por lo que el aprendizaje de la ciencia debe estar relacionado, también, con una modificación o restricción en el uso de estas reglas simplificadoras. Pero existen otras diferencias importantes entre la ideas de los alumnos sobre la ciencia y las teorías científicas, que están relacionadas con la forma en que está organizado cada uno de estos dos tipos de conocimiento.

A partir de su formación por cualquiera de las vías antes mencionadas, las ideas les sirven a los alumnos para comprender y predecir el mundo que les rodea. Siguiendo la brillante metáfora (también nosotros recurrimos a las analogías) de Claxton (1984), esas ideas constituyen el **mapa** que permite a las personas moverse por el **territorio** del mundo. Según este autor, las personas vivimos y nos comportamos de acuerdo con el mapa que tenemos de las situaciones o territorios. Va incluso más allá al señalar que las personas vivimos **en** el mapa y no en el territorio, en el sentido de que somos incapaces de diferenciar nuestras ideas —que actúan como filtros o cristales a través de los cuales vemos todo— del mundo “real”. Necesitamos un mapa, como cualquiera que viaja por un territorio desconocido. ¿Pero cómo está organizado ese mapa? Lejos de consistir en ideas deslavazadas, los conocimientos de las personas se organizan en forma de verdaderas “teorías implícitas”.

Organización de las ideas de los alumnos en teorías implícitas

Aunque buena parte de los estudios sobre las ideas previas o concepciones alternativas de los alumnos se limitan a estudiar una o unas pocas ideas aisladas —en vez de las estructuras organizadas de Piaget—, resulta útil pensar que los alumnos disponen de verdaderas “teorías implícitas” sobre diversos ámbitos de la ciencia. Ello nos

permite comparar las ideas de los alumnos con las teorías científicas que se les tratan de enseñar, contrastando sus diferencias (véase la tabla 1.4.).

Teorías personales	Teorías Científicas
a) Son implícitas	a) Son explícitas
b) Son incoherentes	b) Son coherentes
c) Son específicas	c) Son generales
d) Son inductivas (verifican)	d) Son deductivas (falsan)
e) Se basan en una causalidad lineal y simple	e) Se basan en una causalidad múltiple y compleja
f) Buscan la utilidad	f) Buscan la "verdad"

Tabla 1.4. Algunas diferencias entre las teorías personales y las teorías científicas

Diversos autores (por ej., Driver, Guesne y Tiberghien, 1985) han subrayado que, frente a la búsqueda de coherencia por parte de los científicos, las ideas de los alumnos son aparentemente incoherentes, variando su significado de una situación a otra y de una tarea a la siguiente. En buena medida, las ideas que componen las teorías implícitas son por una parte, incoherentes —en el sentido de que no se aplican por igual en diversas situaciones— y, por otra parte, inconsistentes —ya que, en ocasiones, diversas ideas que componen una misma teoría son incompatibles entre sí.

Esta falta de consistencia, o coherencia, de las teorías implícitas se deriva de su propia naturaleza, de su carácter **implícito**. Mientras que las teorías científicas deben por necesidad explicitarse en un lenguaje o sistema de representación compartido por una comunidad, lo que les obliga a intentar ser tanto coherentes como consistentes, buena parte de las teorías implícitas son comunicables. Las teorías implícitas suelen subyacer a la acción, manifestándose sólo a través de ella y resultando en muchos casos muy difíciles de verbalizar. Ello plantea un serio reto metodológico a los investigadores, ya que no basta con preguntar a un sujeto sobre un tema para conocer sus teorías implícitas, dado que es muy probable que el propio sujeto las ignore. Un maestro que nos habla sobre su forma de dar clase o un paciente que expone a un psicólogo sus problemas y angustias pueden ignorar sus "verdaderas" representaciones implícitas a su acción.

De todo esto, se derivan dificultades metodológicas que no siempre se tienen en cuenta en los estudios sobre las concepciones alternativas de los alumnos sobre la ciencia, en los que se le suele conceder la misma fiabilidad a datos procedentes de fuentes claramente distintas.

Además, este carácter implícito de las teorías de los alumnos conecta con la necesidad, a la que luego nos referiremos, de fomentar la toma de conciencia con respecto a sus propias ideas como uno de los requisitos del

llamado “cambio conceptual”. La frase de Vygotsky según la cual “**la conciencia es contacto social con uno mismo**” cobra aquí todo su significado.

Sólo mediante la toma de conciencia de las propias teorías o modelos implícitos que solemos usar para interpretar la realidad podremos llegar a superar éstos, y esa toma de conciencia es uno de los productos de la instrucción y por tanto de la vida social. Ante situaciones nuevas, las personas, de modo no deliberado y por tanto no consciente, solemos utilizar esquemas, modelos o teorías que nos han sido útiles con anterioridad. En la activación de esas teorías actúan una serie de procesos psicológicos que el sujeto, por supuesto, desconoce. Dado que, como el personaje de Molière, todos nosotros hablamos en prosa sin saberlo, sólo un desarrollo del metacognoscimiento —o conocimiento sobre los propios conocimientos— permitirá al alumno controlar esos procesos que normalmente se activan de modo automático.

Con todo lo anteriormente dicho podría parecer que las teorías implícitas son gravemente erróneas y por tanto inútiles o ineficaces. Sin embargo, no es así. En tanto se mantienen, las teorías implícitas suelen generar predicciones con bastante éxito en la vida cotidiana. Las personas levantan objetos, lanzan balones a canasta, andan en bicicleta o caminan a diario con un cierto nivel de éxito sin conocer las leyes físicas que gobiernan cada uno de los movimientos. De hecho, cuando se investigan las teorías implícitas de la gente sobre el movimiento de los objetos y la gravedad (por ej., Pozo, 1987) se descubre que éstas son científicamente incorrectas. Esta paradoja aparente se resuelve cuando pensamos que las teorías científicas buscan metas distintas.

Como señala Claxton (1984) las teorías personales deben ser útiles; las teorías científicas deben ser ciertas. Esta diferencia de criterios (utilidad **versus** verdad) está una vez más conectada con el carácter implícito o explícito de las ideas de los alumnos. Las teorías personales del alumno que está aprendiendo ciencias tienen un aquí y ahora, se refieren a hechos concretos; las leyes científicas que se les pretenden enseñar son no sólo posibles —en vez de reales— sino además necesarias. Utilizando una distinción piagetiana central a su teoría funcional de la equilibración, las teorías implícitas buscan el éxito mientras que las teorías científicas intentan comprender.

Esto conecta con otra importante diferencia. Algunos autores, como por ejemplo Furnham (1988), sostienen que las teorías científicas tienden a ser deductivas y falsacionistas mientras que las teorías personales serían más bien inductivas y verificacionistas. Aunque esta diferencia no sea, una vez más, dicotómica, dada la resistencia a la falsación existente en la propia labor científica, puede mantenerse como una tendencia.

Dado el distinto objetivo de las teorías personales y las teorías científicas el papel de los datos contrarios a ellas es muy diferente en uno u otro caso. La aparición de un solo dato contrario muestra la **falsedad** de una teoría científica, pero reduce muy poco la **utilidad** de una teoría personal que se ha aplicado con eficacia en muchas ocasiones anteriores. Como ha mostrado Carretero (1984) los adolescentes que encuentran un dato contrario a sus teorías recurren a veces a la idea popular según la cual “la excepción confirma la regla”, manteniendo intacta su teoría a pesar de los datos contrarios.

Esta tendencia a la verificación o mantenimiento de las propias ideas tiene una función importante en los procesos de cambio de esas ideas. Si pretendemos que los alumnos comprendan, al menos en parte, las teorías

científicas deberemos intentar que modifiquen sus teorías implícitas y se acerquen progresivamente a las teorías científicas, a través de un proceso de cambio conceptual.

Junto a las características que venimos señalando, existe otra importante diferencia entre las teorías personales y las teorías científicas. Las teorías implícitas están, con cierta frecuencia, compuestas de ideas poco conectadas entre sí, lo que las diferencia del conocimiento científico del experto. En palabras de Flavell (1985, pág. 89), *“en la red conceptual almacenada por el experto hay múltiples rutas de cada uno de los conceptos a los demás; podemos decir que cada concepto tienen en el diccionario mental del experto múltiples referencias cruzadas. Esta mayor densidad de conexiones entre conceptos... significa a su vez que la probabilidad de que cualquier concepto dado evoque otros conceptos relacionados es mayor”*.

A diferencia de lo que sucede con las teorías personales o implícitas, el científico no reflexiona tanto sobre los objetos como sobre sus teorías sobre los objetos. El científico no busca tanto —o al menos sólo— predecir la “conducta” de los objetos cuanto establecer modelos conceptuales más precisos. Para ello se ve obligado a recurrir a esquemas o modelos causales que van más allá de aquellas simples reglas de inferencia causal que veíamos en el apartado anterior. Dicho de otra manera, las teorías científicas se basan en estructuras conceptuales diferentes de las que poseen las teorías implícitas de los alumnos.

Desde nuestro punto de vista pueden identificarse ciertos rasgos *estructurales* comunes a diversas teorías implícitas mantenidas por los alumnos, que las diferenciarían de las teorías científicas. Esos rasgos estructurales actuarían como verdaderos obstáculos epistemológicos que tendrían que ser superados en cada dominio concreto, de forma que su superación caracteriza precisamente a la mayor parte de las teorías científicas. Estas restricciones estructurales que pueden identificarse en algunas de las teorías implícitas de los alumnos conectarían con un concepto central en la concepción piagetiana sobre el pensamiento formal; los esquemas operatorios formales (véase Carretero, 1985).

Según Inhelder y Piaget (1955, pág. 259 de la trad. cast.), estos esquemas serían *“las nociones que el sujeto puede construir a partir del nivel formal, cuando se encuentra ante ciertos datos, pero cuya adquisición no manifiesta fuera de estas condiciones”*. Se trata por tanto de formas de pensar o conceptualizar accesibles a partir del pensamiento formal que sólo se actualizan ante tareas concretas, ya sea espontáneamente o a través de la instrucción. Entre sus características definitorias se hallarían (*op. cit.*, pág. 260):

- a) Tener un nivel de generalidad, o inclusión, intermedio entre las características generales antes enunciadas y las nociones específicas.
- b) Hallarse más en la mente de las personas que en los objetos. Es decir, serían esquemas o modelos que las personas aplicamos a la realidad para interpretarla o asimilarla.

Es discutible que los esquemas operatorios formales enunciados por Inhelder y Piaget (1955) recojan todos y cada uno de los esquemas relevantes para comprender la ciencia. Sin embargo, un análisis del contenido de las teorías implícitas de los alumnos en diversos dominios científicos muestra que, en muchos casos, éstas se caracterizan por la dificultad de superar algunas dificultades conceptuales que requerirían el uso de alguno o algunos esquemas operatorios formales, similares a los formulados por Piaget, cuando no idénticos. Por ello, puede tener

un cierto valor heurístico, estudiar si en el paso de sus teorías personales implícitas a las teorías científicas, los alumnos deben aprender a utilizar ciertos esquemas generales en el análisis de las relaciones causales, sin los cuales la teoría científica no podrá ser correctamente comprendida.

Estos esquemas tienen una cierta generalidad, si bien, como los propios Inhelder y Piaget (1955) apuntaban, probablemente los sujetos deban aprender a aplicarlos en cada nuevo dominio. Sin ánimo de agotar los posibles esquemas, y a modo tentativo, la tabla 1.5. presenta, a partir de Inhelder y Piaget (1955), tres características de las concepciones alternativas usualmente identificadas en los alumnos, que se contraponen al uso de los esquemas operatorios formales. Dicho de otra manera, el alumno persistirá en su concepción alternativa a menos que logre analizar la tarea mediante un esquema de relación causal más complejo, que tiene las características del pensamiento formal piagetiano. A continuación presentamos de un modo breve, y con algunos ejemplos, esos tres grandes grupos de dificultades (1).

Restricciones estructurales (teorías implícitas)	Esquemas formales (teorías científicas)
Causalidad lineal y simple en un solo sentido (agente → objeto)	Coordinación de sistemas de referencia Compensación multiplicativa
No cuantificación o estrategias de cuantificación erróneas	Proporción Probabilidad Correlación
Transformación sin conservación	Conservaciones no observables Sistemas de equilibrio

Tabla 1.5. Esquemas formales presentes en las teorías científicas y limitaciones en las teorías implícitas de los alumnos opuestas a ellos

a) *Causalidad lineal vs. interacción de sistemas*

Los alumnos tienden a recurrir a un esquema causal muy simple para explicar los acontecimientos, según el cual, la relación entre la causa y el efecto es lineal y en un solo sentido. Sin embargo, la mayor parte de las teorías

(1) Una vez más, tras una lectura detallada de las páginas siguientes, y en el caso de que se hayan trabajado ya las ideas previas de los alumnos, puede ser útil realizar una actividad de análisis de las ideas de los alumnos sobre la ciencia, buscando otros ejemplos o situaciones —centrados en la especialidad de cada uno— a las que sean aplicables estos esquemas (véase actividad 7 en el apartado de Actividades).

científicas requieren entender las situaciones como una interacción de sistemas en las que, como mínimo, se produce una de las dos situaciones siguientes:

- La relación causa/efecto no es en un solo sentido, sino que implica una relación recíproca. No es que un agente actúe sobre un objeto modificándolo, sino que dos sistemas interactúan modificándose mutuamente. Así, una reacción química —como la oxidación— sólo puede entenderse como una interacción entre sistemas y no como una simple relación lineal en que una causa —por ej., el oxidante en la oxidación— actúa sobre una sustancia, que es como la entienden los alumnos. Igualmente la interpretación de un circuito eléctrico no puede ser secuencial sino que debe implicar la interacción entre sistemas (por ej., las pilas y las resistencias).
- La relación implica no sólo una causa sino la interacción entre varias causas que se coordinan para producir un efecto dado. Así, el volumen de un gas dependerá de la relación entre presión y temperatura. La tendencia a simplificar las situaciones, un rasgo usual en nuestro pensamiento cotidiano, dificulta el tener en cuenta la interacción entre variables. Además, esa relación puede tomar, a veces, la forma de una compensación multiplicativa, en la que dos factores se compensan entre sí para producir un efecto constante (por ejemplo, peso y distancia en el equilibrio de una balanza). Estas compensaciones adoptan la forma habitual de una proporción inversa, implicando, por tanto, el uso de un esquema cuantitativo, característico del pensamiento formal.

b) *Relaciones cualitativas vs. esquemas de cuantificación*

En nuestra vida cotidiana tendemos a establecer relaciones cualitativas entre los hechos (por ejemplo, los días que amanecen grises suelen acabar con lluvia) que escasamente somos capaces de cuantificar (¿cuál es la probabilidad de que en esos días llueva?). Sin embargo, la ciencia se caracteriza por el uso de operaciones cuantitativas precisas, que determinan no sólo si existe una relación entre dos hechos sino, también, en qué cantidad existe. Esta necesidad de cuantificar se traduce, en el caso del pensamiento científico, en el uso combinado de tres esquemas de cuantificación, cuyo uso dista mucho de ser general entre los adolescentes e incluso los adultos universitarios (Pérez Echeverría, 1990):

- La proporción: la mayor parte de los conceptos científicos implican, como decíamos anteriormente, una relación entre dos conceptos. Pero en el caso de las ciencias físico-naturales esa relación suele adoptar, además, la forma de una proporción. Desde conceptos como velocidad o densidad a otros más complejos como las leyes newtonianas o casi todas las leyes ponderales de la Química, por no decir la Economía, la Estadística y la Ingeniería, es difícil hallar un dominio científico que no requiera el uso de leyes proporcionales. Sin embargo, las investigaciones muestran que ante tareas que requieren un cálculo proporcional los alumnos, universitarios incluidos, tienden a utilizar estrategias simplificadoras, que se basan en análisis cualitativos o en reglas más simples, como la regla aditiva o las correspondencias (Pérez Echeverría, 1990).
- La probabilidad: aunque la mayor parte de la ciencia que se les enseña a los alumnos no corresponde a la ciencia del siglo xx, y por tanto, es más bien determinista, existen numerosas nociones científicas que requieren la comprensión de la probabilidad y el azar. La teoría cinética de los gases, los conceptos de mutación genética o toda la genética de poblaciones difícilmente pueden entenderse sin comprender lo que

es el azar y sin ser capaz de calcular probabilidades. Y sin embargo, nuevamente, los estudios muestran que el azar y la probabilidad están lejos de ser nociones intuitivas y que su comprensión es limitada entre los adolescentes y adultos (por ej., Pérez Echeverría, 1990).

- La correlación: se trata de un esquema útil para el análisis de datos probabilísticos, muy utilizado en las ciencias sociales y en el análisis de series numéricas en las ciencias fisiconaturales, basado en todos los casos en el dominio de técnicas estadísticas de complejidad diversa. Es, sin duda, el menos intuitivo y el más difícil de emplear, incluso por adultos especializados, ya que en su lugar tendemos a usar reglas de covariación simple como las señaladas en el apartado anterior.

c) *Cambio y transformación vs. conservación y equilibrio*

Una última restricción estructural en las teorías implícitas de los alumnos, muy vinculada a las anteriores, es sin duda la tendencia, ya comentada, del pensamiento causal cotidiano, consistente en centrarse en el cambio más que en los estados. En la terminología empleada por el propio Piaget, diríamos que las teorías implícitas de los alumnos se centran en lo que se transforma pero no en lo que se conserva. Sin embargo, la mayor parte de los conceptos científicos implican una conservación. Cuando la conservación es directamente observable —como en la tarea de la conservación de la cantidad de líquido cuando se trasvasa de un vaso largo y estrecho, a una taza— es asequible, para los niños del período operacional concreto. Pero cuando se trata de una conservación no observable, sólo puede alcanzarse por vía conceptual, es decir, tomando conciencia de las relaciones entre conceptos.

Así, los alumnos tienen dificultades considerables para fijarse en la conservación de la masa tras una reacción química, o tras una disolución, en la conservación de la energía o en la conservación de la cantidad de movimiento o inercia (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo, 1987), etc. Esta dificultad está, en nuestra opinión, conectada con la tendencia a interpretar las situaciones mediante el esquema de causalidad lineal antes mencionado. La idea de que los efectos se producen en un solo sentido implica centrarse en el cambio (acción), olvidando los efectos recíprocos (reacción), que aseguran la conservación (Inhelder y Piaget, 1955).

Comprender la naturaleza como un sistema de equilibrio en diversos parámetros es, quizás, uno de los logros más sustantivos del conocimiento científico. Sin embargo, a los sujetos —adolescentes y adultos incluidos— les resulta muy difícil entender el equilibrio, ya sea mecánico, físico o químico, por no decir otro tipo de sistemas en equilibrio, de naturaleza sociopolítica (el equilibrio entre los tres poderes en un Estado de derecho), histórica (la “Guerra Fría”), económico (la balanza de pagos) o psicológico (desde la equilibración piagetiana al sistema hidráulico de Freud).

Un marco teórico basado en este tipo de estructuras, u otras similares, podría ayudarnos a conocer mejor —e incluso predecir— las teorías que poseen los alumnos que aprenden ciencia y la forma en que dichas teorías pueden ser sometidas a un proceso de cambio conceptual que facilite la asimilación de las teorías científicas. Pero también implican una concepción más compleja del cambio conceptual, que no debe basarse “simplemente” en la sustitución de una idea por otra supuestamente más avanzada, sino que, por si esto fuera poco, debe tener en cuenta las diferencias entre conocimiento personal y científico, tanto en su origen como en su estructura.

El cambio de las ideas de los alumnos

Numerosos estudios muestran que los alumnos persisten en sus ideas tras años y años de instrucción. Este dato, aparentemente contradictorio con las evaluaciones que a menudo realizan sus profesores, podría deberse a que el conocimiento escolar o académico es utilizado por los alumnos sólo en situaciones académicas (tareas escolares, evaluaciones etc.) mientras que para comprender el mundo que les rodea siguen utilizando su conocimiento personal.

Puede que los alumnos aprendan más de lo que las investigaciones recientes muestran. Tal vez adquieran conocimientos escolares que luego no son capaces de aplicar a situaciones más cotidianas, en las que suelen estar basadas esas investigaciones. Es como si en un mismo alumno coexistieran, muchas veces, dos tipos distintos de conocimiento sobre un mismo fenómeno: el académico (más formal y científico) y el personal (informal, implícito pero bastante predictivo).

Entender el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual —además de metodológico y actitudinal— supone vincular, explícita y deliberadamente, ambos tipos de conocimiento a través de técnicas y recursos didácticos. Se trataría de partir de los conocimientos de los alumnos para modificarlos mediante la presentación y el análisis de un conocimiento científico más elaborado (sobre los procesos y técnicas de la inducción del cambio conceptual en el aula, véase el Módulo de Didáctica de estos mismos materiales). Pero ello sólo será posible si ese conocimiento científico se presenta de modo que haga referencia al mundo cotidiano del alumno, que es donde se han originado sus conocimientos previos.

Así, el “cambio conceptual” no debe entenderse como un proceso de sustitución de unos conocimientos por otros, sino, más bien, como un proceso de evolución —que no es instantáneo sino que requiere tiempo— de las ideas de los alumnos, que debe apoyarse también en una restricción en el uso de las reglas de inferencia cotidiana en contextos científicos, además de un cambio estructural que haga posible el uso de esquemas causales y explicativos más complejos.

El aprendizaje significativo es siempre el producto de la interacción entre un conocimiento previo activado y una información nueva. Entre las condiciones necesarias para lograr ese aprendizaje (véase, por el ejemplo, Pozo, 1989) un requisito esencial es disponer de técnicas y recursos que permitan activar los conocimientos previos de los alumnos para confrontarlos con la nueva información (véase, por ejemplo, el Módulo de Didáctica de estos materiales). En nuestra opinión, una de las asignaturas pendientes para que la propuesta constructivista sea viable es, precisamente, la elaboración de recursos eficaces para activar, evaluar y modificar los conocimientos previos de los alumnos en las distintas áreas que componen el currículo en la enseñanza obligatoria.

No obstante, para entender con mayor detalle los procesos de cambio en las teorías, los métodos y las actitudes de los alumnos ante la ciencia es necesario analizar cuáles son los procesos mediante los que, normalmente, aprendemos las personas y cómo esos procesos se aplican al aprendizaje de las ciencias. A ello están dedicadas las siguientes páginas.



El aprendizaje de las ciencias

Relaciones entre aprendizaje y enseñanza

Sin duda el objetivo fundamental de la educación es conseguir que los alumnos aprendan ciertas cosas. Por tanto no está de más que todo profesor se pregunte en qué consiste aprender y cómo se logra con mayor eficacia. Todos, como alumnos —verdaderos profesionales del aprendizaje— que hemos sido, podemos hallar respuestas personales a la pregunta de qué es el aprendizaje (véase, por ejemplo, las preguntas sugeridas en la actividad 8 contenida en el apartado de Actividades). Tal vez por ello, la propia palabra evocará en muchas personas sus años escolares. Sin embargo, una primera precisión que debe hacerse es que el aprendizaje, afortunadamente, no sólo se produce en las aulas o en contextos de enseñanza deliberada. Debemos diferenciar entre aprendizaje y enseñanza, ya que de la confusión de ambos términos surgen también abundantes confusiones didácticas. Podemos decir que se produce **aprendizaje** cuando hay **un cambio relativamente permanente en la conducta o en los conocimientos de una persona como consecuencia de la experiencia**. De esta definición se derivan cuatro rasgos que definen a una situación de aprendizaje:

- a) Para que haya aprendizaje debe haber un cambio apreciable mediante alguna técnica de evaluación. Por tanto, la enseñanza tiene por meta inducir cambios en las personas y, para asegurar que se han logrado, debe efectuarse una evaluación de la diferencia entre el estado inicial y el estado final.
- b) Los cambios inducidos deben ser relativamente permanentes. Desgraciadamente sabemos que mucho de lo que se “aprende” en la enseñanza se olvida rápidamente. ¡Ay de nosotros si nos hubieran examinado en

septiembre de lo que aprobábamos costosa pero dignamente en junio! Si queremos que la enseñanza genere un verdadero aprendizaje debemos plantearnos que los cambios producidos sean estables, lo más duraderos posible. Y para ello, como veremos más adelante, lo más eficaz es generar aprendizajes significativos para el que aprende, o sea relevantes para su vida. Lo demás, lo habitual, es fingir que se aprende. Estudiar y aprender no siempre son sinónimos.

- c) Los cambios producidos por el aprendizaje pueden afectar a muy diversos aspectos de la persona. Generalmente la enseñanza busca cambios en los conocimientos y, si acaso, en las habilidades de las personas. Pero también son importantes los cambios afectivos —todos recibimos una educación sentimental: los sentimientos también se aprenden—, actitudinales, de comportamiento, etc. Un sentido más amplio del término aprender debería llevarnos a concebir la labor del profesor como una tarea de educar a sus alumnos y no sólo de enseñarles materias específicas.
- d) Por último, se decía en la definición que el aprendizaje requiere experiencia previa; de hecho se aprende como consecuencia de la práctica. Ello implica que un elemento esencial para lograr que alguien aprenda algo es proporcionarle las experiencias adecuadas. La didáctica es, en gran medida, un problema de diseño y selección de actividades de aprendizaje. Lo que hace el alumno para aprender va a ser esencial para determinar lo que aprende. Pero, haga lo que haga, debe hacer algo, y casi siempre más de una vez. Pocas cosas se aprenden al primer intento. Aprender puede ser o no gratificante, pero en cualquier caso es costoso; requiere esfuerzo y motivación. Nadie aprende si no quiere aprender, entre otras cosas porque para enzarzarse en una práctica repetida —aunque no necesariamente reiterativa— es necesario tener algún motivo, tema sobre el que volveremos más adelante.

La definición anterior es lo suficientemente amplia como para abarcar no sólo las situaciones de aprendizaje escolar, sino también el aprendizaje cotidiano. Parece ser cierto el refrán según el cual nunca nos acostamos sin saber o aprender una cosa más. Casi todo lo que somos capaces de hacer es consecuencia del aprendizaje. Aprendemos a andar, a conducir, a hablar, aprendemos, por supuesto, en la escuela muchas cosas, aprendemos a interactuar con las personas, aprendemos a no deprimirnos, a motivarnos (Claxton, 1984, expone con brillantez cómo el aprendizaje es una parte sustancial de nuestra vida cotidiana).

Pero no todo se aprende igual. Una primera distinción útil, apuntada antes, consiste en diferenciar el aprendizaje de la enseñanza. Si aceptamos la anterior definición de aprendizaje, la **enseñanza sería el conjunto de decisiones que se toman con el fin de planificar actividades, para que ciertas personas aprendan ciertas cosas**. Según esta idea el objetivo de la enseñanza es promover deliberadamente ciertos aprendizajes. Estos aprendizajes, producidos por la enseñanza o la instrucción, diferirían del resto de aprendizajes que se producen de modo no reglado o no deliberado en la vida cotidiana.

Por otra parte, aprender y enseñar son dos términos complementarios pero diferenciables. Se pueden aprender ciertas cosas sin enseñanza. Pero otras —por ej., qué es la entropía o cuáles son las causas de los terremotos— sólo es posible aprenderlas mediante algún tipo de instrucción, sea en interacción personal o a través de algún texto. Pero no se puede enseñar sin aprendizaje. Si no conseguimos que los alumnos aprendan, malamente podremos hablar de que les hemos enseñado algo. Por ello debemos considerar qué, cómo y en qué condiciones aprenden los alumnos.

Un esquema para el análisis del aprendizaje escolar

La figura 2.1. pretende ofrecer un esquema útil para el análisis de cualquier situación de aprendizaje y más específicamente de aprendizaje escolar. Según los criterios de Gagné (1985) se distinguen tres elementos en toda situación de aprendizaje: los resultados o contenidos (qué se aprende), los procesos (cómo se aprende) y las condiciones (los requisitos que debe cumplir una actividad o situación de aprendizaje para alcanzar su objetivo).



Figura 2.1. Elementos componentes de una situación de aprendizaje

¿En qué consisten los **resultados** (o contenidos) del aprendizaje? Atendiendo a la definición anterior de aprendizaje sería lo que cambia como consecuencia de la situación de aprendizaje. En la definición se hacía mención a “la conducta o los conocimientos”, pero la gama de cosas que pueden cambiarse como consecuencia del aprendizaje es tan amplia como el comportamiento humano. En un contexto escolar los contenidos buscados —en algunas ocasiones denominados objetivos— son lo que se pretende que el alumno aprenda.

Si los contenidos son lo que se aprende, los **procesos** serían cómo se aprende, los mecanismos psicológicos mediante los que se aprende. Los procesos harían referencia a la actividad mental que la persona despliega para aprender. Al igual que los contenidos pueden ser de diverso tipo. Por ejemplo, no es conveniente hacer lo mismo para aprender un número de teléfono, que para aprender la diferencia entre calor y temperatura en Física, o entre una reacción y una disolución en Química. No se aprende igual a escribir en un ordenador que a programarlo. No es lo mismo aprender a conducir un coche que a repararlo. En función del resultado del aprendizaje buscado, los procesos activados deben ser diferentes.

Pero a pesar de esas diferencias tienen una característica común: se trata de procesos psicológicos, internos al **aprendiz** o persona que aprende, y por tanto sólo observables a partir de sus consecuencias. En otras palabras, el que aprende es el alumno; lo que el profesor puede hacer es facilitar, más o menos, su aprendizaje. ¿Cómo? Creando determinadas **condiciones** favorables para que se pongan en marcha esos procesos. La instrucción o enseñanza se traduciría, precisamente, en crear ciertas condiciones óptimas para ciertos tipos de aprendizajes. Según el resultado o contenido buscado es preciso activar determinados procesos, lo cual requiere unas condiciones concretas y no otras. Las condiciones tendrían que ver directamente con el uso de recursos didácticos y, en términos más generales, con la planificación de estrategias didácticas. En las próximas páginas analizaremos con mayor detalle cada uno de estos elementos.

Los resultados o contenidos del aprendizaje

Una tarea útil para todo profesor es analizar con un cierto detalle qué es lo que quiere que sus alumnos aprendan. A simple vista puede parecer sencillo: si es profesor de Física, sus alumnos deben aprender Física de acuerdo con los programas oficiales, si es de Matemáticas el alumno debe adquirir las nociones y operaciones de cálculo correspondientes a su nivel, etc.

Sin embargo —aun sin contar con el grado de flexibilidad de los nuevos currículos que se avecinan— una mínima reflexión basta para darse cuenta de que es necesario un análisis más fino. ¿Qué debe adquirir el alumno para aprender la Física? ¿Qué habilidades y/o tipos de conceptos son necesarios para dominar las Matemáticas de un nivel dado? Sin duda, la respuesta a preguntas de este tipo —que según nuestras anteriores definiciones se refieren a los contenidos del aprendizaje pretendido— se verá facilitada con un cierto conocimiento de las taxonomías psicológicas sobre lo que una persona puede adquirir en contextos de instrucción.

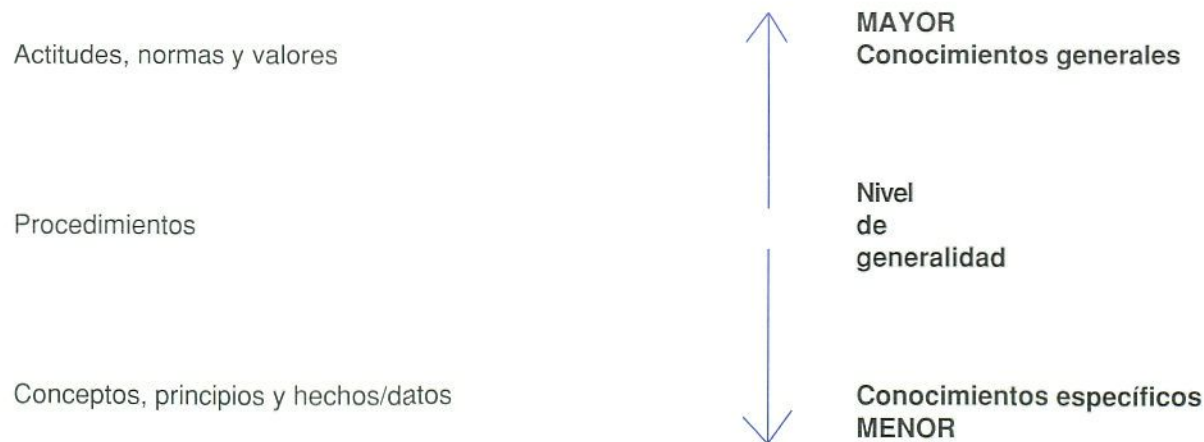


Figura 2.2. Tipos de contenidos

Es sabido que el D. C. B. diferencia entre tres grandes grupos de contenidos con distinto nivel de generalidad o globalidad (véase la figura 2.2). Se habla así de los **conceptos, hechos y principios** (los contenidos “tradicionales” de la educación, específicos de cada materia), de **procedimientos** (técnicas, habilidades, estrategias o métodos propios de una materia, pero comunes dentro de un Área e incluso más allá de ella) y las **actitudes, normas y valores** (con pocas variaciones de una materia a otra).

Ahondando en esta clasificación y partiendo de la taxonomía del aprendizaje de Gagné (1985), la figura 2.3. diferencia entre cinco tipos de resultados que pueden obtenerse como consecuencia del aprendizaje: información verbal, conceptos, destrezas, estrategias de aprendizaje y actitudes. Como puede verse en la figura se trata de hacer dos distinciones que se justifican más adelante en el texto. En primer lugar se diferencia entre la adquisición de **información verbal** (“hechos” en el D. C. B.) y de **conceptos** (“conceptos” y “principios” en el D. C. B.), ya que los procesos de aprendizaje de unos y otros contenidos son relativamente diferentes. En segundo lugar, se establecen dos tipos diferenciados —tanto en su naturaleza como en sus procesos de aprendizaje— de procedimientos, las **destrezas** o técnicas y las **estrategias**. Por último, las actitudes se corresponderían a grandes rasgos con las “actitudes, normas y valores” incluidos como contenido en el D. C. B.

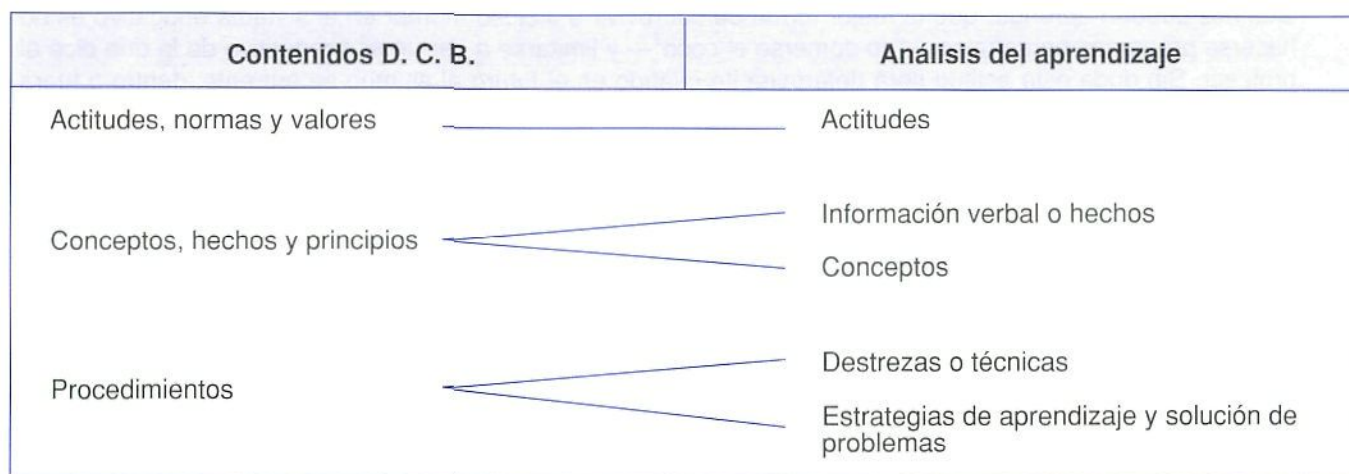


Figura 2.3. Análisis de los contenidos del D. C. B. desde la perspectiva de la psicología del aprendizaje

Tal como se indica en el propio D. C. B., no se trata de optar por uno u otro contenido, orientando la enseñanza al logro de uno en detrimento de los demás, sino, al contrario, de lograr una enseñanza que favorezca un aprendizaje integrado de diversos resultados, a lo cual, nos referiremos más adelante. En lo que sigue, expondremos, de modo forzosamente breve, los rasgos característicos de cada uno de estos tipos de contenido, siguiendo el orden que nos ha parecido más conveniente (1).

(1) En los Reales Decretos de los Currícula de Educación Infantil, Primaria y Secundaria se opta por una expresión más simplificada de los tres tipos de contenidos: conceptos, procedimientos y actitudes.

La formación de actitudes

Un primer resultado que produce el aprendizaje es generar cierto tipo de **actitudes** en los alumnos. Las actitudes, podríamos definir las, como tendencias de acercamiento o rechazo con respecto a algo, que se traducen en predisposiciones o prejuicios, que determinan la conducta de las personas. Obviamente, la educación transmite y genera actitudes sobre muchos aspectos de la realidad social, aunque muchas veces los profesores, que son uno de los vehículos esenciales de la reproducción de esas actitudes en los alumnos, no sean conscientes de ello. Por eso es aún más importante tomar conciencia de la labor del profesor en el aprendizaje de actitudes por sus alumnos. De todas las actitudes o representaciones sociales que pueden transmitirse en un aula —y que formarían parte del llamado currículo oculto— podemos destacar tres, como responsabilidad del profesor:

- a) Las actitudes con respecto a su propia materia; los alumnos no sólo aprenden Biología, Matemáticas o Inglés, sino que al mismo tiempo adquieren preferencias o rechazos con respecto a las materias.
- b) Actitudes con respecto al aprendizaje, al estudio y al conocimiento en general. No sólo se adquieren actitudes específicas sino, en un sentido más general, modos de acercarse al conocimiento; por ejemplo, muchos alumnos pueden aprender que la mejor forma de sobrevivir e incluso triunfar en el sistema educativo es no hacerse preguntas personales —"no comerse el coco"— y limitarse a ser un eco repetitivo de lo que dice el profesor. Sin duda esta actitud será determinante cuando en el futuro el alumno se enfrente, dentro o fuera de un contexto educativo, a conocimientos nuevos, y, en general, producirá una concepción autoritaria y absoluta de lo que es el conocimiento científico, muy diferente de la de un alumno que ha aprendido a buscar significado a lo que le rodea.
- c) Por último, en el sistema escolar se adquieren actitudes sociales muy importantes. La función del sistema escolar no se agota en la enseñanza de ciertas materias o habilidades, sino que alcanza, también, a la educación global de la personalidad de los alumnos. Tan importante o más que aprender a despejar incógnitas en ecuaciones de segundo grado es aprender a respetar a los compañeros, adquirir actitudes de cooperación y no sólo de competición, asumir la propia responsabilidad, aceptar que alguien que no está de acuerdo conmigo no necesariamente es idiota, etc. Muchas actitudes sociales poco deseables (sexismo, racismo, egoísmo, competitividad exagerada, autoritarismo, etc) se adquieren o refuerzan en el sistema educativo, las más de las veces de modo no consciente.

Esta última observación apunta a uno de los rasgos más peculiares y diferenciadores de la adquisición de actitudes. A diferencia de lo que sucede con los contenidos más tradicionales de la enseñanza —el concepto de mol, el cálculo de la raíz cuadrada o la identificación del sintagma nominal— las actitudes se suelen adquirir por modelado social, sin que exista una planificación didáctica de las mismas. Es la interacción con los compañeros y el modelo que ofrece el profesor lo que genera o asienta actitudes. Es inevitable que sea así. Los psicólogos sociales han mostrado hasta qué punto las actitudes y las representaciones sociales son "contagiosas". Un profesor no puede conseguir que el alumno se contagie de su conocimiento sobre las Leyes de la Termodinámica, pero sí sobre su entusiasmo o disgusto al enseñarla o sobre lo que es lícito o no hacer en clase o a un compañero. Por tanto, es importante que todo profesor tome conciencia de sus propias actitudes para que pueda controlar qué actitudes adquieren sus alumnos.

Aprendizaje de hechos y conceptos

Aunque los adolescentes están continuamente expuestos a las actitudes de los demás, aprendiendo de ellas, hasta ahora dedican la mayor parte de su tiempo escolar a adquirir de modo deliberado, **información verbal (o hechos)** o a aprender **conceptos**. Estos son los resultados más clásicos del aprendizaje escolar —los típicos “conocimientos”— y aunque se deben diferenciar entre sí, como haremos a continuación, tienen en común constituir el **corpus** esencial de los currículos escolares.

Posiblemente si a un profesor de Ciencias le preguntamos qué deben aprender los alumnos en su asignatura pensará, en primer lugar, en ciertos hechos, datos, nombres esenciales, junto con un buen puñado de conceptos básicos; igual hará el profesor de Historia o el de Literatura. Todos estos “contenidos” pertenecen a una de las dos categorías anteriormente mencionadas: o son información verbal o son conceptos.

Un punto importante es comprender la diferencia entre ambos, que justifica su diferenciación en esta exposición sobre el aprendizaje. La información verbal es algo que el alumno debe aprender literalmente, de un modo reproductivo; no es necesario comprenderla y, de hecho, frecuentemente cuando se adquieren contenidos como información verbal, o no hay nada que comprender o no se está dispuesto o capacitado para hacer el esfuerzo de comprenderlo. Ejemplos de información verbal serían un número de teléfono que debemos aprendernos, las célebres listas y rosarios de nombres y fechas que llenaban los viejos programas de historia, el aprendizaje de la tabla periódica si uno no sabe la suficiente química como para entender su organización (como es el caso de casi todos los alumnos) o aprenderse fórmulas o leyes cuantitativas cuyo significado uno desconoce.

Un rasgo característico del aprendizaje de información verbal, que se halla en todos los ejemplos anteriores, es que, como consecuencia del aprendizaje, el alumno debe hacer una copia más o menos literal o exacta de la información proporcionada y almacenarla en su memoria. De nada vale que nos aprendamos un número de teléfono si nos equivocamos en una o dos cifras. Como veremos más adelante este carácter reproductivo del aprendizaje de información verbal hace que el proceso fundamental sea la repetición, que da lugar a una automatización de esa información muy similar a la que sucede con el aprendizaje de destrezas.

Este proceso de ciega repetición será insuficiente, en cambio, para lograr que el alumno adquiera conceptos. Una persona adquiere un concepto cuando es capaz de dotar de significado a un material o una información que se le presenta, es decir cuando “comprende” ese material, donde comprender sería equivalente a traducir algo a las propias palabras. Imaginemos que estamos oyendo hablar a una persona en un idioma extranjero que conocemos en muy escasa medida; podremos decir que hemos entendido algo cuando logremos traducirlo a nuestro propio idioma; tal vez seamos capaces de repetir literalmente algunas frases en ese otro idioma, sonido a sonido, como un magnetófono, pero no por ello entenderemos lo que ha dicho. Otro tanto sucede con el alumno en el aula; el alumno tiene sus propios modelos o representaciones de la realidad y podremos decir que ha entendido el concepto de de entropía o el de selección natural cuando logramos que lo conecte con esas representaciones previas, que lo “traduzca” a sus propias palabras y a su propia realidad.

Más adelante profundizaremos en los procesos que diferencian el aprendizaje de información verbal —también llamado por Ausubel, Novak y Hanesian (1978) **memorístico**— del aprendizaje de conceptos —**significativo**—, ya que se trata de una diferencia importante. De hecho, podríamos decir que uno de los más graves problemas en

el aprendizaje escolar actual es que muchos profesores pretenden lograr de sus alumnos un aprendizaje de conceptos —Leyes de la Mecánica Newtoniana— y se encuentran con que éstos se limitan a aprender información literal carente de significado para ellos — $F = m \cdot a$ —, que sólo son capaces de repetir pero no de comprender de modo significativo.

Uno de los problemas es que la diferencia entre información verbal y conceptos es sutil y no siempre fácil de trazar, ya que no reside en el objeto que el alumno debe aprender —por ej., la primera ley de la Mecánica Newtoniana— sino en lo que hace para aprenderla (los procesos) que en definitiva determina si ha adquirido información verbal (aprendizaje literal sin comprensión) o conceptos (aprendizaje con significado). De hecho, ante un resultado del aprendizaje, es difícil decidir si se trata de información verbal o de conceptos, dato que conoce cualquiera que haya tenido que corregir exámenes; un criterio distintivo puede ser el grado de literalidad de lo aprendido; recordemos que la comprensión implica una traducción de lo aprendido a las propias palabras. Posteriormente, al analizar los procesos del aprendizaje, volveremos sobre esta distinción.

Adquisición de destrezas y estrategias de aprendizaje

Una de las novedades más relevantes de la propuesta curricular contenida en el D. C. B. es, sin duda, el enriquecimiento del concepto de contenido en el aprendizaje escolar, que incluiría no sólo los aspectos factuales y conceptuales de las materias —a los que acabamos de referirnos— y las actitudes y normas sociales sino también los procedimientos mediante los que se adquieren o construyen esos conocimientos. Centrándonos en estos últimos, según el D. C. B. de Educación Secundaria Obligatoria un procedimiento, en cuanto contenido educativo, sería “*un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de una meta*” (págs. 40-41).

Bajo esta amplia definición se incluirían diversas secuencias de actividades que los alumnos deberían aprender en distintas materias, que irían desde el dominio de destrezas motoras simples, a la puesta en marcha de estrategias complejas de solución de problemas o análisis de datos. La importancia de los contenidos procedimentales está ligada en buena parte de las áreas curriculares a la necesidad de promover en los alumnos unas capacidades, o destrezas, de aprendizaje relativamente autónomas, que puedan ser transferidas y aplicadas a nuevos dominios y tareas, tanto escolares como extraescolares.

Esta necesidad de transferencia de los aprendizajes parece ser un rasgo característico del perfil psicológico de los estudiantes y trabajadores en el mundo complejo y cambiante que se avecina, por lo que su inclusión y tratamiento didáctico supone una importante novedad en los futuros currículos, especialmente en el período de Secundaria Obligatoria.

Otro resultado que puede lograrse mediante el aprendizaje son las **destrezas**. El ejemplo más claro y simple de destreza es el de las destrezas motoras. Fuera de la escuela se adquieren muchas destrezas y habilidades motoras (andar, nadar, conducir, peinarse, etc.) pero también dentro de ella se adquieren otras, sobre todo a ciertas edades (preescolar y primeros años de E. G. B.) o en ciertas materias (educación física, dibujo, etc.). Aunque algunas de ellas se adquieren de modo solidario con habilidades cognitivas más complejas (es el caso de la escritura o del dibujo lineal) un rasgo característico del aprendizaje motor es que se apoya, esencialmente, en la práctica repetitiva y en la automatización de movimientos. Más adelante, al referirnos a los procesos de aprendizaje, explicaremos cómo se producen éstos.

Si bien el uso de una estrategia requiere el dominio de las técnicas que la componen, una estrategia de aprendizaje no puede reducirse simplemente a una serie de técnicas. Requiere además un cierto grado de **metacocimiento** o conocimiento sobre el propio funcionamiento psicológico, en este caso sobre el propio aprendizaje. Este metacocimiento es necesario para que el alumno sea capaz de hacer un uso estratégico de sus habilidades, en relación sobre todo con dos tareas esenciales: la selección y planificación de las actividades de aprendizaje más eficaces en cada caso y la evaluación del éxito o fracaso obtenido tras la aplicación de la estrategia.

Pero además de estos componentes esenciales hay otros procesos psicológicos necesarios para aprender a aprender. Difícilmente puede aplicarse una estrategia de aprendizaje sin unos **conocimientos temáticos específicos** (o, si se prefiere, conceptos y hechos propios de cada materia) sobre el área al que ha de aplicarse la estrategia. Por más habilidades y capacidades generales de aprendizaje a partir de textos escritos que disponga un alumno difícilmente aprenderá nada de un texto sobre, pongamos por caso, termodinámica, si carece de los conceptos inclusores precisos para un aprendizaje significativo.

Otro componente importante son las llamadas **estrategias de apoyo**, que, en lugar de enfocarse directamente sobre el aprendizaje de los materiales de estudio, tendrían como finalidad mejorar las condiciones materiales y psicológicas en que se produce ese aprendizaje (disponiendo condiciones ambientales más favorables, apoyando la atención y la concentración, estimulando la motivación y la autoestima, etc), estando relacionadas en parte con las actitudes.

Por último, se requieren unos **procesos básicos**, cuyo desarrollo o progreso hará posible la adquisición de determinados conocimientos necesarios para la aplicación de una estrategia, o el uso de ciertas técnicas o habilidades. Así, para que un alumno pueda beneficiarse de una determinada mnemotecnica será preciso que haya desarrollado ya una determinada capacidad de memoria, o para ser capaz de utilizar un cálculo proporcional en una estrategia de resolución de problemas, es preciso que haya alcanzado un cierto dominio de los esquemas operacionales propios del pensamiento formal.

A partir de este esquema, la enseñanza de procedimientos científicos debe proveer al alumno no sólo de técnicas eficaces para el estudio y el aprendizaje —que se adquieren esencialmente mediante la práctica— sino también de un cierto conocimiento sobre sus propios procesos de aprendizaje, que le permita usar esas técnicas de un modo adecuado y estratégico.

La vía fundamental para la adquisición de ese metacocimiento es, precisamente, la reflexión sobre la propia práctica en contexto. Por desgracia los cursos y programas diseñados con el fin de promover hábitos o técnicas de estudio en los alumnos se han limitado a proporcionarles un bagaje más o menos completo de destrezas, pero rara vez les enseña a utilizarlas en los contextos idóneos. Otro tanto sucede, muchas veces, con la enseñanza de la “metodología científica”, que acaba reduciéndose, lamentablemente, a una serie de “recetas de cocina” usadas de modo ciego y repetitivo.

Si el dominio de las estrategias de aprendizaje tiene algún sentido, es precisamente el de hacer que los alumnos adopten un enfoque profundo con respecto a su aprendizaje (Selmés, 1987), siendo capaces de optar y de decidir la estrategia más conveniente en cada caso y de planificar con acierto su uso. Ello requiere, además de destreza en el dominio de ciertas técnicas, una reflexión profunda sobre el modo de utilizarlas o, si se prefiere, un uso reflexivo —y no sólo mecánico o automático— de las mismas. Siguiendo el orden establecido por Flavell (1977), podemos

decir que el uso de una estrategia requiere que el alumno sea jugador antes de entrenador, que aplique y practique una técnica para reflexionar sobre ella, adquiriendo un control creciente sobre su uso (véase tabla 2.1)

	Etapas		
	<i>Estrategia no disponible</i>	<i>Deficiencia de producción</i>	<i>Uso maduro de la estrategia</i>
Habilidad básica para ejecutarla.....	Nula o pobre	Regular o buena	Excelente
Uso espontáneo.....	Ausente	Ausente	Presente
Intentos de inducir su uso.....	Ineficaces	Eficaces	Innecesarios
Efectos de su uso sobre el recuerdo.....	—	Positivos	Positivos

Tabla 2.1 Etapas típicas en la adquisición de una estrategia de aprendizaje

En definitiva, se aprende a aprender controlando y usando de modo intencional los recursos y procesos de aprendizaje de que uno dispone. Llega pues el momento de analizar cuáles son esos procesos. Pero antes es preciso hacer la matización —ejemplificada a partir de la figura 2.4.— de que la taxonomía de resultados o contenidos del aprendizaje, anteriormente desarrollada, no implica que esos distintos resultados sean excluyentes, que haya que optar por dirigir la enseñanza hacia uno u otro. Más bien al contrario. Actualmente se parte de la idea de que si se quiere que el alumno adquiera realmente los conocimientos y habilidades básicos de una materia, debemos hacer una enseñanza que integre todos esos logros; debe adquirir ciertas actitudes generales y específicas, numerosos conceptos, cierta información verbal que es necesario memorizar y, desde luego, estrategias para seguir aprendiendo y haciéndose preguntas sobre la ciencia al día siguiente del último examen. Antes de pasar al próximo apartado, tal vez sea conveniente hacer alguna de las tareas sugeridas en la actividad 10 del apartado de Actividades, como un método de ejercitar el análisis de las tareas de aprendizaje.

Los procesos de aprendizaje

Al igual que sucedía con los contenidos, si preguntáramos a la gente, incluidos numerosos profesores, sobre cómo aprenden las personas y qué hay que hacer para aprender, posiblemente nos encontraríamos con una visión según la cual uno aprende algo cuando hace una copia en su memoria del conocimiento o la información que ha recibido. Esta visión “realista” del aprendizaje —existe una realidad objetiva ahí fuera y aprender es apropiarse de ella— hace de nuestro conocimiento una réplica del mundo percibido, por lo que las actividades de aprendizaje y enseñanza deben estar centradas en exponer al alumno al conocimiento más adecuado o “verdadero”, para que lo reproduzca con fidelidad. En el libro se explican las leyes que rigen la evolución de las especies; lo que tiene que hacer el alumno es “empaparse” de ellas, es decir, leérselo varias veces —si acaso, subrayando, haciendo esquemas, etc.— hasta que se le “queden” las nociones esenciales. En el examen correspondiente se

mide el grado en el que el alumno se ha apropiado de ese conocimiento, es decir, el grado en el que es capaz de reproducirlo correctamente. Esta es la forma tradicional de enseñar, basada en la transmisión de saberes ya establecidos como forma de perpetuar una cultura.

Es una estrategia didáctica y un modo de aprender sin duda eficaz para el logro de ciertos resultados, ya que ha pervivido muchos siglos —ya las “casas de tablillas” o escuelas sumerias 2000 años antes de Cristo se basaban en este tipo de aprendizaje reproductivo—, pero cuya eficacia se va haciendo más limitada a medida que los resultados buscados se van haciendo más complejos, como sucede en el sistema educativo actual. Entonces empiezan a salir a la luz ciertos rasgos del funcionamiento intelectual o cognitivo de los seres humanos que limitan su capacidad de aprender. Podemos reproducir, con facilidad, un número de teléfono que nos acaban de dar, pero no un artículo del periódico dedicado a los efectos de la subida de la peseta sobre el posible incremento de la inflación. Resulta que entre el material que debemos aprender —el dichoso artículo, pongamos por caso— y el resultado final obtenido hay una serie de procesos mediadores. Aquí vamos a centrarnos únicamente en los procesos cognitivos que es necesario poner en marcha para que alguien aprenda y lo vamos a hacer de un modo introductorio, lo cual obliga a ciertas simplificaciones y a dejar para otro momento o lugar la profundización teórica y la exposición de teorías diversas del aprendizaje (Pozo, 1989).

Este carácter introductorio nos obliga a utilizar un modelo didácticamente eficaz aun cuando sea teóricamente discutible. Tal es el caso de una de las corrientes más aceptadas en la psicología actual, el llamado enfoque del **procesamiento de información**. Este enfoque parte del supuesto de que la mente humana funciona, esencialmente, como un sistema de recogida y transformación de información, similar en algunos aspectos a un computador. La figura 2.5. representa de un modo muy esquemático los principales procesos mentales implicados en el aprendizaje (para una exposición sencilla pero más detallada de los puntos que vamos a comentar a continuación pueden consultarse Baddeley, 1982; Gagné, 1985; o Norman, 1982).

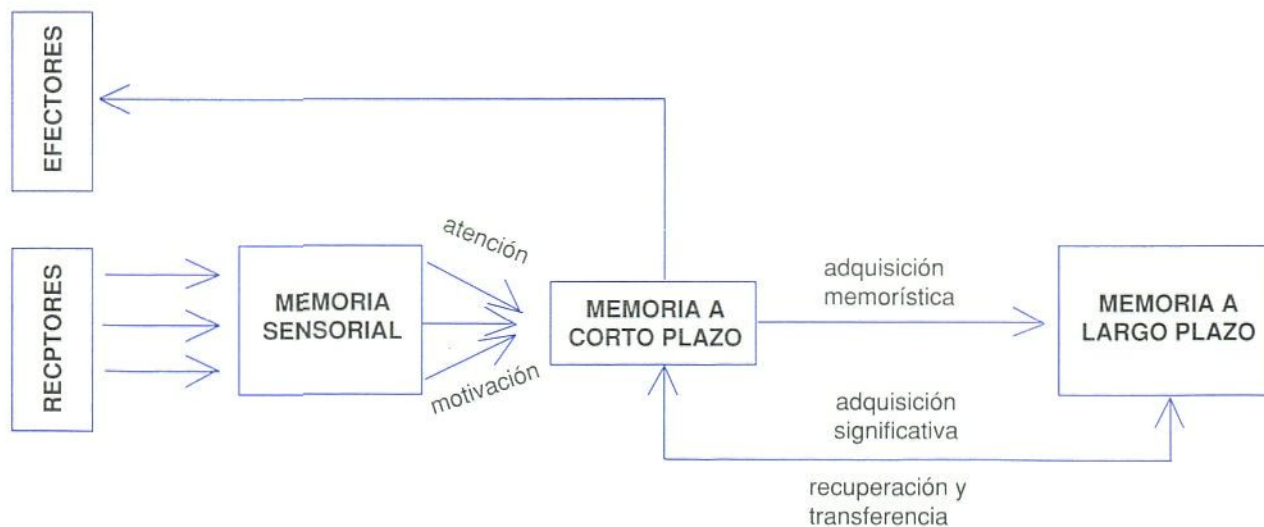


Figura 2.5. Procesos de aprendizaje según el procesamiento de la información

Cuando una persona se enfrenta a un ambiente complejo, rico en estímulos, recibe información de ese ambiente a través de los receptores. El lector que está sentado ante una mesa en la biblioteca puede percibir las letras sobre un papel en blanco, una tos al fondo de la sala, el tacto del bolígrafo. Esa información se retiene durante décimas de segundo en la llamada **memoria sensorial**, un registro donde la información reverbera brevemente, como si fuera un eco. De la memoria sensorial la información debe pasar a un segundo almacén de **memoria a corto plazo**.

La memoria a corto plazo tiene dos características que son muy importantes: la primera es que tiene una capacidad limitada, ya que el número de elementos a los que una persona puede atender simultáneamente es limitado; y en segundo lugar tiene una duración también limitada, de modo que la información que esa persona está atendiendo en este momento, si no realiza ciertas actividades con ella en muy poco tiempo (de 20 a 30 segundos normalmente) está olvidada, o por lo menos es muy difícil de recuperar.

Centrándonos en la primera de sus características, este segundo tipo de memoria se correspondería, más o menos, con nuestra capacidad de **atención**. No todo lo que podemos percibir puede ser atendido. Si intentamos comprender el capítulo que estamos leyendo no nos daremos cuenta del vuelo de esa mosca, de la extraña forma de las lámparas que cuelgan del techo o del modo en que están pintadas las paredes. La pintura y las lámparas están ahí y sin duda las hemos "visto", pero difícilmente recordaremos dentro de una hora cómo son si ahora no nos fijamos en ellas.

El primer proceso necesario para que el alumno aprenda es la atención. Dado que la memoria a corto plazo tiene una capacidad limitada —son pocas las cosas a las que podemos atender— a la vez, el profesor debe conseguir que el alumno atienda a los materiales de aprendizaje. Aunque los tenga entre las manos o los esté mirando, si mientras está pensando en el reloj que se atrasa —y la clase no acaba nunca— o en esa cita tan prometedor de esta tarde con la rubia de 2.º B, difícilmente aprenderá algo. Si no dedicamos nuestra atención a algo, es poco probable que lo aprendamos.

Una actividad muy simple puede ilustrar esto. Sin duda el lector habrá tenido muchas veces en sus manos una moneda de 100 pesetas, la célebre *chocolatina*. Pero ¿puede dibujar ahora qué tiene exactamente en cada una de sus caras? De acuerdo con algunos estudios citados por Baddeley (1982) en su ameno y divulgativo libro sobre la memoria, no más del 30% de los adultos suelen recordar algo tan sencillo, que sin duda han visto muchas veces pero a lo que apenas han prestado atención. En el próximo apartado nos referiremos, brevemente, a las condiciones que debemos crear para lograr, con mayor facilidad, que la atención del alumno se centre en el material de aprendizaje.

Imaginemos que somos lo suficientemente hábiles o afortunados como para conseguir que, de las miles de cosas apasionantes que pueden pasar por su cabeza en determinado momento, el alumno dedique su limitada capacidad de atención a las partes de la célula que nosotros estamos dibujando en la pizarra. Esa información está ya en la memoria a corto plazo. Pero eso no basta para que la aprenda. Si nos dan un número de teléfono, debemos repasarlo una y otra vez para mantenerlo en nuestra memoria a corto plazo —por ejemplo, mientras, qué cosa tan extraña, conseguimos una línea limpia que no esté ya ocupada— ya que de lo contrario en unos pocos segundos decae y ya no recordamos el número. Y más aún si entretanto debemos atender a otra cosa, a algo que nos distraiga.

Usando un símil informático, la memoria a corto plazo sería algo así como lo que hay en la pantalla o en la memoria de trabajo de un ordenador (de hecho en psicología se le denomina también memoria de trabajo o en funcionamiento; véase Baddeley, 1982). Por ejemplo, mientras yo escribo este artículo la pantalla está llena de letras y el texto se conserva en la memoria de trabajo del ordenador. ¡Pero ay de mí como haya un apagón en este momento! Para evitar ese peligro hago una copia inmediata del texto en el disco duro, que es una memoria permanente que posee el ordenador. Igual sucede con la memoria humana, pero sin necesidad de apagones. El simple transcurso de medio minuto borraría de mi memoria la información que estoy recogiendo si no tuviera la prudencia de realizar ciertas operaciones con ella. Esas operaciones, denominadas de adquisición, consisten en pasar la información atendida a la **memoria a largo plazo**, nuestro almacén de conocimientos permanentes.

El proceso de adquisición se correspondería con el aprendizaje propiamente dicho. Recordemos que en la definición ofrecida unas páginas más arriba decíamos que el aprendizaje implicaba cambios relativamente permanentes que, ahora sabemos, se producen en el conocimiento almacenado en la memoria a largo plazo. Casi todo lo que podemos hacer (todos nuestros verbos favoritos: andar, ver, pensar, reír, etc.) debe estar de alguna forma almacenado en esa memoria permanente. Y casi todo ello lo hemos aprendido alguna vez ¿Cómo? Estableciendo una distinción clásica hay dos formas fundamentales de aprender (que lógicamente se subdividen en otros muchos procesos y variantes que aquí no vamos a detallar; véase Claxton, 1984; Pozo, 1989): el aprendizaje memorístico o por repetición y el aprendizaje significativo o por comprensión.

El funcionamiento del aprendizaje repetitivo es bastante similar a la idea intuitiva del aprendizaje que antes mencionábamos, según la cual aprender es almacenar copias literales de la información externa. Esta idea, basada en una memoria que podríamos llamar fotográfica, se corresponde con el proceso de aprendizaje repetitivo, también llamado **asociativo** porque se basa en la idea, ya expresada por Aristóteles, de que se suele aprender asociando cosas entre sí, cuantas más veces mejor. El principio fundamental que rige este tipo de aprendizaje es la eficacia de la práctica repetitiva. Cuantas más veces se repase una lista de nombres o se repita un ejercicio mayor es la probabilidad de que ese conocimiento se almacene de modo permanente en la memoria a largo plazo.

Existe, además, otro importante efecto del repaso de la información en la memoria a corto plazo. Sabemos que ésta posee una capacidad limitada; son pocas las cosas a las que podemos atender conscientemente. Sin embargo, podemos hacer más cosas a la vez si algunas de ellas las automatizamos —es decir si las realizamos de un modo mecánico, sin dedicarles atención— con la ventaja de dejar toda nuestra capacidad de atención disponible para otras tareas. Así aprendemos a conducir: uniendo mediante la práctica repetida destrezas motoras inicialmente aisladas en secuencias —o “paquetes” de información— que podemos realizar de un modo automático, sin dedicarlas un esfuerzo consciente. Lo mismo sirve para el alumno que automatiza el uso de la tabla de multiplicar o la formulación química.

Los procesos de aprendizaje asociativo han sido muy estudiados por el conductismo y son muy eficaces para el aprendizaje de conductas —al asociarse de modo repetido una conducta con su consecuencia favorable, o desfavorable, la conducta tiende a repetirse más o menos veces— así como para la adquisición de destrezas motoras y de información verbal. Sin embargo, su utilidad para la adquisición de conceptos y estrategias de aprendizaje es más limitada. Cuando la cantidad o la complejidad del material que debe aprenderse aumentan, las limitaciones del aprendizaje asociativo comienzan a ser evidentes. Puede ser útil memorizar la tabla de multiplicar o una serie de fórmulas químicas, pero no será suficiente para comprender la multiplicación o las reacciones químicas. No por

mucho repetir el uso de un algoritmo —como por ejemplo la regla para la solución de ecuaciones de segundo grado— se comprende su significado.

Un ejemplo de las limitaciones del aprendizaje asociativo, basado en la repetición y copia literal de la información en nuestra memoria, podemos encontrarlo en el ejercicio contenido en la actividad 11 del apartado de Actividades, que sugerimos al lector que realice.

Una vez leído el texto de la actividad 11, y con éste tapado, hay que intentar recordar el mayor número de frases literales. No es fácil. Se necesita repetir demasiadas veces la lectura del texto para hacer “copias literales” de las frases en nuestra memoria a largo plazo. Además, se argumentará, con razón, que tampoco es eficaz recordar literalmente el texto; lo importante es captar su sentido y recordar el mayor número de ideas, no su expresión literal. En otras palabras, es necesario un aprendizaje distinto del meramente repetitivo; a este otro tipo de aprendizaje le hemos denominado anteriormente **significativo**, ya que se basa en comprender el significado del material y no sólo en “copiarlo” literalmente.

Veamos cómo procede el aprendizaje significativo, que suele dar como producto la adquisición de conceptos. Para ello volvamos al texto anterior. ¿Cuál es el significado del texto? ¿De qué trata realmente? La clave para recordar un mayor número de ideas del texto es lograr formarse una idea general sobre su contenido. Y tampoco es fácil, ya que el texto es bastante abstracto. Sólo podremos entenderlo —aumentando, sin duda, a nuestro recuerdo de él si alguien mañana nos preguntara qué hemos estado leyendo— si somos capaces de activar alguna idea general a la que pueda referirse. Esa idea debemos extraerla de nuestra memoria a largo plazo.

Si volvemos a la figura 2.5., veremos que hay una doble flecha entre la memoria a corto y a largo plazo. Una de ellas, en un sentido, representa el aprendizaje asociativo o repetitivo, en el que se aprende literalmente la información a la que hemos atendido; la otra es una flecha en dos sentidos, que implica una interacción entre esa información atendida y los contenidos de la memoria a largo plazo. Esta segunda flecha pretende resumir, esquemáticamente, la idea central del aprendizaje significativo: se trata de un proceso en el que lo que aprendemos es el producto de la información nueva interpretada a la luz de lo que ya sabemos. No se trata de reproducir información sino de asimilarla o integrarla en nuestros conocimientos anteriores. Sólo así comprendemos y sólo así adquirimos nuevos significados o conceptos. Se recordará que al hablar de la adquisición de conceptos decíamos que comprender era traducir algo a las propias ideas o palabras. Aprender significados es cambiar mis ideas como consecuencia de su interacción con la nueva información.

La importancia de esta activación de las propias ideas con el fin de asimilar los materiales de aprendizaje queda clara volviendo al texto anterior. Cuando, tras haberlo leído, se le pregunta a la gente sobre su contenido, suele decir que trata de actividades rutinarias o cotidianas, como estudiar, ordenar el despacho, hacer la comida, etc.

Lo que la gente logra recordar correctamente depende de su capacidad para activar una idea global en la que incluir los detalles del texto y, en segundo lugar, de su acierto al activar esa idea. Si la idea que activamos no es correcta probablemente nuestro recuerdo deforme el contenido del texto, ya que nuestra memoria no es meramente reproductiva sino constructiva; esta idea constructiva queda muy bien resumida en una frase de Koffka, un psicólogo del movimiento de la *Gestalt*, según la cual *vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros*, es decir las interpretamos a la luz de nuestras ideas. La comprensión y el recuerdo del texto serán mejores cuanto

más se aproxime la idea que nosotros activamos. Así, cuando se da a leer el texto precedido de un encabezamiento que resume su contenido (2), el recuerdo es mucho más preciso, ya que la mayor parte del texto cobra ahora sentido.

Cuando se explica o presenta algún material de aprendizaje a los alumnos, estos lo interpretan en función de sus conocimientos anteriores (véase la primera parte de este módulo de Psicología). Los libros o explicaciones no serán comprensibles a menos que el alumno posea una "idea inclusora", un esquema que pueda activar para comprender el contenido del tema. Cuando la idea central del capítulo o del apartado es "la estequiometría" o "la energía potencial" y por más encabezamiento que tenga, para el alumno puede resultar de poca ayuda, porque no tiene un esquema para integrar o asimilar esos conceptos.

La idea esencial para promover el aprendizaje significativo sería, por tanto, tener en cuenta lo que el alumno ya sabe y cómo va a interactuar con la nueva información proporcionada por los materiales de aprendizaje. Es la flecha de vuelta en el esquema de la figura 2.5; el alumno no entiende las ideas tal como se le están explicando sino en función de lo que ya sabe y es capaz, en función del contexto, de activar.

Este último aspecto nos lleva a otro de los procesos esenciales en el aprendizaje: la **recuperación** de los conocimientos aprendidos. De nada vale aprender algo, sea memorística o significativamente, si no se es capaz luego de recuperarlo en el momento oportuno. Como hemos visto, el aprendizaje significativo y la comprensión se basan en parte en la capacidad de recuperar ideas relevantes en el momento oportuno. Si queremos que los alumnos no se limiten a adquirir y repetir conocimientos inútiles, sino que sean capaces de usarlos para comprender el mundo que les rodea y actuar sobre él, debemos de preocuparnos por la forma en que van a recuperarlos.

Una metáfora útil para entender la importancia del proceso de recuperación es la de los almacenes de memoria. Supongamos, como ha hecho la psicología durante bastante tiempo, que nuestra memoria a largo plazo es algo parecido a un almacén en el que vamos conservando información. Si en un determinado momento queremos recuperar algo de lo que hemos almacenado en él es fundamental saber "localizarlo". Y para poder localizarlo en el momento en el que lo necesitamos es necesario que al almacenarlo lo hayamos hecho con un cierto orden. Si vamos tirando las cosas en el almacén según nos llegan, luego no vamos a encontrarlas. Tal vez el olvido —la imposibilidad de recuperar algo— no se deba sólo a que se borran algunas huellas de memoria cuando las frecuentamos poco —como puede borrarse o deteriorarse un disco de ordenador mal conservado— sino a que las "perdemos", a que no somos capaces de recuperarlas aunque estén ahí.

En este sentido, los estudios actuales en psicología de la memoria (por ej., Baddeley, 1982; Norman, 1982) muestran que la recuperación de la información depende en gran medida de cómo se ha adquirido, de la organización recibida por la información en el momento de la adquisición. Cuanto mayores sean las relaciones entre el nuevo material aprendido y los conocimientos anteriores más fácil será su recuperación útil en el futuro.

Otro modo de influir la adquisición sobre la recuperación es la influencia del contexto en el que se adquieren los resultados para su posterior recuperación. Cuanto mayor sea el parecido entre las situaciones de adquisición y

(2) El título es "el lavado de ropa"; pruebe ahora el lector a releer el texto y verá cómo le resulta más fácil de recordar.

recuperación, más fácil resultará ésta. Desgraciadamente, como los alumnos adquieren sus conocimientos y destrezas organizados con el fin de responder a preguntas de examen cuya similitud con situaciones de la vida cotidiana es muy escasa, luego son incapaces de recuperar esos mismos conocimientos en situaciones de la vida cotidiana en que podrían resultar relevantes. Un ejemplo muy claro de la importancia de esta relación entre adquisición y recuperación podemos encontrarlo en el aprendizaje de lenguas extranjeras. Si el fin de ese aprendizaje es que los alumnos hablen con fluidez esas lenguas en contextos en que puedan necesitarlo, el aprendizaje más eficaz será el que se base en situaciones similares a las de recuperación; será poco útil la memorización de tiempos verbales si luego no se ejercita su uso o recuperación en diálogos o contextos comunicativos.

Vemos, por tanto, que la mejor forma de facilitar la recuperación de un resultado del aprendizaje en un determinado contexto —por ej., utilizar un cálculo proporcional para determinar cuál de los dos envases de un producto, el grande o el pequeño, resulta más económico— es adquirir esa habilidad en contextos similares —adquirir las nociones de proporción como una estrategia para la solución de problemas cotidianos. Pero también es posible facilitar la recuperación en el mismo momento en que se está realizando. Si alguien nos pregunta cuál es la capital de Chipre, puede que lo “tengamos en la punta de la lengua” pero no lo recordemos. La tarea será más fácil si nos dan la clave de que empieza por “N” (3). El caso extremo de recuperación con claves es el reconocimiento —identificar algo como conocido en su presencia: ¿pasa el Pisuerga por Valladolid?— mientras que la recuperación sin claves —llamada recuerdo o evocación: ¿cómo se llama el río a cuyas orillas está levantada Zamora?— es mucho más compleja. Muchas de las llamadas mnemotecnias están relacionadas con la organización de la información para su más fácil recuperación, o con el uso eficaz de claves o indicios adecuados en el mismo momento del recuerdo (por ej., Lieury, 1981).

Un último proceso relevante, que está muy relacionado con la recuperación, es la **generalización** o capacidad de usar los resultados adquiridos en situaciones nuevas. Como vimos anteriormente hay una tendencia en el aprendizaje a que la recuperación se produzca en situaciones similares a la de adquisición. Por ello la generalización es un proceso difícil, que no se debe exigir a los alumnos, sino que, más bien, se deben de generar condiciones de aprendizaje que la favorezcan. Si le enseñamos al alumno una química descriptiva basada en la repetición de fórmulas relativas a extraños y desconocidos compuestos, no podemos pedirle luego que aplique esos conocimientos para entender ciertos fenómenos ambientales (por ej., la tan manida destrucción de la capa de ozono) o cotidianos (¿por qué se corta la mayonesa y cómo podemos remediarlo?). Si queremos que el alumno aplique sus conocimientos para entender el mundo que le rodea debemos generar unas condiciones de aprendizaje que favorezcan su recuperación en contextos diversos.

Concluiremos mencionando, brevemente, cuáles son las condiciones más adecuadas para el mejor funcionamiento de los procesos de aprendizaje hasta ahora descritos.

(3) Por cierto, aquí tenemos un nuevo ejemplo de la importancia de la organización realizada durante la adquisición para la recuperación posterior. Si la clave que nos dieran fuera que acaba en “a”, resultaría menos eficaz. Es más fácil recuperar nombres como “Nicosia” por su primera que por su última letra.

Las condiciones del aprendizaje

En la figura 2.1. indicábamos que se pueden distinguir tres tipos de condiciones del aprendizaje: las que se refieren al sujeto que aprende (al alumno o aprendiz), las referentes a la tarea (o material de aprendizaje) y las relativas a la situación o contexto del aprendizaje (que tendrían que ver con aquellos complementos circunstanciales del acto de enseñar que mencionábamos en la introducción). Aquí vamos a especificar, únicamente, algunas de las condiciones relativas a los procesos de aprendizaje del alumno, que deben ser tenidas en cuenta si se quiere que la actuación didáctica sea eficaz. En otras palabras, se trata de especificar algunos de los requisitos precisos para la activación de los procesos necesarios para conseguir los resultados del aprendizaje buscados.

Hay un proceso sumamente complejo que deliberadamente no hemos desarrollado en el apartado anterior —ya que requiere un análisis tan pormenorizado que no podemos hacerlo aquí (véase por ej., Rogers, 1982, o Claxton, 1984, cap. 2)— pero que es inevitable mencionar si queremos lograr unas condiciones de aprendizaje adecuadas. Se trata de la **motivación**. Sin motivación no hay aprendizaje. No aprendemos nada sin tener un motivo para ello, sea un puesto de trabajo posible, un viaje a Estados Unidos, evitar una riña del padre o simplemente la satisfacción personal por el resultado obtenido. Sucede un poco como con los crímenes: el aprendizaje siempre necesita un móvil; si no hay móvil no hay aprendizaje. Ello es así porque aprender —al menos de modo intencional como sucede en la enseñanza— requiere siempre un esfuerzo, una práctica o dedicación que sin motivación no se produciría. Como una consecuencia más del pecado original, aprendemos con el sudor de nuestra frente. Se suelen distinguir dos tipos de motivos para sudar aprendiendo: la motivación extrínseca y la motivación intrínseca.

Una persona tiene motivos **extrínsecos** para aprender cuando busca ciertos resultados del aprendizaje con el fin de obtener algún premio externo a ellos (por ej., un viaje, la aprobación del padre o no quedarse sin vacaciones). En este caso los resultados —lo que se aprende— son relativamente irrelevantes; probablemente el alumno aprendería cualquier otra cosa —lo que mande el profesor— con tal de lograr esos premios. En cambio, cuando uno aprende por motivos **intrínsecos**, es el propio logro de los resultados buscados lo que resulta gratificante; el premio es aprender. No necesitamos que nadie nos “refuerce” la conducta de ir al cine o a los toros. Vamos allí porque nos gusta. A veces también aprendemos porque nos gusta aprender (por ej., los adolescentes suelen disfrutar mucho al aprender a usar un ordenador o al comprender el funcionamiento de una máquina). Buena parte de los aprendizajes incidentales en la vida cotidiana son motivados intrínsecamente (recordamos el nombre de una persona cuando nos gusta o divierte, el bebé aprende a hablar porque le resulta gratificante comunicarse con los demás, etc.).

Aunque no siempre resulta fácil distinguir uno y otro tipo de motivación —de hecho, en muchas conductas están presentes ambas— es importante diferenciarlas ya que su funcionamiento y, por consiguiente, las condiciones que requieren también difieren. La motivación extrínseca debe ser mantenida externamente con una adecuada manipulación de premios y castigos, mientras que la motivación intrínseca se mantiene a sí misma, por lo que a largo plazo resulta más eficaz —y desde luego divertida— que la distribución de recompensas que un día pueden faltar, haciendo que los aprendizajes adquiridos “se extingan”. Para lograr la motivación intrínseca es necesario, por supuesto, conectar con los llamados “centros de interés” del alumno —sus aficiones, inquietudes, etc.—, lograr que la enseñanza proporcione respuestas a sus preguntas. Pero tampoco es posible quedarse ahí; es necesario también crearles intereses nuevos, incitarles a hacerse preguntas que ellos nunca se habrían hecho por

sí mismos. Claxton (1984) afirma que “*motivar consiste en intentar cambiar las prioridades de una persona*”. A ello contribuye, sin duda, no sólo la materia que han de aprender y la forma en que se les presenta sino, también, la figura del profesor, como un modelo que trasmite actitudes a los alumnos. Malamente logrará motivar a sus alumnos —de un modo intrínseco, se entiende— un profesor que no esté a su vez motivado —de un modo intrínseco, se entiende— y llegue a clase maltrecho, aburrido, deseando que aquello termine o nunca hubiera empezado.

Una de las consecuencias de la motivación intrínseca es, sin duda, que facilita la atención del alumno. Si el material de aprendizaje se refiere a algo próximo a sus intereses, es más probable que el alumno les dedique atención. Esta es una de las condiciones que favorece la atención. Otra es hacer que los materiales no sean monótonos, lo cual se logra haciendo que las situaciones didácticas resulten variadas. Nada hay más aburrido y, por tanto, menos digno de atención que aquello que podemos predecir que se repetirá siempre de la misma forma. Cuando por primera vez que ponemos en marcha el ordenador que nos acabamos de comprar, cada uno de sus ruidos, mensajes en pantalla o características absorbe nuestra atención. Al cabo de cierto tiempo, el funcionamiento del ordenador se convierte en algo rutinario, a lo que ni siquiera atendemos (a no ser que suceda algo anómalo). Un buen antídoto contra el aburrimiento puede ser evitar la monotonía didáctica. Otro modo de facilitar la atención puede ser limitar la cantidad y la complejidad de los estímulos a los que el alumno debe atender. Recordemos que la atención es un proceso de selección debido a las limitaciones de nuestra capacidad consciente. Lograremos que el alumno atienda a lo relevante, si la situación no incluye demasiada información distractora inútil. También podemos lograr eso mismo si conseguimos que automatice ciertas habilidades de modo que no consuman atención, como sucede, por ejemplo, cuando aprendemos a conducir.

En cuanto a las condiciones necesarias para una adquisición significativa, la principal —además de buenas dosis de motivación intrínseca, ya que dar significado a algo es siempre un proceso personal que nadie puede lograr desde fuera— es activar ideas adecuadas en el alumno que permitan asimilar los nuevos materiales. Recordemos lo que sucedía con aquel texto leído páginas atrás. Si activamos mediante un título —o una introducción, un ejemplo, una analogía, una anécdota o lo que sea— una idea adecuada, el material podrá ser comprendido. Para ello debemos tener una idea aproximada de cuáles son las ideas o concepciones que posee el alumno previas al aprendizaje (ver la primera parte de este trabajo de Psicología y el Módulo de Didáctica de estos materiales).

En relación con las condiciones necesarias para una adecuada recuperación, la más importante, como dijimos anteriormente, es que la adquisición sea organizada. Ello se consigue mediante un aprendizaje significativo, en el que el conocimiento constituye una especie de red o tejido conceptual, de modo que pueda ser “recorrido” con el fin de recuperar la idea requerida. Otra condición también mencionada es el uso de indicios o claves que permitan convertir una situación de recuerdo puro en un contexto más próximo al reconocimiento. Por último, la mejor forma de facilitar la generalización o transferencia de lo aprendido a nuevas situaciones, es diversificar las situaciones en las que ese mismo resultado se aprende. Si algo se aprende de una sola forma (por ej., como una letanía de nombres) sólo puede recuperarse así (es el caso de los camareros que nos “recitan” los platos disponibles y que si les interrumpimos deben empezar la lista nuevamente desde el principio).

También si queremos que nuestros alumnos en vez de simplemente estudiar para aprobar exámenes, aprendan destrezas o conceptos que luego puedan aplicar a la comprensión del mundo, debemos contribuir a ello saltando la tapia que separa la escuela de la realidad y haciendo que ésta entre en nuestras aulas. Nada hay de extraño en que los alumnos no estén motivados y “fracasen” teniendo en cuenta lo que se pretende que aprendan,

tanto desde el punto de vista de la cantidad como de los contenidos. Todos hemos sido alumnos y sabemos en qué consiste esa profesión tan mal remunerada. Pero además todos somos hoy, y siempre, *aprendices* de algo. Un mejor conocimiento del modo en que aprendemos tal vez contribuya a lograr que nuestros alumnos, además de estudiar, aprendan.

Bibliografía

Guía bibliográfica

Aquellos lectores cuya avidez intelectual y ansias de saber no hayan sido satisfechas en las páginas anteriores encontrarán, a continuación, unas breves sugerencias sobre cómo continuar la lectura. Esta guía se organiza según las tres áreas mencionadas en la introducción.

Con respecto al **desarrollo afectivo y social** de los adolescentes, no abordado como tal en este documento, un libro comprensivo y comprensible es el de J. C. Coleman *Psicología de la adolescencia* (Ed. Morata, 1985). En este volumen se repasan, de manera integradora, diversos aspectos de esa edad tan conflictiva que es la adolescencia (como desarrollo físico y pubertad, desarrollo moral, el papel de los padres y las relaciones con los compañeros o la sexualidad de los adolescentes). En contra de la creencia popular, un tanto romántica y mitificadora, de la adolescencia como un período particularmente turbulento de la vida humana, plagado de crisis y conflictos, Coleman, apoyándose en datos científicos, defiende la “normalidad” de los adolescentes, pero al mismo tiempo advierte de sus peculiaridades. Tal vez la “crisis” adolescente sólo sea una crisis más de las que nos aquejan a lo largo de la vida. Pero casi con seguridad será la primera.

Una visión de la adolescencia y la juventud complementaria de la anterior, aunque bien distinta en su origen, puede obtenerse acudiendo a alguna de las múltiples encuestas recientes sobre las ideas, valores y expectativas de adolescentes y jóvenes. De entre ellas cabe destacarse la serie de *Encuestas de la Juventud Española* realizadas por la Fundación Santa María (S. M.) bajo la dirección de un grupo de sociólogos, ya que en diversas oleadas (desde 1981 a la más reciente de 1990) ofrecen una panorámica de los cambios producidos en la España reciente en ese difícil papel que es el de ser joven o adolescente. Hay muchos datos dignos de análisis en las encuestas, pero, por encima de los detalles, rezuma una impresión general de que ser joven o adolescente es un producto más de la vida social, de forma que los adolescentes de hoy se parecerán, probablemente, mucho más a los adultos de hoy que a los adolescentes de ayer. Tal vez si queremos entender mejor a los adolescentes no sea muy conveniente recordar *nuestra* adolescencia. Mejor será que pensemos en nosotros *hoy* y en la sociedad de la que el sistema educativo forma parte.

Con respecto a **la comprensión de la ciencia por los alumnos**, si alguien quiere profundizar más en los aspectos relacionados con el desarrollo del pensamiento formal, debe acudir al capítulo de Mario Carretero “Desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud” (incluido en el volumen *Psicología Evolutiva 3. Adolescencia, madurez y senectud*, editado por M. Carretero, J. Palacios y A. Marchesi en Alianza Ed., 1985). En este capítulo se analiza detalladamente tanto la posición piagetiana clásica sobre el pensamiento formal, como los estudios más recientes que ponen en duda la generalidad en el uso de ese mismo pensamiento formal.

Desde un punto de vista complementario al anterior, es recomendable la lectura del libro de J. I. Pozo *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal* (Madrid, Ed. Visor, 1987), en el que se analiza la comprensión de la ciencia por los alumnos desde el punto de vista, seguido también en este trabajo, de estudiar cómo evolucionan tanto las capacidades generales de pensamiento (en este caso de pensamiento causal) como los conocimientos e

ideas específicas sobre la ciencia. El trabajo toma como ámbito de estudio ilustrativo la mecánica newtoniana, analizando no sólo las ideas de los alumnos sino también algunos de los modelos de aprendizaje relevantes para su cambio.

En relación con este aspecto del **aprendizaje de la ciencia**, un libro muy recomendable para quienes disfruten de las ideas polémicas y la buena lectura es *Vivir y aprender* de G. Claxton (Madrid: Alianza, 1987). Se trata de un texto ameno, bien escrito y plagado de ejemplos sustanciosos, en el que se reflexiona, sin excesivo afán de erudición, sobre el aprendizaje, tanto en contextos educativos como en la vida cotidiana. El tratamiento que se hace de temas como las teorías personales, la motivación, la memoria o la enseñanza es deliberadamente provocador. Se puede estar de acuerdo o no con Claxton, pero es difícil que la lectura del libro nos deje indiferentes.

Referencias

- ANDERSSON, B. (1986): "The experimental gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science". *European Journal of Science Education*, 8 (2), 155-171.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1978): *Educational Psychology. A cognitive view*. 2nd edition. New York: Holt, Rinehart y Winston. Trad. cast. de M. Sandoval: *Psicología educativa*. México: Trillas, 1983.
- BADDELEY, A. D. (1982): *Your memory*. Londres: Sidgwick y Jackson. Trad. cast. de F. Rodríguez de Lecea y otros: *Su memoria: cómo conocerla y dominarla*. Madrid: Debate, 1984.
- BRUNER, J. S.; GOODNOW, J.; AUSTIN, G. A. (1956): *A study of thinking*. Nueva York: Wiley. Trad. cast. de J. Vegas: *El proceso mental en el aprendizaje*. Madrid: Narcea, 1978.
- CARRETERO, M. (1984): "De la larga distancia que separa la suposición de la certeza". En M. Carretero & J. A. Madruga (Eds.). *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza.
- CARRETERO, M. (1985): "El desarrollo cognitivo en la adolescencia y la juventud: Las operaciones formales". En M. Carretero; A. Marchesi y J. Palacios (Eds.). *Psicología Evolutiva 3. Adolescencia, madurez y senectud*. Madrid: Alianza Psicología.
- CLAXTON, G. (1984): *Live and learn*. Londres: Harper & Row. Trad. cast. de C. González: *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza, 1987.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHEN, A. (1985): *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press. Trad. cast. de P. Manzano: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC, 1989.
- FLAVELL, J. H. (1963): *The developmental psychology of Jean Piaget*. Princenton: Van Nostrand. Trad. cast. de M. T. Cevasco: *La psicología evolutiva de Jean Piaget*. Buenos Aires: Paidós, 1968.
- FLAVELL, J. H. (1977): *Cognitive development*. Englewood-Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. Trad. cast. de J. I. Pozo: *Desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor, 1984.

- FLAVELL, J. H. (1985): *Cognitive development*. Second edition. Englewood, N. J.: Prentice-Hall.
- GAGNE, R. M. (1985): *The conditions of learning of instruction*. N. York: Holt, Rinehart & Winston. Trad. cast. de R. Elizondo: *Las condiciones del aprendizaje*. México, D. F: Trillas, 1987.
- GIL, D. (1983): "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 1, 26-33.
- GIORDAN, A., y DE VECCHI, G. (1987): *Les origines du Savoir*. Delachaux et Niestl: Neuchatel.
- HIERREZUELO, J., y MONTERO, A. (1988): *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia/MEC.
- INHENDER, B., y PIAGET, J. (1955): *De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent*. Paris: P.U.F. Trad. cast. de M. T. Cevasco: *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós, 1972.
- PÉREZ ECHEVERRÍA, M. P. (1990): *Psicología del razonamiento probabilístico*. Madrid: Servicio de Publicaciones de la U. A. M.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- POZO, J. I. (1989): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I., y CARRETERO, M. (1986): "Desarrollo cognitivo y aprendizaje escolar". *Cuadernos de Pedagogía* (133), 15-19.
- POZO, J. I., y CARRETERO, M. (1987): "Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas. ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia?". *Infancia y Aprendizaje*, 38, 35-52.
- POZO, J. I., y CARRETERO, M. (1989): "Las explicaciones causales de expertos y novatos en Historia". En: M. Carretero, J. I. Pozo y M. Asensio (Eds.) *La enseñanza de las ciencias sociales*. Madrid: Visor.
- POZO, J. I.; SANZ, A.; GÓMEZ CRESPO, M. A. & LIMÓN, M. (1991): "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- RODRIGO, M. J. (1985): "Las teorías implícitas en el conocimiento social". *Infancia y Aprendizaje*, 31-32, 145-156.
- ROGERS, C. (1987): *Psicología social de la enseñanza*. Madrid: Visor.

ACTIVIDAD 1

A continuación vas a encontrar una serie de preguntas sobre lo que tú entiendes por **inteligencia**. Se trataría de que las respondas individualmente y luego compares tus opiniones con las de tus compañeros, en pequeños grupos.

¿Qué es para ti la inteligencia? ¿Podrías definirla?

A partir de tu experiencia con los **tests** de inteligencia ¿qué opinión te merecen? ¿crees que miden realmente la inteligencia de la gente?

Detalla qué utilidad tienen para tí, como docente, los **tests** de inteligencia, así como los problemas que veas tanto en su utilización (consecuencias indeseadas, errores, etc.) como en su interpretación (por ej., ¿qué pasa cuando los datos sobre la inteligencia de un alumno no coinciden con lo que tú sabes de él?).

Utilidad

Problemas de utilización

Problemas de interpretación

A continuación tienes una serie de actividades o habilidades. Se trataría de que indiques en qué medida crees que tener **un buen rendimiento en cada una de ellas es una muestra o no de inteligencia**, utilizando para ello una escala de 0 a 8, de modo que 0 se usaría para una conducta “que no muestra ninguna inteligencia” y 8 para una conducta “que muestra mucha inteligencia”.

Jugar al baloncesto	1 2 3 4 5 6 7 8
Jugar al ajedrez	1 2 3 4 5 6 7 8
Jugar al mus	1 2 3 4 5 6 7 8
Tener liderazgo	1 2 3 4 5 6 7 8
Dar clase	1 2 3 4 5 6 7 8
Bailar “de salón”	1 2 3 4 5 6 7 8
Cocinar	1 2 3 4 5 6 7 8
Escribir en ordenador	1 2 3 4 5 6 7 8
Hacer bricolaje	1 2 3 4 5 6 7 8
Tocar el violín	1 2 3 4 5 6 7 8

Tener un buen rendimiento académico en cada una estas materias

Sociales	1 2 3 4 5 6 7 8
Dibujo	1 2 3 4 5 6 7 8
Idioma Extranjero	1 2 3 4 5 6 7 8
Matemáticas	1 2 3 4 5 6 7 8
Ciencias	1 2 3 4 5 6 7 8
Educación Física	1 2 3 4 5 6 7 8
Lengua	1 2 3 4 5 6 7 8

Tal vez a partir del ejercicio anterior se te hayan planteado algunas preguntas. Por ejemplo, ¿las personas tenemos un solo tipo de inteligencia o varios distintos? o, dicho de otra forma ¿se puede ser “inteligente” para unas cosas y no para otras? ¿Tu qué crees?

Si crees que hay más de una “inteligencia”, ¿cuáles serían?

En relación con la inteligencia —o con cada tipo de inteligencia— ¿crees que se puede aprender a ser inteligente? ¿Y se podría enseñar?

ACTIVIDAD 2

Primera parte

En las figuras de abajo puedes ver dos aparatos con los que puede estudiarse el uso del pensamiento formal. Arriba (fig. 1) tenemos dos rampas o planos inclinados; si dejamos caer una bola por el plano de la derecha, chocará con la bola que está inmóvil abajo y la hará subir por la otra rampa. Pero no siempre subirá igual. Hay varias cosas que pueden cambiarse en el aparato, que podrían hacer que la segunda bola subiera más o menos. Podemos cambiar la bola que dejamos caer (tenemos una bola de acero, otra de madera, otra de piedra y una pelota de ping-pong, todas del mismo tamaño) y también la que está abajo (tenemos un segundo juego de bolas, igual que el anterior); también podemos cambiar el punto desde el que dejamos caer la bola (hay tres señales en la rampa: 1, 2 y 3) y el punto en el que se apoya la rampa de caída en el soporte (con tres posiciones posibles, a, b y c).

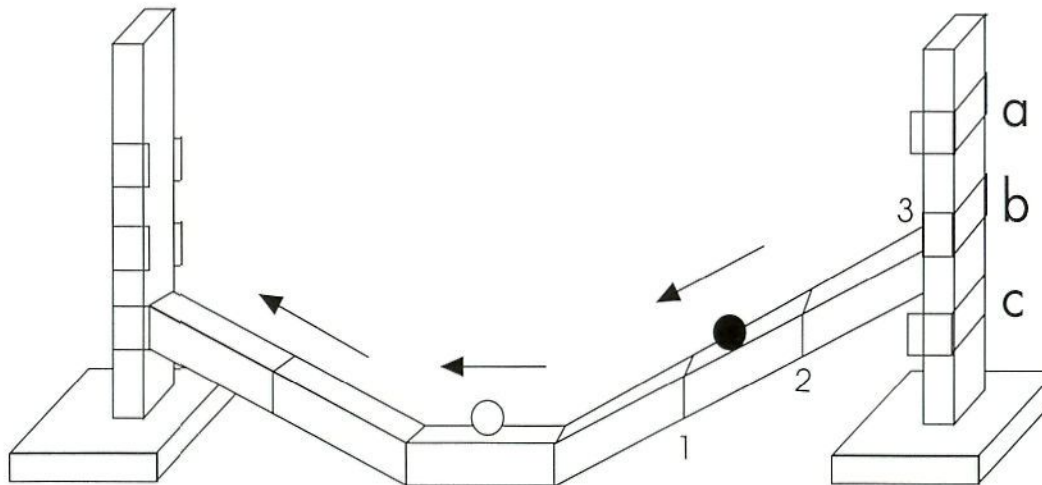


Figura 1

Con todas estas posibles variaciones ¿qué factores crees tú que influirán en que la segunda bola suba más o menos? Haz una lista y explica por qué crees que influirán.

¿Cómo podrías demostrar que influye cada uno de esos factores y rechazar los que crees irrelevantes? Describe las pruebas que harías para cada uno de ellos.

Y ahora piensa en **tus alumnos** ¿Cómo harían esta tarea? Señala cuáles crees tu que serían los factores en que se fijarían y cómo explicarían su influencia.

¿Qué pruebas harían para demostrar sus ideas? Describe las dificultades que en tu opinión tendrían.

Segunda parte

Aquí tenemos otra tarea algo distinta de la anterior. Ahora se trata de una bola que desciende por una rampa y luego cae libremente. Pero no siempre alcanzaría el suelo a la misma distancia del extremo de la rampa. Nuevamente podemos hacer algunas variaciones que podrían afectar a esa distancia. Podemos cambiar la bola (tenemos las mismas cuatro bolas descritas antes), el punto desde el que se deja caer (con tres opciones, 1, 2 y 3), el punto en que la rampa se apoya en el soporte (ahora sólo con dos opciones, a y b) y —como nueva variable— la altura desde la que la bola inicia la caída libre (I y II).

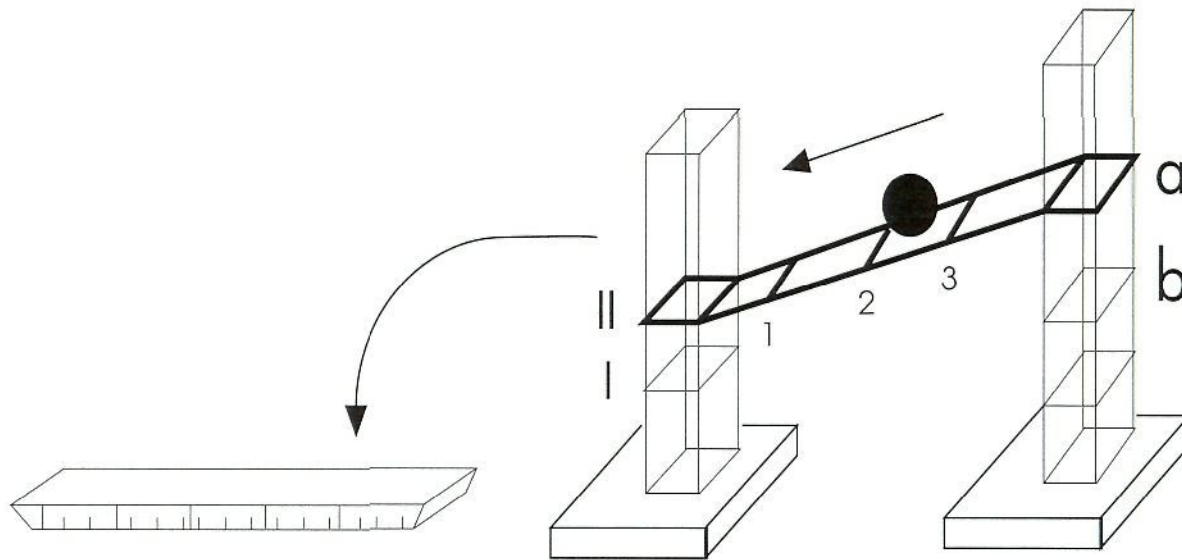


Figura II

En primer lugar, ¿puedes dibujar en la figura de arriba la trayectoria que seguiría la bola en su caída? ¿Por qué caería así?

Indica cuáles son, en tu opinión, los factores que harían que la bola cayera más lejos o más cerca. Explica tu respuesta.

Al igual que antes, piensa en qué pruebas harías para demostrar que efectivamente esos factores tienen influencia en el resultado, así como también para demostrar que otros posibles factores son irrelevantes. Describe las pruebas para cada uno de los factores analizados.

¿Qué dificultades conceptuales y de razonamiento tendrían tus alumnos en esta tarea? Piensa en cómo responderían tus alumnos a las tres preguntas anteriores.

a) ¿Qué trayectoria(s) dibujarían? ¿Por qué?

b) ¿Cuáles serían para ellos los factores determinantes? ¿Por qué?

c) ¿Qué pruebas intentarían hacer y qué dificultades tendrían para hacerlas?

Por último, en el caso de que al hacer las pruebas obtuviesen resultados distintos de los previstos, ¿cómo resolverían ese conflicto?

ACTIVIDAD 3

En esta actividad se trataría de reflexionar sobre el uso que hacemos del pensamiento formal tanto nosotros como los alumnos adolescentes. Las primeras preguntas están referidas a ti mismo o las personas adultas próximas a ti (**no a tus alumnos**).

Para ello puedes comenzar identificando situaciones que se te ocurran, tanto de la vida cotidiana como del trabajo científico/profesional, en las que **solemos utilizar adecuadamente el pensamiento formal**.

Situaciones cotidianas

Situaciones cient/profes

Puedes buscar también situaciones en las que **deberíamos usarlo pero no lo usamos** siempre, o bien (nuevamente tanto cotidianas como científico/profesionales).

Situaciones cotidianas

Situaciones cient/profes

¿A qué se debería que no usáramos el pensamiento formal en esas situaciones cuando deberíamos hacerlo?

Por último, puedes buscar situaciones (cotidianas y científicas o profesionales) en las que **lo usemos pero no deberíamos usarlo** (porque no sería conveniente).

Situaciones cotidianas

Situaciones cient/profes

Tal vez a partir de las preguntas anteriores estés en condiciones de decir cuándo tendemos a utilizar, las personas adultas, el pensamiento formal y cuándo no. Y cuáles son los principales obstáculos para su uso.

Y ahora **pasemos a los alumnos adolescentes**. ¿Crees que tus alumnos usan el pensamiento formal? ¿En el aula de ciencias? ¿Y en su vida cotidiana?

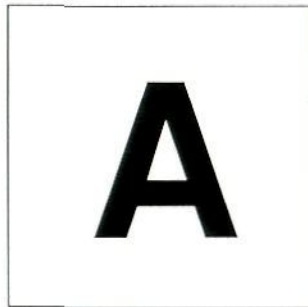
Si crees que no siempre lo usan adecuadamente ¿a qué puede deberse? Haz una lista de las posibles causas.

¿Cómo podrías conseguir que tus alumnos utilicen más eficazmente el pensamiento formal? (si has hecho la lista anterior, puedes ir buscando remedios posibles a cada una de esas "causas").

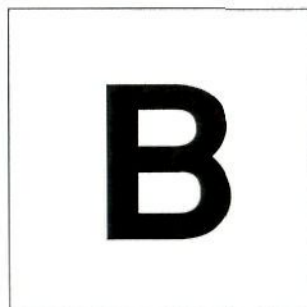
ACTIVIDAD 4

Lee atentamente las instrucciones

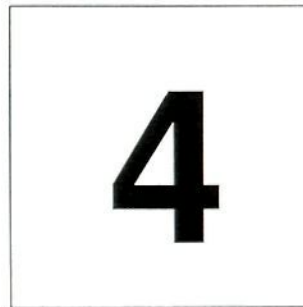
Debajo hay cuatro tarjetas. Cada tarjeta tiene una letra en una cara y un número en la otra. Tu tarea es decidir a cuál o cuáles tarjetas tienes que darles la vuelta para saber si cierta regla se está cumpliendo. La regla es: **Si la tarjeta tiene una A en una cara entonces tiene que tener un 4 en la otra cara.** Dale la vuelta solamente a aquellas tarjetas que necesites comprobar para estar seguro. Señala con una cruz, en el lugar indicado debajo de las tarjetas, las que tú levantarías.



(.....)



(.....)



(.....)



(.....)

ACTIVIDAD 5

Imagínate que estás corrigiendo un examen que has puesto a tus alumnos y estás convencido de que se trata de un examen difícil. Coges el primer examen y corresponde a un “mal” alumno, que ha suspendido evaluaciones previas y no parece muy atento en clase. Sin embargo, **este examen lo hace bien y aprueba ampliamente**. ¿Cómo lo interpretas?

Sigues corrigiendo exámenes y te encuentras que no es sólo ese “mal” alumno el que ha hecho bien el examen. Otros “malos” alumnos también han aprobado. ¿Qué pasa? ¿Cómo lo interpretas ahora?

Pero no acaba ahí la cosa. Por si esto fuera poco, tras corregir el resto de los exámenes compruebas que, en cambio, algunos “buenos” alumnos —que habitualmente sacan buenas notas contigo— han suspendido. ¿Qué está pasando? ¿Y ahora cómo interpretas los resultados que ha dado el examen?

Una última curiosidad: tras hacer este examen y corregirlo con los resultados señalados ¿cambiarás tu expectativa sobre el rendimiento de tus alumnos? ¿cambiarás tu forma de hacer los exámenes? ...¿repetirás el examen?

ACTIVIDAD 6

Se trataría de tomar cada una de las reglas anteriores y buscar ejemplos, tanto de situaciones cotidianas en las que tu utilices esa regla, como de ideas de los alumnos sobre la ciencia que se basen en esa misma regla.

Vida cotidiana

Ideas de los alumnos

Predominio
de lo
observable

Semejanza

Contigüidad
espacial

Contigüidad
temporal

Covariación

ACTIVIDAD 7

Como en la actividad anterior, se trataría de buscar ejemplos de ideas, o teorías implícitas, de los alumnos, que se basaran en las tendencias intuitivas descritas en el texto, y cuya superación requiera utilizar esquemas o estructuras conceptuales vinculadas al pensamiento formal.

Causalidad simple y lineal en vez de Sistemas en Interacción

- a) Acción-reacción

- b) Interacción de causas

Esquemas cualitativos en vez de cuantificación de relaciones

- a) Proporción

- b) Probabilidad

- c) Correlación

Centración en el cambio en vez de conservación y equilibrio

- a) Conservaciones no observables

- b) Sistemas en equilibrio dinámico

ACTIVIDAD 8

A continuación tienes una lista de actividades o conductas. Se trataría de que señalaras en la escala **en qué medida crees tu que esas conductas son aprendidas o no**. Para ello tienes una escala de 0 a 8, donde 0 indica que una conducta apenas puede ser aprendida (es decir, depende de factores innatos individuales) mientras que 8 indica que es totalmente aprendida (cualquiera podría aprenderla con la experiencia debida).

Jugar bien al tenis	1 2 3 4 5 6 7 8
Darte asco las serpientes	1 2 3 4 5 6 7 8
Jugar bien al ajedrez	1 2 3 4 5 6 7 8
Tener una gran memoria	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser un buen jugador de mus	1 2 3 4 5 6 7 8
Saberse las capitales de África	1 2 3 4 5 6 7 8
Tener liderazgo	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser tímido	1 2 3 4 5 6 7 8
Saber arreglar el coche	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser un buen profesor	1 2 3 4 5 6 7 8
Planificar adecuadamente el trabajo	1 2 3 4 5 6 7 8
Bailar “bailes de salón”	1 2 3 4 5 6 7 8
Cocinar bien	1 2 3 4 5 6 7 8
Saber mentir	1 2 3 4 5 6 7 8
Saberse la lista de los reyes godos	1 2 3 4 5 6 7 8
Tener gran capacidad de cálculo	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser un despistado	1 2 3 4 5 6 7 8
No gustarte las matemáticas	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser un “manitas”	1 2 3 4 5 6 7 8
Tocar el violín	1 2 3 4 5 6 7 8
Ser obediente	1 2 3 4 5 6 7 8
Comprender la mecánica cuántica	1 2 3 4 5 6 7 8

Repasando tus propias respuestas, ¿encuentras algo en común entre las actividades “totalmente aprendidas”? ¿Y entre las escasamente o “nada aprendidas”?

Un célebre psicólogo conductista, John Watson, dijo una vez algo así como *“dadme doce niños y haré de ellos lo que quiera, policías, ladrones, periodistas, profesores, etc...”* ¿Estás de acuerdo con que eso es posible? ¿Por qué?

ACTIVIDAD 9

En esta ocasión se trata de reflexionar sobre los **contenidos procedimentales** relevantes para el aprendizaje de las ciencias, centrándonos en dos tipos: las **técnicas de estudio** y los **procedimientos científicos**.

Haz una lista de las principales técnicas de estudio y procedimientos científicos que crees que tus alumnos deberían dominar al **comenzar** y al **terminar** tu asignatura (si das varias, elige una).

	Procedimientos científicos	Técnicas de estudio
Al comienzo		
Al final		

Centrándonos en las técnicas de estudio ¿qué diferencia hay entre el comienzo y el final?

¿Qué experiencia tienes sobre la instrucción en técnicas de estudio en tu Centro? ¿Crees que es suficiente el tratamiento que reciben?

¿Qué problemas se plantean con la instrucción en técnicas de estudio tal como se realiza en tu Centro?

¿Crees útiles los cursos "extracurriculares" sobre técnicas de estudio? ¿Qué deficiencias encuentras en ellos?

En tu opinión, ¿basta dominar las técnicas de estudio para estar en condiciones de "aprender a aprender"?

Puestos a elegir entre dos opciones con respecto a la necesidad de "enseñar a aprender", incluirla como parte de cada materia o convertirla en un curso o materia aparte, señala las ventajas e inconvenientes de cada posición.

	Incluirlas en cada materia	Curso de Técnicas de Estudio
Ventajas		
Inconvenientes		

¿Tu cuál prefieres? ¿Por qué?

ACTIVIDAD 10

Se trataría, nuevamente, de conocer tus ideas u opiniones sobre el aprendizaje. Tienes una lista de actividades. Elige tres de ellas (las que tu quieras) y rellena el siguiente cuestionario pensando por separado en cada una de ellas (hazlo una vez para cada actividad).

Posibles actividades:

- Escribir a máquina
- Usar un tratamiento de textos
- Vender ordenadores
- Enseñar Gimnasia en E. G. B.
- Enseñar matemáticas a adultos
- Arreglar un coche
- Investigar nuevas técnicas de revelado fotográfico
- Jugar al ajedrez
- Dirigir un “vivero” de plantas
- Montar en bicicleta
- Bailar “bailes de salón”
- Hablar un idioma extranjero
- Comprender la mecánica newtoniana
- Instalar y arreglar circuitos eléctricos
- Otras (si se te ocurre alguna otra de interés que no esté incluida en la lista anterior):

Una vez elegidas esas tres actividades, tómate tu tiempo para rellenar el siguiente cuestionario para cada una de ellas.

TAREA: _____

1. ¿Qué es lo que debe aprenderse con respecto a este resultado?

- Actitudes
- Destrezas motoras
- Información verbal
- Conocimiento conceptual
- Estrategias cognitivas
- Otros (especificar)

2. ¿Qué requisitos previos debe tener el aprendiz para obtener estos aprendizajes?

(Especifíquese, a ser posible, para cada uno de los resultados señalados en la pregunta anterior).

3. ¿Consideras que alguno de esos requisitos son “innatos” o no aprendidos? ¿Cuáles?

4. ¿Mediante qué procesos se debe aprender esta tarea? ¿Por qué?

- Práctica repetitiva
- Imitación de un modelo
- Comprensión significativa
- No se puede aprender (innato)
- Otros (especificar)

5. En el caso de que domines esta tarea, ¿cómo la has aprendido?

- Práctica repetitiva
- Imitación de un modelo
- Comprensión significativa
- No he podido aprenderla (es innata)
- Otros (especificar)

6. A tu juicio, ¿ha sido correcto el método de aprendizaje a que hace referencia la pregunta anterior? ¿Por qué?

CORRECTO porque

INCORRECTO porque

7. ¿Qué dificultades específicas de aprendizaje presenta esta tarea? (Trata de relacionarlas con los resultados a los que aludía la 1.ª pregunta).

8. En relación con las condiciones de aprendizaje, se debe enseñar esta tarea basándose fundamentalmente en:

- Exposiciones en textos
- Exposiciones verbales
- Solución de problemas
- Discusión en grupos
- Ejercicios de práctica repetitiva
- Simulación (rol play)
- Otros (especificar)

ACTIVIDAD 11

A continuación encontrarás un texto. Debes de leerlo dos o tres veces con atención. No puedes tomar notas, pero puedes hacer lo que quieras con el fin de aprender lo más posible sobre el texto.

“El procedimiento es en realidad muy sencillo, en primer lugar se distribuyen las piezas en distintos grupos. Por supuesto, en función del trabajo a realizar puede bastar con un solo montón, si la falta de instalaciones adecuadas le obliga a trasladarse este es un elemento importante a tener en cuenta. En caso contrario la tarea se simplifica. Es importante no sobrecargarse, es decir, es preferible hacer pocas cosas a la vez que intentar hacer demasiadas. A corto plazo ésto puede parecer algo sin importancia pero es fácil que surgan complicaciones. Cualquier error puede costar muy caro. Al principio el procedimiento puede ser laborioso. Sin embargo pronto será simplemente una faceta más en la vida cotidiana. Es difícil prever en el futuro inmediato el cese definitivo de la necesidad de este trabajo aunque nunca pueda afirmarse algo así. Una vez completado el proceso, de nuevo debe ordenarse el material en diferentes grupos, debe colocarse cada pieza en el lugar adecuado. Finalmente se utilizarán de nuevo y deberá repetirse todo el ciclo, pero eso forma parte consustancial de nuestra vida”.

¿Lo has leído ya dos o tres veces? Si es así, intenta recordar todo lo que puedas sobre el texto **teniéndolo tapado**. Escribe todo lo que recuerdes.

Si no recuerdas más, intenta responder a las siguientes preguntas.

¿Qué has hecho para aprenderlo?

¿De qué crees tú que trata el texto? Compara tu interpretación con la de tus compañeros.



DIRECCIÓN GENERAL de RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección GENERAL
de FORMACIÓN del PROFESORADO

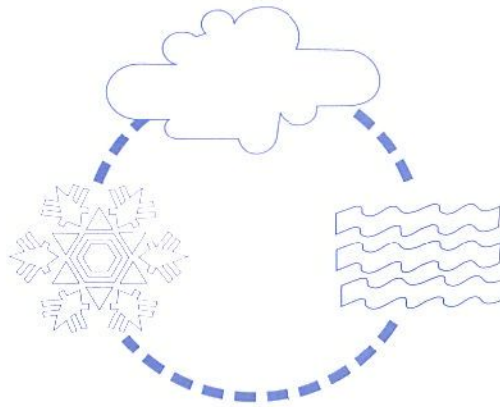


Teoría y práctica del Currículo

Curso de actualización científica y didáctica



Ministerio de Educación y Ciencia



Teoría y práctica del Currículo

Autores

Rafael Porlán Ariza
María Pilar Jiménez Aleixandre
Antonio Bautista García-Vera

Curso de actualización científica y didáctica.
Ciencias de la Naturaleza



Ministerio de Educación y Ciencia

Dirección General de Renovación Pedagógica

Subdirección General de Formación del Profesorado

N. I. P. O.: 176-92-015-6

I. S. B. N.: 84-369-2256-5

Depósito legal: M. 23038-1992

Imprime: MARÍN ALVAREZ HNOS.

Prólogo

Este libro de los materiales del área de Ciencias de la Naturaleza va a tratar de la “Teoría y práctica del currículo” a través de tres documentos de colaboradores distintos.

El primero lleva por título “El currículo en acción” y lo ha escrito Rafael Porlán. Ya desde el principio nos avisa Porlán de que todos afrontamos la enseñanza de nuestras disciplinas científicas con unas determinadas concepciones didácticas (en el sentido más global del término) seamos conscientes de ellas o no. Dicho de otra manera, todos utilizamos en el ejercicio de nuestra actividad profesional un conjunto de procedimientos para enseñar, íntimamente relacionados con aquello que queremos enseñar y con el control que queremos ejercer sobre el aprendizaje de nuestros alumnos.

El autor ha elaborado tres retratos robots sobre ese complejo proceso de la tarea de todo profesor que él los llama “el currículo tradicional”, “la tendencia tecnológica” y “la tendencia espontaneísta”. Como ocurre con los retratos robots, ninguno de los tres es nuestra fotografía y quizá alguno de ellos se aproxima más que los otros a la descripción de nuestros rasgos. Queda, pues, a la curiosidad detectivesca de cada uno verse reflejado en uno u otro o, quizá lo más frecuente, hacerse su propia fotografía, utilizando rasgos de los tres y otros nuevos no señalados.

Pero el objetivo de Porlán no se limita a describir, sino que presenta una propuesta alternativa que contribuya a avanzar en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Esta propuesta de un cambio progresivo en el currículo de Ciencias no es un inventario de “las nuevas consignas curriculares”. No es tampoco una teoría cerrada que se entrega para su ejecución sin más. Es algo más sugerente, porque se trata de una serie de referencias teóricas que esperan que el lector las contraste con sus propias concepciones —de ahí la utilidad de los retratos robots— y que las analice para ver la potencialidad que encierran para resolver problemas prácticos.

Esas referencias teóricas se vertebran alrededor de tres pares de opuestos que se intentan reconciliar en una síntesis integradora. Tales opuestos son: lo que se “debe” y lo que se “quiere aprender”; empirismo “versus” constructivismo; y evaluación tradicional frente a evaluación-investigación.

La contribución de Porlán termina avisando de la presencia en el Diseño Curricular Base de Ciencias de la Naturaleza, de la Secundaria Obligatoria de huellas de la concepción tecnológica del currículo, a pesar de —según sus palabras— “la validez general de la propuesta”.

Una guía de actividades y una bibliografía básica comentada ponen fin a esta colaboración.

El segundo trabajo de este volumen es de María Pilar Jiménez Aleixandre, y lleva por título: “El papel de la Ciencia en la enseñanza de las ciencias”. Comienza planteando una pregunta radical: ¿Por qué se estudian las ciencias en la escuela? ¿Tienen algo que aportar a los objetivos generales de la educación?

Quizá lo primero que uno piensa ante tan sorprendente arranque es si no estará la autora haciendo una pregunta retórica, porque no tiene sentido cuestionarse la necesidad de las ciencias en la educación y, menos

aún, en una sociedad tan tecnificada como la nuestra. Pero, pese a las apariencias, la pregunta es muy pertinente porque no está tan claro que la enseñanza de las ciencias haya sido consciente de su función de proporcionar una cultura, una funcionalidad científica que pueda luego el alumno aplicar a la vida real. Más bien ha existido un cierto escoramiento a la enseñanza propedéutica de las ciencias como si las aulas hubiesen estado siempre llenas de científicos en ciernes.

Establecida, pues, la funcionalidad del conocimiento científico como objetivo de la Educación Secundaria Obligatoria, se aborda la necesidad de encontrar una relación, un puente, entre el conocimiento y la investigación científica y la forma de plantear la enseñanza de las ciencias. Dicho con otras palabras, encontrar la relación entre la estructura lógica y la estructura psicológica de la disciplina.

Un recorrido por la Filosofía de la Ciencia lleva a la autora a establecer una serie de diferencias entre las ciencias, como campo de investigación, y la ciencia escolar. Estas diferencias ayudan a que el profesor pueda abordar de modo personal la tarea de analizar los conceptos estructurantes de las ciencias y la perspectiva con que hay que abordarlos para crear situaciones de aprendizaje significativo en el aula. Tarea que no se realiza de una vez para siempre, sino que requiere un modelo de profesor que no desarrolla el currículo como un conjunto de soluciones, sino como una exploración de problemas y que convierte el aula en un campo de investigación vinculado a su práctica profesional.

La última parte del trabajo está dedicada a exponer las relaciones existentes entre ciencia, tecnología y sociedad. La pretendida neutralidad de la ciencia que algunos proclaman, la influencia ambivalente —beneficios y riesgos— de la ciencia en la sociedad y la necesidad de que los currículos tengan en cuenta las aplicaciones tecnológicas del trabajo científico son abordados con el ánimo de contribuir a superar la enseñanza descontextualizada de las ciencias en las aulas.

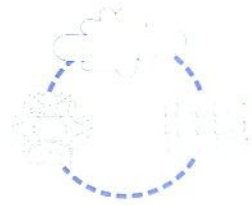
Incluye también una bibliografía básica comentada al final de cada uno de los apartados.

Y para no dar nada por supuesto, el último documento del Módulo aborda el “Diseño y desarrollo del currículo”. Su autor es Antonio Bautista García-Vera. Podemos decir de este texto que se trata de una reflexión de segundo grado, en la medida en que se ocupa del currículo en general.

Una vez más el modelo técnico y el modelo procesual se enfrentan mostrando cada uno los argumentos que lo justifican y las carencias que, uno más que otro, padecen. Las actividades que se proponen pueden ser útiles para situar el trabajo en equipo de los profesores que vayan a elaborar un proyecto curricular. La bibliografía comentada ayudará a los que aún quieran saber más.

Índice

El currículo en acción	7
El papel de la Ciencia en la enseñanza de las ciencias	55
Diseño y desarrollo del currículo	97



El currículo en acción

Rafael Porlán Ariza

Índice

Introducción	11
1. El pensamiento y la práctica curricular de los profesores de Ciencias	13
¿Cómo enseñamos ciencia? I: El currículo tradicional.....	13
¿Cómo enseñamos ciencia? II: La tendencia tecnológica	15
¿Cómo enseñamos ciencia? III: La tendencia espontaneísta.....	24
Guía de actividades.....	31
Bibliografía.....	33
2. Hacia un cambio progresivo del currículo de Ciencias	35
La necesidad de una alternativa curricular, ¿cuál es el campo de la problemática?	35
El problema de qué ciencia enseñar: una síntesis entre lo que se “debe” y lo que se “quiere” aprender	36
El problema de cómo enseñar ciencias: empirismo “versus” constructivismo	38
El problema del qué, cómo y para qué evaluar: la evaluación como investigación	42
El contexto de la Reforma: hacia una diversidad de Proyectos curriculares de ciencia	46
Guía de actividades.....	50
Bibliografía.....	53

Introducción

Prendemos analizar en este capítulo la práctica del currículo de Ciencias. Describiremos las formas de enseñanza predominantes, los problemas prácticos con que se suelen encontrar los profesores, y las creencias que se manifiestan implícitamente en su actuación docente (Porlán, 1987, 1988). Todo ello en la perspectiva de promover alternativas curriculares en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que tengan en cuenta, tanto las aportaciones generales de la teoría del currículo, como los problemas, creencias y obstáculos concretos que se manifiestan al describir y analizar las clases de ciencias.

Se trata de establecer una adecuada relación entre teoría y práctica educativa, entre las aportaciones provenientes de las Ciencias de la Educación y el Conocimiento Práctico-Profesional de los profesores; evitando, en lo posible, el hecho de poseer un discurso teórico y no saber modificar la práctica y el hecho de innovar el currículo en la acción sin un marco teórico de referencia (Véase cuadro n.º 1).

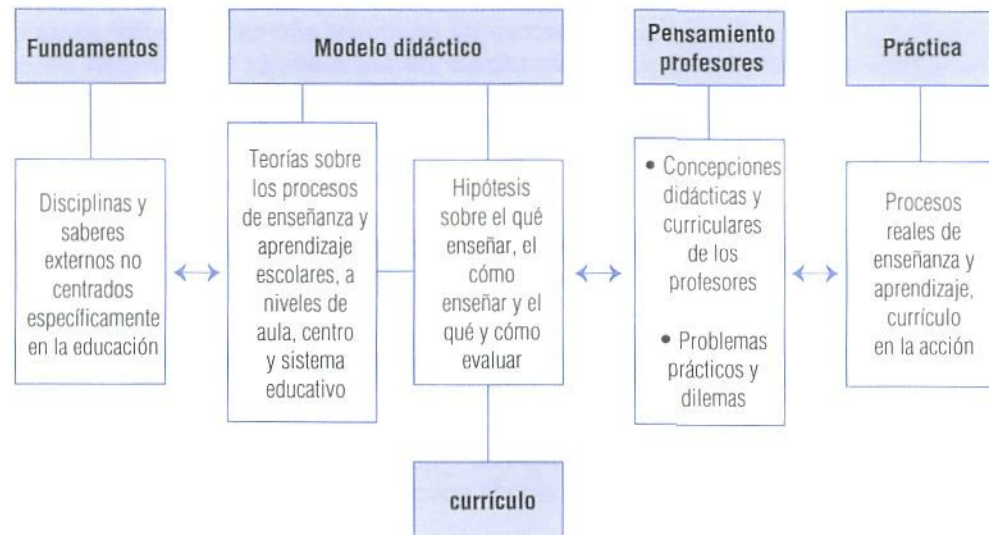
Entraremos en ello en las páginas siguientes. Antes, sin embargo, conviene aclarar una cuestión básica. En el módulo de didáctica se abordan, describen y analizan los modelos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. Podemos preguntarnos: ¿qué relación existe entre el concepto de modelo y el de currículo, y entre ambos conceptos y la práctica?

Un modelo es una construcción teórica que pretende informar (explicar) un fragmento acotado de la realidad (Bunge, 1983). En el caso de las disciplinas prácticas, como la didáctica, los modelos no sólo pretenden describir y explicar una realidad, sino también informar sobre cómo intervenir en ella para transformarla.

Al mismo tiempo, todo modelo didáctico se fundamenta en un conjunto de aportaciones recogidas de otras disciplinas y áreas del saber (Psicología, Sociología, Epistemología, Filosofía, etc.), así como del mundo de los valores, ideologías y cosmovisiones. Dichas aportaciones no deben ser asumidas de una manera lineal; han de ser, más bien, reelaboradas e integradas a la luz de los problemas que son específicos de la Enseñanza.

Cuando hablamos de currículo, implícitamente hablamos de la vertiente normativa de una determinada teoría o modelo de enseñanza y aprendizaje. Hablamos, en definitiva, de lo que, desde unas determinadas concepciones

didácticas, se sea consciente de ellas o no, se sepan los fundamentos en que se basan o no, se considera conveniente hacer en la práctica educativa (Cañal y Porlán, 1987, 1988). En lo que sigue, trataremos de que los lectores conozcan mejor el currículo que de hecho practican, y el modelo didáctico que implícitamente los sustenta. Todo ello con la pretensión de que lo sometan a reflexión crítica y, de esta manera, lo puedan modificar paulatinamente con criterios rigurosos, conscientes y fundamentados.



Cuadro 1. La relación entre teoría y práctica educativa

1

El pensamiento y la práctica curricular de los profesores de Ciencias

¿Cómo enseñamos ciencia? I: El currículo tradicional

Es difícil cambiar la forma de dar las clases si no analizamos detenidamente nuestros hábitos docentes. Con frecuencia, un sector importante del profesorado tiende a pensar que, en lo esencial, hay una única forma de hacer las cosas en el aula. Enseñar Ciencia, para los que así piensan, consiste básicamente en explicar a los estudiantes los postulados esenciales de una determinada disciplina científica, procurando definir adecuadamente su significado correcto y, en según que casos, el argumento formal que los justifica.

La actividad del curso se organiza en torno a una secuencia de temas que intenta ser una selección pormenorizada de lo que el alumno debería saber sobre la disciplina. El profesor consume una parte importante del tiempo *dando los temas*, mientras que los estudiantes anotan por escrito la información suministrada, para, *a posteriori*, poder preparar las evaluaciones, controles o exámenes que intentarán medir su aprendizaje. En ciertos casos, esta estructura básica se completa con algunos momentos esporádicos dedicados a dialogar sobre el tema, a realizar problemas de aplicación, o a poner en marcha actividades prácticas de comprobación.

Probablemente, la mayoría de nosotros nos sintamos reflejados, en alguna medida, con esta imagen prototípica de la enseñanza de las Ciencias. Es más, quizás nuestra primera reacción sea la de buscar argumentos que justifiquen esta forma de hacer las cosas. Es posible que pensemos que existen *unos programas oficiales que estamos obligados a cumplir*, o que en nuestro seminario *no se puede hacer otra cosa, o también que nuestros alumnos son*

muy numerosos y están poco interesados por las ciencias. Sin embargo, sin menospreciar la importancia real de muchos de los argumentos anteriores, la razón fundamental por la que la mayoría de nosotros hemos dado, o damos actualmente, las clases siguiendo unos patrones bastante parecidos a los descritos, es porque es de la única forma que sabemos hacerlo. Es lo que hicieron con nosotros cuando éramos alumnos (salvo excepciones que probablemente recordemos); es lo que hemos oído que hacían nuestros compañeros cuando empezamos en la profesión; es lo que la sociedad piensa de la profesión de enseñar; y, por último, es lo que el contexto institucional en que nos movemos (horarios, organización docente, libros de texto, estructura de las aulas, etc.) favorece. Por tanto, asumamos con normalidad que hacemos lo que se espera que hagamos, lo que se viene haciendo desde siempre en la enseñanza reglada y, en definitiva, lo que hemos aprendido en los otros y lo que sabemos hacer.

Es importante esta primera reflexión desdramatizadora, porque lo que hemos descrito es un esquema simplificado del modelo tradicional de enseñanza o, dicho con más propiedad, de la *cultura tradicional de la escuela*. Es el prototipo dominante dentro y fuera del sistema educativo y todos los profesionales de la enseñanza, inevitablemente, estamos influidos en mayor o menor medida por él.

Dejemos sentado esto: la transmisión verbal de conocimientos es la forma habitual de enseñar ciencias en los centros educativos. Sin embargo, y a pesar de ello, afirmamos que esta manera de enseñar mayoritaria, paradójicamente, no consigue, en gran parte de los casos, aquello que se persigue: un aprendizaje adecuado de los alumnos. El que una práctica socializada sea predominante no garantiza que sea adecuada y exitosa. En otras profesiones prácticas, como por ejemplo la Medicina, se han utilizado durante mucho tiempo determinadas técnicas curativas de forma mayoritaria, habiéndose demostrado posteriormente su falta de rigor.

Por lo tanto, sometamos a un análisis riguroso los procesos prácticos (el currículo en la acción) que son representativos del modelo tradicional de enseñanza (véase cuadro n.º 2). Los hemos resumido en seis grandes pautas generales, muy representativas, que se han organizado en torno a las tres preguntas o problemas básicos del

Pautas de actuación características del currículo tradicional	
¿QUÉ ENSEÑAR?	1. Elaboración de un temario de contenidos basado en los productos del trabajo científico (datos, conceptos y teorías), y secuenciado atendiendo a su estructura formal.
¿CÓMO ENSEÑAR?	2. Explicación verbal de cada tema siguiendo directa o indirectamente un libro de texto. 3. Toma de apuntes por los alumnos.
¿QUÉ Y CÓMO EVALUAR?	4. Estudio previo a los exámenes. 5. Preparación de exámenes por el profesor. 6. Realización y calificación de los exámenes.

Cuadro 2

currículo: qué enseñar, cómo hacerlo, y qué y cómo evaluar el proceso. A continuación se han analizado las creencias implícitas asociadas a cada una de las pautas anteriores (Véase cuadros números 3, 5 y 7).

Conviene aclarar que entendemos por creencias o concepciones implícitas (Munby, 1982) aquellos puntos de vista que, aún no habiendo sido elaborados conscientemente por cada profesor, actúan como supuestos obvios sin los cuales carecería de sentido hacer lo que se hace (por ejemplo, no tiene sentido que la enseñanza de los contenidos se base fundamentalmente en la transmisión verbal, si no es porque se *supone* que de esta manera los alumnos aprenden).

Probablemente, al reflexionar sobre el listado de creencias que aparecen en los cuadros siguientes para cada parte del currículo tradicional, os encontraréis con afirmaciones que no os parecerán correctas, o sobre las que tendrías que realizar matizaciones. Esta es una de las paradojas más sobresalientes con que nos vamos a encontrar: por un lado, estamos ante un enfoque de la enseñanza abrumadoramente mayoritario; por otro, las concepciones que lo sustentan no resisten, desde hace bastante tiempo, una crítica rigurosa (desde la epistemología de las ciencias, por ejemplo, hace ya tiempo que nadie defiende una concepción racionalista, absolutista y enciclopédica del conocimiento científico).

En paralelo con las creencias y concepciones implícitas, presentamos los problemas prácticos y los dilemas conceptuales que suele generar este enfoque curricular (Véase cuadros números 4, 6 y 8). De esta manera disponemos de los tres elementos básicos que nos permitirán, trabajando adecuadamente con ellos, iniciar un proceso controlado de desarrollo profesional y de cambio curricular: a) una descripción real de lo que se hace; b) una caracterización de los problemas que esta actuación profesional genera y c) una categorización de las concepciones que hemos de someter a análisis crítico y, en su caso, a un proceso consciente de cambio y reconstrucción (Pope y Scott, 1988).

En resumen, el modelo tradicional de enseñanza de las ciencias se caracteriza por una concepción académica y formalista de los contenidos, por una simplificación de los métodos de enseñanza basada en una visión “ingenua” del aprendizaje (el profesor explica, el alumno atiende, estudia y aprende), y, por último, por una práctica evaluadora que actúa más como un mecanismo selectivo y sancionador, que como un seguimiento riguroso del aprendizaje.

Todo ello obedece a determinados impuestos tácitos de carácter teórico, que se asumen con frecuencia como “naturales” (creencias), y provoca determinados problemas prácticos sentidos como tales por muchos profesores. Es analizando dichos supuestos, poniéndolos en evidencia y sometiéndolos a crítica, como podemos establecer hipótesis de intervención (diseños) que resuelvan de manera novedosa dichos problemas.

¿Cómo enseñamos ciencia? II: La tendencia tecnológica

Podemos afirmar que, sea desde la perspectiva de los modelos de enseñanza y aprendizaje, desde las prescripciones curriculares, o desde el currículo *que de hecho* se practica en los centros escolares, existen dos tendencias que pretenden, desde puntos de vista diferentes, superar algunos de los problemas que hemos descrito en el enfoque tradicional. Una de ellas, la tendencia tecnológica, pretende abordar los problemas derivados de la excesiva simplificación del currículo tradicional, que reduce al mínimo el artificio didáctico y metodológico que se debe poner en juego para provocar un aprendizaje real en los alumnos. La otra, la tendencia espontaneísta, pretende abordar los problemas derivados de la ideología autoritaria que subyace al currículo tradicional; ideología

1. Qué enseñar: elaboración de un temario de contenidos basado en los productos científicos

A. Creencias implícitas en la Concepción Tradicional

- A.1. Los contenidos, entendidos como contenidos conceptuales, son el elemento curricular básico que condiciona, casi exclusivamente, todo lo demás (objetivos, metodología, evaluación, etc.).
- A.2. Los contenidos son aquella parte de los productos disciplinares que todos los alumnos deben aprender. En este sentido, actúan como metas terminales y obligatorias.
- Las concepciones de los alumnos, los puntos de vista no científicos, o la información proveniente del trabajo directo con la realidad, no son contenidos relevantes a tener en cuenta en el programa.*
- A.3. Explicitar los objetivos no es necesario ni importante. Que los alumnos aprendan los contenidos preestablecidos es, de hecho, el único objetivo relevante.
- A.4. La estructura de los contenidos seleccionados (orden, secuencia, importancia relativa, etc.) guarda coherencia con la lógica formal de la disciplina.
- A.5. Una estructura de los contenidos basada en la lógica formal de la disciplina no crea dificultades en el proceso de aprendizaje de los alumnos.
- A.6. Los contextos sociales e históricos en que se producen las teorías científicas, así como los procesos a través de los cuales se llega a su formulación y aceptación por la comunidad científica (controversias, control intersubjetivos de los grupos científicos, etc.), no son contenidos relevantes.
- A.7. El conocimiento científico es un conjunto acumulativo de datos, conceptos y teorías que han superado la prueba de veracidad científica y que poseen un único significado verdadero.
- A.8. El conocimiento científico es jerárquicamente superior a cualquier otra forma de conocimiento.
- A.9. El papel social de la ciencia, y su relación con otras formas de conocimiento, no es importante como contenido de enseñanza y aprendizaje.

Cuadro 3

1. Qué enseñar: elaboración de un temario de contenidos basado en los productos científicos	
B.	Problemas prácticos y dilemas en la Concepción Tradicional
B.1.	Al reducir el diseño de la intervención a la secuenciación y organización de contenidos, el profesor queda desarmado didácticamente para abordar y encauzar los problemas que posteriormente genera la dinámica de la clase.
B.2.	Al establecer previamente, de manera cerrada, el listado de contenidos, el profesor impide que los alumnos se sientan involucrados desde el principio con el plan de trabajo.
B.3.	Al organizar y seleccionar los contenidos con una lógica exclusivamente disciplinar, el profesor encontrará dificultades, posteriormente, para que los alumnos comprendan la información que se les da.
B.4.	Al formular los contenidos como el producto de la ciencia, sin contextualizarlos ni relacionarlos con su proceso de producción, se transmite una imagen formalista y académica de los mismos, provocando que los alumnos no los relacionen con los problemas de su medio.
B.5.	Al formular los contenidos como unidades de verdad, con un único significado posible, se transmite una imagen autoritaria de la ciencia; lo que provocará en los alumnos una autoimagen de ignorancia y, como consecuencia de ello, una actitud de inhibición, tanto para ser conscientes de que tienen opiniones, como para expresarlas.

Cuadro 4

que provoca en los alumnos un proceso de adiestramiento y subordinación, abortando, en cierta medida, su desarrollo autónomo (Porlán, 1989).

En lo que sigue, analizaremos desde la práctica ambas tendencias, intentando describir, al igual que hemos hecho con el currículo tradicional, las pautas de comportamiento más características de cada una de ellas, las aportaciones valiosas que realizan, las creencias implícitas que suponen y los problemas prácticos que generan.

Comenzaremos, en este apartado, por la tendencia tecnológica.

Los profesores que, en mayor o menor grado, trabajan desde esta perspectiva suelen realizar algunas de las pautas de actuación que se describen en el cuadro n.º 9.

Cómo enseñar: explicación verbal de los temas, siguiendo, como complemento, un libro de texto	
A.	Creencias implícitas en la Concepción Tradicional
A.10.	Al explicar los contenidos, la información que se transmite es un fiel reflejo de los conocimientos científicos.
A.11.	Cuando se dan los temas, los alumnos, si están atentos, oyen la información tal como el profesor la verbaliza, no teniendo por qué darse ninguna interpretación deformada de la misma.
A.12.	Si las explicaciones de los contenidos están bien hiladas y argumentadas, los alumnos con un nivel normal de inteligencia, que hayan estado atentos, deberán apropiarse de ellos sin problemas. Las ideas y opiniones de los alumnos, si es que existen, serán sustituidas mediante este proceso por las ideas científicamente correctas.
A.13.	Las conductas de aquellos alumnos que demuestran una falta de conexión con el hilo conductor de la clase, cuando no una clara interferencia con el esquema previsto (alumnos distraídos, contestaciones fuera de contexto, relaciones paralelas entre alumnos, etc.), son una expresión de la tendencia que poseen hacia la indisciplina y la inadaptación escolar.
A.14.	Por el contrario, las conductas de aquellos alumnos que externamente demuestran atención y toma de apuntes, son un reflejo fiel de que están siguiendo comprensivamente la explicación del profesor.

Cuadro 5

Conviene aclarar que usamos deliberadamente el término *tendencia* para indicar que difícilmente encontraremos en la práctica versiones curriculares puras del modelo tecnológico, o del espontaneísta; más bien encontraremos casos concretos que tienen cierta tendencia a incorporar, entremezclados con la manera tradicional de enseñar, ciertos rasgos característicos de una u otra tendencia.

Las pautas que aparecen en el cuadro n.º 9 representan una versión prototípica de la tendencia tecnológica, aún cuando podamos encontrar, como hemos indicado, otras versiones con ciertos rasgos diferentes. En general, la perspectiva tecnológica suele presentarse más como lo que se querría hacer, en casos de profesores descontentos con su propia

Cómo enseñar: explicación verbal de los temas siguiendo, como complemento, un libro de texto	
B.	Problemas prácticos y dilemas en la Concepción Tradicional
B.6.	La suposición de que el profesor se sabe adecuadamente todos los contenidos del temario genera estados de ansiedad e inseguridad profesional; especialmente en aquellas partes donde esto es menos real. Este hecho provoca, a veces, conductas rígidas y autoritarias en el aula cuando el profesor percibe su propia inseguridad.
B.7.	La idea de que si el profesor explica adecuadamente, los alumnos aprenden, produce desconcierto cuando se constata el fracaso en el aprendizaje; tendiendo entonces el profesor a culpabilizar a los alumnos, o a la mala preparación que se les da en los niveles educativos precedentes.
B.8.	El no tomar en cuenta las explicaciones espontáneas de los alumnos, hace que la persistencia de ciertos errores conceptuales, sea percibida como un problema persistente y difícil de superar.
B.9.	La rigidez de conductas a que obliga el enfoque tradicional produce dos reacciones divergentes: que los alumnos muestren externamente la conducta esperada, aun cuando interiormente no exista conexión psicológica con la información que se transmite; o que muestren abiertamente cierto grado de hostilidad y desinterés con respecto a dicha información; generando, con ello, los frecuentes problemas de indisciplina y alto nivel de fracaso escolar.

Cuadro 6

práctica, que como lo que realmente se hace. Representa un cierto deseo por adecuar la enseñanza de las ciencias a lo que se supone que es el trabajo científico y por dotarla de una planificación más rigurosa, completa y, sobre todo, eficaz.

Como se puede observar en el cuadro n.º 10, la perspectiva tecnológica plantea importantes elementos positivos de reflexión con respecto a la concepción tradicional del currículo de Ciencias. En primer lugar, sitúa en un plano preferente la explicitación de los objetivos de aprendizaje. Como es sabido, toda práctica educativa se caracteriza por su intencionalidad, es decir, por la existencia en la mente del que enseña de unos determinados objetivos. Si éstos permanecen ocultos, el docente estará imposibilitado para analizarlos críticamente, permane-

Qué y cómo evaluar: apuntes, exámenes y calificación	
A.	Creencias implícitas en la Concepción Tradicional
A.15.	Los apuntes y los libros de texto poseen una información adecuada desde el punto de vista científico y psicológico.
A.16.	El estudio de los alumnos para afrontar las pruebas de evaluación o exámenes favorece la fijación de los aprendizajes científicos.
A.17.	Las respuestas de los alumnos a los exámenes dan una idea aproximada de sus aprendizajes, es decir, de lo que realmente saben.
A.18.	Las calificaciones y las notas son indicadores aceptables para medir y cuantificar los aprendizajes.
A.19.	Medir el aprendizaje de los alumnos respecto a un mismo baremo de contenidos es positivo porque da una idea del nivel alcanzado por cada uno con respecto al nivel esperado, y porque favorece la estimulación y competitividad mutua.
A.20.	Las calificaciones por sí solas provocan mecanismos de recuperación en los alumnos, al forzarles a estudiar de nuevo los temas y contenidos no superados.

Cuadro 7

ciendo su actuación fuera de un control relativamente racional. El hecho de poner el énfasis en una formulación consciente de nuestras intenciones educativas, significa apostar por una profesionalidad más rigurosa que se cuestiona las metas a conseguir y, por tanto, la naturaleza específica de las actividades a realizar.

La tendencia curricular tecnológica presenta una visión más compleja del conocimiento científico que la que transmite el enfoque tradicional. La importancia que se da a las relaciones entre conceptos, a sus diferentes niveles de complejidad y a los procesos a través de los cuales se producen, son ejemplos de lo que decimos.

Algo parecido ocurre en lo que se refiere al aprendizaje científico. Frente a la idea de que los conocimientos se introducen en la mente de los alumnos por transmisión verbal, esta tendencia curricular defiende que los conocimientos se introducen en la mente de los alumnos a través de un proceso escalonado de asimilación de conceptos

Qué y cómo evaluar: apuntes, exámenes y calificación	
B.	Problemas prácticos y dilemas en la Concepción Tradicional
B.10.	Con frecuencia los apuntes acumulan información errónea sobre los contenidos explicados. De la misma manera, determinados libros de texto favorecen la acumulación de errores conceptuales en los alumnos.
B.11.	Los alumnos tienden a preparar mecánicamente los exámenes. Memorizando los contenidos sin relacionarlos con su estructura de significados, de manera que tienden a olvidarlos pronto. Esto crea un problema muy generalizado de tener <i>que partir cada año de cero</i> , con lo que se rentabiliza poco el esfuerzo de la enseñanza.
B.12.	Los exámenes, si son de los denominados <i>de razonamiento</i> , dan una medida del fracaso escolar, pues los alumnos han memorizado información y no han razonado con ella. Si son de los que piden definiciones textuales, miden realmente la mayor o menor habilidad memorística de los alumnos. Los exámenes crean el problema de adiestrar a los alumnos a un estilo rutinario y mecánico de aprendizaje, lo que supone un obstáculo en cualquier estrategia de cambio.
B.13.	Las calificaciones, al obedecer a criterios uniformes, y al no tener en cuenta los progresos individuales, el punto de partida de cada alumno y los esfuerzos realizados, tienden, en muchos casos, a ser un factor de desmotivación, abandono y, en situaciones extremas, de frustración profunda en los alumnos. Al suspender, el alumno suele volver a repetir el mismo proceso de memorización que le proporcionó el fracaso anterior.

Cuadro 8

de niveles progresivos de dificultad. No se trata de una situación pasiva de aprendizaje en la que el alumno memoriza mecánicamente la información; se trata, por el contrario, de una situación activa en la que se pretende que el alumno asimile el auténtico significado de los conceptos.

Por último, la pretensión de realizar una evaluación objetiva del progreso de los alumnos, que promueva la recuperación de los aprendizajes no exitosos, es también una aportación valiosa.

Sin embargo, junto a estos aspectos positivos, existen también importantes problemas y lagunas (véase cuadro n.º 11). La idea de eficacia está muy vinculada a la mentalidad tecnológica. Lo que en principio es una aportación

Pautas de actuación características de la tendencia tecnológica

¿QUÉ ENSEÑAR?	1. Elaboración de una programación basada en objetivos operativos escalonados que conducen a objetivos conceptuales de carácter terminal.
¿CÓMO ENSEÑAR?	2. Puesta en práctica de secuencias cerradas de actividades vinculadas a los objetivos operativos y escalonadas en el mismo sentido que ellos. 3. Reproducción escolar de la versión positivista del método científico. Para un concepto científico dado, habrá actividades de observación muy dirigidas, actividades para identificar las hipótesis pertinentes, actividades para validarlas a través de experimentos preestablecidos (seleccionando así la hipótesis verdadera), y actividades para generalizar dicha hipótesis y enunciarla como un concepto verdadero.
¿QUÉ Y CÓMO EVALUAR?	4. Realización de un diagnóstico previo del nivel de aprendizaje de los alumnos (<i>prueba objetiva inicial</i>). 5. Realización de un diagnóstico final, a través también de una <i>prueba objetiva</i> (test de opciones múltiples o similar), que mida el grado de consecución de cada objetivo. 6. Cuantificación <i>objetiva</i> del test. Calificación del alumno. 7. Selección de alumnos que han de realizar actividades de recuperación.

Cuadro 9

positiva (la explicitación de objetivos), deja en evidencia otros rasgos negativos cuando se enmarca en una obsesión eficientista, rígida y uniformizadora (Gimeno, 1982).

Es importante que decidamos cuáles son nuestros objetivos, pero también lo es que no nos quedemos atrapados por ellos, que admitamos su relatividad, su posible evolución y, sobre todo, su necesaria reformulación a la luz de los intereses, necesidades e intenciones de los propios alumnos.

Algo parecido ocurre con la imagen que se transmite de la ciencia, y con la concepción del aprendizaje en que se apoya. En ambos casos se tiende a complejizar las visiones del currículo tradicional, pero sin romper con algunos de sus postulados básicos. Se defiende una imagen de la ciencia ligada a los procesos de producción científica.

Creencias implícitas en la tendencia tecnológica

¿QUÉ ENSEÑAR?

1. Los objetivos son el elemento curricular básico. Para hacer de la enseñanza algo riguroso y eficaz es necesario planificar minuciosamente las metas terminales de aprendizaje que se tienen que conseguir. Dichas metas han de escalonarse y encajarse a través de objetivos operativos de manera que se garantice el resultado final.
2. El conocimiento científico es un conocimiento verdadero, objetivo y neutral. Esto viene garantizado por la metodología que se utiliza en la ciencia. Dicha metodología descubre el auténtico conocimiento a través de la observación rigurosa de la realidad, la elaboración de hipótesis, la comprobación experimental de las mismas y su posterior concreción en teorías. En coherencia con esto, los objetivos de conocimiento han de definir el significado verdadero y único de cada concepto.
3. Para enseñar ciencias los objetivos de conocimientos han de formularse jerárquicamente con un único orden conceptual muy definido, de manera que se asimilen primero los conocimientos más concretos y después los más generales y complejos. Esto permitirá que se vaya asimilando escalonadamente el significado verdadero de los conceptos.

¿CÓMO ENSEÑAR?

4. La tarea en el aula ha de organizarse en torno a una secuencia de actividades bien planificada, que garantice la consecución de los objetivos de aprendizaje intermedios y finales previstos. Dichas actividades han de organizarse teniendo en cuenta los pasos ya descritos de la metodología científica.
5. Los alumnos de inteligencia normal pueden seguir secuencias de actividades idénticas. Podrá variar el ritmo del aprendizaje, la mayor o menor necesidad de apoyos y refuerzos, pero la secuencia de actividades, si está bien elaborada, ha de ser válida para todos y, consecuentemente, generalizable.

¿QUÉ Y CÓMO
EVALUAR?

6. Los alumnos que realicen correctamente las actividades habrán asimilado de manera irreversible las metas de aprendizaje; aquellos otros que, por el contrario, no realicen con éxito las actividades, denotan, o bien falta de interés y de voluntad de trabajo, o bien un nivel de inteligencia por debajo de lo normal. Por tanto, el comportamiento de los alumnos frente a las actividades propuestas, es un indicador objetivo de evaluación.
7. La realización de pruebas objetivas previas y finales es una forma eficaz de medir el grado de consecución de los objetivos propuestos.
8. Las actividades de recuperación pretenden que los alumnos con problemas vuelvan a intentar la consecución de ciertos aprendizajes.

Cuadro 10

ca, pero se sigue considerando el conocimiento científico como algo verdadero, objetivo y neutral (Porlán, 1989). De la misma manera, se concibe el aprendizaje como un proceso de asimilación de significados y, sin embargo, se sigue considerando que existe un único significado verdadero para los diferentes conocimientos.

La evaluación, a pesar de los aspectos positivos que hemos citado, es el problema curricular que menos modificaciones sustanciales sufre con respecto al currículo tradicional. El papel de control de las llamadas *pruebas objetivas*; la dificultad que presentan como indicadores fiables del aprendizaje; y la tendencia que generan de aprender mecánicamente los conocimientos, son algunos ejemplos de ello.

En resumen, la tendencia tecnológica pretende modificar aspectos sustanciales de la enseñanza de las ciencias basada en la transmisión verbal de contenidos y, en este sentido, presenta aportaciones sustanciales. Da importancia a los objetivos, diversificando las metas educativas, y propone un mayor rigor en la planificación del aprendizaje (metodología) y en su control (evaluación) aportando, por tanto, racionalidad y eficacia a la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, olvida otras dimensiones y variables que también inciden en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

La obsesión por la eficacia, tan característica del positivismo tecnológico, plantea nuevos problemas que en el capítulo siguiente trataremos de analizar. Basta decir ahora que el rigor que se pretende ha de ser compatible con el carácter relativamente imprevisible y autónomo del pensamiento y la conducta de profesores y alumnos.

¿Cómo enseñamos ciencia? III. La tendencia espontaneísta

Como ya hemos indicado anteriormente, existen ciertas formas de enseñar ciencias que, con grados y matices diferentes, podemos encuadrar bajo el nombre genérico de tendencia espontaneísta, o, si se prefiere, activista. Lo específico de esta manera diferente de hacer currículo es la importancia que se le da a los alumnos.

Según este punto de vista, los procesos de enseñanza y aprendizaje se encuadran dentro de una cierta estructura de poder. El profesor generalmente es quien decide de forma exclusiva lo que hay que enseñar y aprender, los métodos de trabajo y los criterios de evaluación. Esto hace que los alumnos no hagan suyo el proceso, se desentiendan interiormente y adopten posturas, o bien formalmente correctas, para evitar problemas, o bien hostiles, interfiriendo en la dinámica de la clase.

Esta tendencia, por tanto, pone el énfasis en situar al alumno como el centro del currículo. Lo importante es que puedan expresarse, y que participen y aprendan en un clima espontáneo y natural, donde sus intereses actúen como un importante elemento organizador. El profesor adopta el papel de coordinador de las actividades que van surgiendo en los debates, improvisando recursos, solucionando problemas y favoreciendo la participación, expresión y comunicación de todos los alumnos.

En términos generales, las pautas de actuación más características de esta tendencia están reflejadas en el cuadro n.º 12 que se presenta a continuación.

Al igual que en el enfoque tecnológico, la tendencia curricular espontaneísta aporta una serie de cuestiones alternativas respecto al currículo tradicional que conviene tomar en consideración.

En primer lugar, el hecho de situar al alumno como el centro de la enseñanza, y no como un mero consumidor de la misma, supone un cambio sustancial de perspectiva. El enfoque espontaneísta pone en evidencia, con esta

actitud, uno de los problemas más graves de la educación: el de que los alumnos, incluso aquellos que aparentemente muestran que están interesados, suelen separar mentalmente sus significados experienciales (los que aprenden en la vida extraescolar), de sus significados académicos (los que aprenden en la vida escolar). O lo que es lo mismo, que mientras en la enseñanza de las ciencias primen planteamientos “apriorísticos” y “cerrados” sobre lo “que se debe aprender” (se denominen a estos aprendizajes contenidos u objetivos), y mientras no haya una intención clara de que los alumnos hagan suyos los proyectos de trabajo en el aula, de manera que movilicen en torno a ellos los significados que han ido construyendo durante su experiencia; mientras esto ocurra, la enseñanza que se ponga en juego no provocará, en la mayoría de los casos, más que aprendizaje mecánico y fugaz.

Por lo tanto, parece adecuado que reconozcamos el papel curricular activo y participativo que le corresponde a los alumnos.

Crear un clima que permita la libre expresión de opiniones, intereses y puntos de vista, parece un requisito previo indispensable para cualquier proceso de enseñanza y aprendizaje.

Sin embargo, el espontaneísmo curricular tiende, por un efecto pendular, a resaltar casi exclusivamente la dimensión espontánea y natural de la clase. Efectivamente, sin un clima de libertad de expresión y de opinión, difícilmente los alumnos van a *engancharse* realmente; pero de la misma manera habría que decir que, sin un programa previo de trabajo, aunque sea abierto, flexible y reformulable, el profesor difícilmente podrá aprovechar toda la potencialidad de aprendizaje que tienen los alumnos (Gil, 1983) (véase cuadros números 13 y 14).

Un énfasis casi exclusivo en los intereses de los alumnos puede llegar a ser tan perjudicial como el extremo contrario. El problema no es cambiar una estructura de poder basada en la autoridad del profesor por otra basada en los intereses explícitos, con frecuencia volubles y circunstanciales, de los alumnos. El problema es conseguir compaginar una participación espontánea con una dirección, no autoritaria, del proceso de aprendizaje. Pero de esto hablaremos en el capítulo siguiente.

Cabría comentar, por último, la aportación que se hace desde este enfoque al papel del profesor, al reconocer la importancia de los componentes artísticos, situacionales y contextuales en su actuación profesional: es decir, al reconocer la importancia de la improvisación. Improvisar es aplicar sobre la marcha una hipótesis de intervención creada en el momento para abordar uno o varios problemas coyunturales concretos. Improvisar es necesario si queremos flexibilizar el programa de actuación. Sin embargo, centrar la actuación profesional en la permanente improvisación, como parece ocurrir cuando el sesgo espontaneísta es potente, es crear las condiciones para una especie de estancamiento profesional. La presencia omnipresente y rígida de la programación puede falsear el aprendizaje de los alumnos, pero la ausencia de un referente programático puede falsear, asimismo, la enseñanza del profesor.

Como se puede observar, la tendencia espontaneísta de enseñanza de las ciencias trata de resolver también, al igual que la tecnológica, determinados problemas de los enfoques más tradicionales. Sin embargo, pone el acento en dimensiones diferentes, aunque igualmente importantes: los intereses de los alumnos, el contacto con la realidad natural, la libertad en el aula, la ausencia de controles coactivos y sancionadores, etc.

Una visión unilateral que, como contrapunto al autoritarismo del modelo tradicional, ponga el énfasis exclusivamente en las dimensiones “libertarias” y “espontáneas” del aprendizaje científico, plantea también determinados problemas prácticos que conviene describir, analizar y superar.

Problemas prácticos y dilemas en la tendencia tecnológica

¿QUÉ ENSEÑAR?

1. Al concebir los objetivos como metas terminales y únicas, el profesor queda bastante encorsetado para adaptar y flexibilizar el programa en función de la dinámica de la clase, y para conseguir involucrar realmente a los alumnos, con sus propios intereses, en el proceso de aprendizaje.
2. Al concebir que el conocimiento se estructura jerárquicamente en secuencias conceptuales únicas, se niega la diversidad de aprendizaje y, por tanto, se fuerza una uniformidad psicológica que plantea problemas de fracaso en los alumnos y favorece el aprendizaje mecánico e instrumental.
3. Al concebir que los conocimientos científicos tienen un único significado verdadero, objetivo y neutral, se transmite una imagen autoritaria y absolutista de la ciencia, así como una consciencia de que aprender es eliminar significados erróneos, sustituyéndolos por los verdaderos. Los alumnos tenderán así a no valorar sus propias opiniones, y a no participar desde sus propios puntos de vista.

¿CÓMO ENSEÑAR?

4. El carácter cerrado de las secuencias de actividades crea problemas de rigidez en la práctica. El fracaso de determinadas actividades para determinados alumnos es con frecuencia imputable al diseño de la propia actividad. No poder modificar el plan sobre la marcha genera autoritarismo en el profesor, así como falta de motivación y conductas divergentes en los alumnos.
5. El carácter universal de las secuencias de actividades impide integrar adecuadamente la diversidad psicológica de los alumnos. Estos, no sólo se diferencian por su nivel de partida, sino por sus estrategias de aprendizaje, habilidades intelectuales, experiencias culturales, valores, intereses, etc.
6. No valorar, ni tener en cuenta el significado propio que los alumnos le dan a los conocimientos puede provocar que, a pesar de que se trabaje de una manera activa, se realicen aprendizajes mecánicos y formales, sin alterar sustancialmente la estructura de significados de los sujetos.

¿QUÉ Y CÓMO
EVALUAR?

7. Centrar la evaluación exclusivamente en el aprendizaje de los alumnos impide comprobar la validez general de la programación, e incluso, del enfoque curricular. Paradójicamente la tendencia tecnológica que pretende una racionalidad científica de la enseñanza, asume apriorísticamente que los posibles fracasos que se detectan en los alumnos están causados por variables endógenas, es decir, imputables a ellos mismos más que por variables exógenas; es decir imputables al programa y a la dinámica que establece el profesor.
8. La idea de que el aprendizaje de las ciencias es una especie de ascensión a través de una escalera conceptual, en la que la subida de cada peldaño simboliza el aprendizaje de un nuevo concepto, plantea el problema práctico de no saber abordar los retrocesos que se manifiestan en ciertos alumnos. La idea del aprendizaje como algo lineal e irreversible impide comprender los procesos, a veces sinuosos, contradictorios y reversibles, que se manifiestan en la evolución de cada alumno en particular.
9. La idea de que las pruebas objetivas son indicadores eficaces para medir el aprendizaje, plantea el problema de cómo identificar posibles comportamientos adaptativos de los alumnos que, bajo la apariencia de un resultado formalmente correcto, encubran una falta de comprensión real de los aprendizajes.

Cuadro 11

A modo de conclusión

Hemos pretendido, en este capítulo, hacer un recorrido sobre tres formas de abordar el currículo de ciencias en la propia acción de enseñar. Se trataba de analizar críticamente las tendencias curriculares que realmente predominan en la Enseñanza de las Ciencias, a la luz de los Modelos Didácticos y las Teorías Curriculares que se describen en éste y en otros documentos de estos materiales (véase cuadro n.º 15)

Hemos indicado que es difícil cambiar la propia práctica si no se analizan las concepciones implícitas que la sustentan y la naturaleza de los problemas concretos que habitualmente nos plantea (Brome, 1988). Con frecuencia se afirma que la enseñanza es una actividad poco sensible a los cambios. Desde nuestro punto de vista, esto se debe, entre otros factores, a que existe una imagen generalizada sobre el hecho de enseñar, que funciona como un estereotipo sobre *lo que se tiene que hacer*. De manera que, por ejemplo, lo que hemos denominado currículo tradicional no es percibido como una opción posible entre varias, sino como la manera *normal* de hacer las cosas, es decir: como la única opción posible.

Pautas de actuación características de la tendencia espontaneísta	
¿QUÉ ENSEÑAR?	1. Ausencia de una auténtica programación. Diseño muy abierto de actividades y recursos. Ausencia de contenidos y objetivos explícitos.
¿CÓMO ENSEÑAR?	2. Negociación con los alumnos sobre los proyectos de trabajo. Estos pueden ser comunes a toda la clase o diferentes según cada grupo. 3. Realización flexible de las actividades acordadas en cada proyecto. Resaltan las salidas de observación, los pequeños experimentos, las actividades de expresión, comunicación y puesta en común. 4. Modificación y readecuación permanente del plan de trabajo en función de los intereses y las motivaciones de los alumnos, utilizando estrategias de improvisación durante la misma acción.
¿QUÉ Y CÓMO EVALUAR?	5. Renuncia a cualquier conducta calificadora o sancionadora por parte del profesor. 6. Realización de asambleas periódicas con los alumnos para analizar problemas y tomar decisiones sobre la dinámica del aula.

Cuadro 12

Creencias implícitas en la tendencia espontaneísta

¿QUÉ ENSEÑAR?

1. La enseñanza, para que provoque realmente aprendizaje, ha de basarse en las motivaciones espontáneas de los estudiantes. De ahí que cualquier planificación de objetivos o/y contenidos genere un directivismo autoritario que es totalmente contraproducente.
2. Lo importante no es aprender unos conceptos u otros, sino dominar los procedimientos que permitan al alumno aprender por sí mismo cualquier tipo de conocimientos.
3. De la misma manera, es importante aprender determinados valores y actitudes que promuevan el espíritu científico, la autonomía personal, el ejercicio de la crítica, etc.
4. La ciencia aporta a la enseñanza dos elementos de referencia fundamentales: el método científico como ejemplo de procedimiento objetivo y las actitudes científicas como ejemplo de valores racionales.

¿CÓMO ENSEÑAR?

5. Lo esencial para que se dé aprendizaje significativo es que los alumnos se planteen los problemas que les interesan e intenten abordarlos por ellos mismos, sobre todo en los aspectos metodológicos.
6. Las actividades a realizar por los alumnos deben incorporar progresivamente los rasgos de la metodología científica: observando directamente la realidad, e infiriendo de ella los conceptos más relevantes.
7. Secuenciar las actividades de una manera rígida y uniforme es contrario al proceso natural de aprendizaje y a la diversidad de ritmos y estrategias mentales de los alumnos.

¿QUÉ Y CÓMO
EVALUAR?

8. Realizar cualquier forma de seguimiento del aprendizaje es negativa, por lo que tiene de mecanismo de control, e irrelevante, al ser imposible saber lo que los demás saben.
9. La participación de los alumnos en la toma de decisiones al mismo nivel que el profesor es la mejor manera de evaluar la marcha de la clase.

Cuadro 13

Problemas prácticos y dilemas de la tendencia espontaneísta	
¿QUÉ ENSEÑAR?	<ol style="list-style-type: none"> 1. El hecho de que el profesor intervenga en el aula sin una reflexión previa sobre el conocimiento que es deseable enseñar y aprender, hace que posteriormente esté incapacitado para atender y encauzar adecuadamente las demandas conceptuales de sus alumnos. 2. El valorar más el aprendizaje de procedimientos y de actitudes que el de datos, hechos y conceptos plantea el dilema de si, con este tipo de enseñanza, los alumnos superan sus errores y obstáculos cognitivos.
¿CÓMO ENSEÑAR?	<ol style="list-style-type: none"> 3. Al poner el énfasis en los intereses de los alumnos, este enfoque parece no tener en cuenta que, debido a la enorme influencia del currículo tradicional, es posible que expresen intereses poco significativos, desde el punto de vista didáctico, o que simplemente manifiesten, algunos de ellos, posturas hostiles a un enfoque curricular que les obliga a cambiar de papel. 4. Una concepción excesivamente abierta de la dinámica de la clase puede crear problemas de organización y coordinación, ya que simultáneamente se pueden estar abordando problemas diversos a través de actividades muy diferentes.
¿QUÉ Y CÓMO EVALUAR?	<ol style="list-style-type: none"> 5. Rechazar cualquier forma de seguimiento del aprendizaje implica renunciar a conocer, en alguna medida, qué grado de validez tienen nuestras hipótesis de trabajo.

Cuadro 14

Y esto es así, porque a los ojos de un observador irreflexivo, los supuestos que justifican el currículo tradicional (una determinada visión del conocimiento, del aprendizaje, de la comunicación humana, de las relaciones sociales, etc.) no se manifiestan como hipótesis tentativas susceptibles de ser invalidadas y modificadas, sino como evidencias de sentido común que no necesitan de justificación, ni de comprobación (Pope y Scott, 1988). La idea de que enseñar es transmitir verbalmente contenidos; de que el conocimiento científico es la suma de unidades conceptuales verdaderas; y de que lo que se escucha y se memoriza se aprende, son ejemplos de lo que decimos.

Por lo tanto, es importante que como profesionales construyamos una idea más rigurosa y compleja de nuestra actividad. No existe una única forma de enseñar ciencias. Existen diferentes enfoques curriculares. Existe un enfoque mayoritario y tradicional que presenta importantes deficiencias al someterlo a un análisis riguroso. Deficiencias que, aún a riesgo de simplificar excesivamente, podemos resumir en dos: una falta de actualización científica rigurosa, al no ser coincidentes las creencias que lo sustentan con el estado actual de ciertas disciplinas (Epistemología, Psicología, Sociología, etc.), y un sustrato ideológico antidemocrático en franca contradicción con los principios y normas que se postulan como deseables en nuestra sociedad (véase cuadro n.º 15).



Cuadro 15. Dos tendencias alternativas al currículo de Ciencias

Hemos tratado de analizar estas deficiencias, describiendo al mismo tiempo otras maneras de enseñar que están presentes, en mayor o menor medida, en las aulas. Las hemos presentado precisamente como tendencias, es decir, como intentos parciales de abordar los problemas del currículo tradicional. Hecho el análisis, podemos concluir que, si bien suponen aportaciones significativas en determinados aspectos, también generan nuevos problemas inherentes a su parcialidad.

La tendencia tecnológica aporta un conjunto de criterios racionales para planificar con rigor la intervención, pero olvida la necesaria incorporación de los alumnos al conjunto del proceso. Prescribe criterios valiosos para asegurar una dirección del aprendizaje, pero prescinde de criterios relativizadores que hagan posible la negociación de experiencias y significados en el aula.

La tendencia espontaneísta, por el contrario, aporta una visión democratizadora de la dinámica escolar, pero olvida el carácter intencional de la enseñanza y la necesaria orientación didáctica que el profesor ha de ejercer. Pretende que los alumnos sean los protagonistas de su aprendizaje, pero ignora que para que tal situación se dé es necesario una adecuada y difícil tarea de dirección por parte del profesor.

Guía de actividades

Para cambiar el currículo es imprescindible que cada profesor sepa caracterizar su práctica, comprenderla, teorizarla (descubriendo el modelo didáctico y curricular subyacente), y someterla a crítica y posterior revisión.

En este sentido, se proponen algunas actividades que pueden favorecer la relación entre este documento y la manera de enseñar ciencias de los profesores asistentes al curso.

Descripción de la práctica docente de cada asistente al curso

Relata por escrito el desarrollo de tus clases de ciencias; especialmente aquello que sea más representativo y prototípico. Evita utilizar justificaciones y juicios de valor; límitate a narrar los acontecimientos más significativos. Detente en los detalles cuando lo consideres conveniente. Se trata de que otra persona, al leer el texto, pueda ver/imaginar la clase tal como tú la ves.

A continuación tienes algunos elementos que te pueden ayudar a realizar la descripción:

- ¿Cómo empiezas las clases?
- ¿Cómo se desarrolla a continuación?, ¿qué haces?, ¿qué hacen los alumnos?, ¿qué metodología de trabajo se sigue realmente?, ¿qué secuencia de pasos metodológicos suele darse?, ¿se explica?, ¿qué porcentaje de tiempo?, ¿trabajan en grupo?, ¿qué porcentaje de tiempo?, ¿se va al laboratorio?, ¿qué porcentaje de tiempo?, ¿se sale fuera del centro?, ¿qué porcentaje de tiempo?
- ¿Cómo está organizada la clase o las clases?, ¿qué mobiliario existe?, ¿cómo se distribuye el espacio y el tiempo? Realiza un pequeño croquis.
- ¿Qué papel juega el libro de texto?, ¿sigues su contenido?, ¿utilizas otros recursos?, ¿cuáles?, ¿qué porcentaje de tiempo?
- ¿Cómo acabas la clase habitualmente?
- ¿Cómo y cuándo realizas la programación?, ¿cuál es su contenido básico?, ¿qué es lo que está previsto en ella?
- ¿Se ajustan las clases a la programación?
- ¿Qué evalúas?, ¿cómo lo haces?
- ¿Qué relación hay entre la programación y la evaluación?, ¿modificas la programación y la evaluación?, ¿modificas la programación durante el curso?, ¿en qué sentido?, ¿a causa de qué?
- ¿Qué situaciones o momentos de la clase te suelen resultar más gratificantes?, ¿por qué crees que es así?, ¿qué otras situaciones te resultan más frustrantes?, descríbelas con detalle, ¿por qué crees que te ocurre?, ¿cuáles son los problemas prácticos y los dilemas conceptuales relacionados con tus clases de ciencias que más te preocupan?

Reflexión y teorización de la práctica docente de cada asistente al curso

- Leer en pequeño grupo el resultado de la actividad anterior. Se recomienda anotar los elementos de discusión que vayan surgiendo para debatirlos al final, procurando no interrumpir la lectura consecutiva de cada miembro del grupo. Conviene leer textualmente, y comentar/discutir al final.
- Analizar en pequeño grupo las lecturas anteriores. A continuación se presentan algunos elementos que pueden ayudar en la reflexión:
 - A la luz de los tres enfoques curriculares descritos (tradicional, tecnológico y espontaneísta), ¿qué rasgos de cada uno de ellos están presentes en las descripciones leídas?, ¿qué clasificación podríamos hacer de las mismas atendiendo a dichos enfoques curriculares? (utilizar para ello los cuadros números 2, 9 y 12 de este capítulo).
 - Comparando y relacionando los problemas y dilemas expuestos por cada miembro del grupo, ¿qué relación tienen con las creencias y problemas que se han descrito para cada una de las tendencias curriculares?, ¿cuáles parecen más representativas del grupo?, ¿qué hipótesis explicativas se podrían establecer?, ¿qué información del curso está siendo, o podrá ser, relevante para abordarlos?
 - En relación con la unidad didáctica a experimentar, ¿qué hipótesis de intervención permitiría investigar soluciones a algunos de los problemas considerados como más importantes?
- Elaborar en pequeño grupo transparencias-resumen sobre lo analizado en el apartado anterior.

Se trata de confeccionar varias transparencias que reflejen:

 - Los tipos de práctica docente y su clasificación.
 - Los problemas, más significativos y sus posibles causas (hipótesis explicativas).
 - Los problemas y su relación con la información del curso.
 - Alguno de los problemas, y sus posibles soluciones (hipótesis de intervención) en relación con la unidad que se va a experimentar.
- Poner en común en gran grupo las transparencias-resumen. Cada grupo presentará sus conclusiones y las someterá a contraste con el resto de los compañeros. El debate se deberá centrar en torno a argumentos curriculares. Conviene elaborar conclusiones generales, ya sean convergentes o divergentes, acerca de las posibles causas de los problemas y dilemas, así como de sus posibles soluciones.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

GIMENO SACRISTÁN, J. (1989): *El currículo: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.

Un texto clarificador sobre el concepto de currículo. Presenta críticamente las diferentes teorías y enfoques curriculares. Analiza el currículo a través de su práctica a diferentes niveles:

- a nivel de política curricular
- a nivel de materiales curriculares
- al nivel del pensamiento del profesor
- al nivel de la acción
- en la perspectiva de su evaluación

GUTIÉRREZ, R., *et al.* (1990): *Enseñanza de las Ciencias en la Educación intermedia*. Madrid: Ediciones Rialp.

Un resumen del estado actual de la enseñanza de las Ciencias. Especialmente interesante la presentación de los diferentes enfoques psicológicos, didácticos y curriculares. Un buen complemento para ampliar las visiones presentadas en este capítulo.

PORLAN, R. (1991): *Epistemología y Escuela*. Sevilla: Díada Editoras.

Una síntesis de los diferentes enfoques epistemológicos acerca del conocimiento científico y cotidiano y su repercusión en los modelos de enseñanza y aprendizaje. Se plantea, asimismo, una reflexión sobre las características del desarrollo profesional de los profesores, atendiendo a un enfoque constructivista e investigativo.

AUTORES VARIOS (1988): Monográfico sobre el pensamiento de los profesores. *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 161.

Interesante recopilación de artículos sobre la temática que nos ocupa en este capítulo. No son aportaciones específicas sobre el profesor de Ciencias, pero tienen un indudable interés para los profesores de cualquier nivel y especialidad.

Citas del texto

BROMME, R. (1988): Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), pp. 19-29.

BUNGE, M (1983): *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.

CAÑAL, P., y PORLAN, R. (1987): Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), pp. 89-96.

-
- CAÑAL, P., y PORLAN, R. (1988): Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), pp. 54-61.
- GIL, D. (1983): Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), pp. 26-33.
- GIMENO, J. (1982): *La pedagogía por objetivos, una obsesión por la eficacia*. Madrid: Morata.
- MUNBY, H. (1982): The Place of Teachers' Beliefs in Research on Teacher Thinking and Decision Making, and an Alternative methodology. *Instructional Science* 11, pp. 201-225.
- POPE, M. L., SCOTT, E. M. (1988): La epistemología y la práctica de los profesores. En Porlán, García y Cañal. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editoras.
- PORLAN, R. (1987): L'épistémologie et la pensée du professeur: modèles sur la genèse des connaissances. En Giordan y Martinand (Edit). *Modeles et simulation*. Paris, pp. 599-604.
- PORLAN, R. (1988): El pensamiento científico y pedagógico de maestros en formación. En Porlán, García y Cañal (Comp.): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editoras.
- PORLAN, R. (1989): *Teoría del Conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.

2

Hacia un cambio progresivo del currículo de Ciencias

La necesidad de una alternativa curricular ¿cuál es el campo de la problemática?

Tomando como referencia el análisis realizado en el capítulo anterior, podemos afirmar que no existe aún en la práctica educativa general, y en la enseñanza de las ciencias en particular, un referente curricular alternativo con suficiente tradición como para poder desplazar a corto plazo las tendencias curriculares analizadas. Esto no quiere decir que no existan propuestas parciales, corrientes innovadoras o experimentaciones en marcha, que puedan aportar elementos significativos para su construcción.

Como hemos visto, las versiones *tecnológicas* y *espontaneístas*, por ejemplo, se encuentran en esa dirección. Lo que queremos afirmar, sin embargo, es que sólo desde una Teoría de la Enseñanza y del currículo que aborde de manera creativa y novedosa la complejidad de los problemas y las contradicciones de los enfoques curriculares predominantes, estaremos en condiciones de diseñar y experimentar alternativas concretas que puedan progresivamente desplazarlas.

Al decir esto queremos resaltar el hecho de que el currículo en la acción no se cambia por un acto administrativo o por la mera presentación formal de una nueva teoría curricular. Cambiar el currículo significa que los profesores cambien sus puntos de vista acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje y sus formas de intervenir en ellos: su “saber-hacer” profesional (Olson, 1982).

Ambas cuestiones, por tanto, son relevantes. Tan necesaria es la emergencia de alternativas teóricas sobre el currículo, que surjan de los procesos de investigación educativa, como el desarrollo profesional de los profesores, resultante de procesos de formación ligados a la reflexión en y sobre la acción (Porlán, 1989).

De ahí que la información que a continuación se presenta ha de concebirse no como un inventario de las nuevas consignas curriculares, sino como una serie de referencias teóricas que los lectores han de contrastar con sus propias concepciones explícitas e implícitas, y que han de analizar con respecto a la potencialidad que presentan para resolver sus problemas prácticos.

El diseño y la experimentación de unidades didácticas es una forma de relacionar provechosamente la teoría con la práctica curricular: la formación con la acción profesional. Al diseñar, ponemos en juego creencias epistemológicas, psicológicas y didácticas, las contrastamos con otros puntos de vista y tomamos decisiones acerca de los diferentes problemas curriculares (qué enseñar, cómo enseñar, qué y cómo evaluar). El conjunto de estas decisiones actúa como una hipótesis de intervención cuando se experimenta la unidad. En la dinámica concreta podemos valorar lo acertado o no de las hipótesis, los problemas que resuelve, los que deja sin resolver, y la validez de las nuevas concepciones. De esta forma, a través de un mismo proceso, construimos un conocimiento profesional significativo y desarrollamos una determinada alternativa curricular (Stenhouse, 1984).

El problema de qué ciencia enseñar: una síntesis entre lo que se “debe” y lo que se “quiere” aprender

Al analizar el enfoque tradicional del currículo de Ciencias constatábamos la evidencia de un apreciable nivel de fracaso escolar. Los alumnos, con frecuencia, no comprenden lo que se les enseña, no muestran interés por el aprendizaje, preparan mecánicamente las pruebas de evaluación y, en el mejor de los casos, reproducen formalmente ciertos conocimientos en los exámenes. Al pasar los años, otros profesores constatarán que estos mismos alumnos han olvidado lo que se les enseñó y que persisten en ellos determinadas visiones poco adecuadas desde el punto de vista científico. A estos problemas sólo les queda dar por supuesto lo anterior, o reconocer que, una vez más, tendrán que partir desde cero. (A título de ejemplo, es desolador enumerar qué conocimientos matemáticos recordamos de los que nos fueron enseñados, e incluso cuáles utilizamos realmente en la vida diaria para resolver problemas concretos. Hágase la lista y se podrán contar con los dedos de las manos).

Los profesores preocupados por garantizar eficazmente los aprendizajes tenderán, ante este fracaso, a presentar de manera diferente los conocimientos, ordenándolos por su nivel de dificultad y estableciendo los *conceptos-clave* que cierran o abren el acceso a otros conocimientos. Trabajarán con su estructura lógica y adoptarán, con frecuencia, una perspectiva epistemológica de corte positivista. Sin embargo, su obsesión por ser eficaces les llevará probablemente a plantearse el problema desde la perspectiva de *lo que necesariamente se debe aprender*, olvidando que quizás no coincida con *lo que los alumnos realmente quieren o desean aprender*.

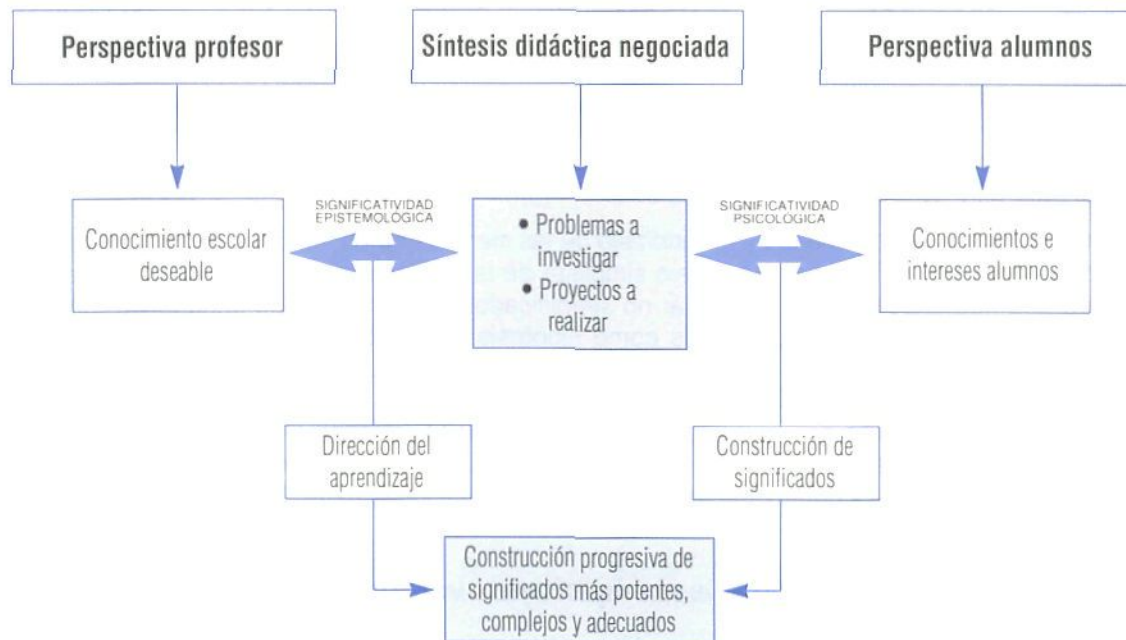
Por el contrario, los profesores especialmente preocupados por garantizar la incorporación real de los alumnos a la dinámica de la clase, tenderán a poner el acento en los aspectos motivacionales del aprendizaje, y asumirán como contenidos de hecho aquellos que respondan a sus intereses más próximos e inmediatos.

Estos profesores favorecerán las experiencias en el medio y el contacto con la realidad, esperando que, inductiva y espontáneamente, el alumno vaya descubriendo los conocimientos. En este caso, la preocupación por el alumno les llevará a plantearse el problema desde la perspectiva de *lo que éstos desean aprender*, olvidando la importancia que tiene, para guiar el proceso, una formulación relativa de *lo que sería conveniente aprender*.

Una alternativa curricular integradora debería intentar resolver el problema del aprendizaje de las ciencias superando los dos extremos anteriormente descritos.

Por un lado debería considerar la conveniencia de una formulación del *conocimiento escolar deseable*, es decir, del conjunto de hechos, conceptos, procedimientos y valores relacionados con los sistemas naturales, cuyo significado sería conveniente, aunque no imprescindible, ni obligatorio, que fuera abordado durante el proceso de enseñanza y aprendizaje; siempre que se aceptara y se respetara la posibilidad de formulaciones y significados diversos, y siempre que se planteara en un contexto didáctico que resultara interesante para los alumnos (Pope y Gilbert, 1988).

Por otro, debería considerar también la conveniencia de organizar las actividades en torno a problemas, centros de interés y proyectos de trabajo que, seleccionados con la participación de los propios alumnos, respondan a sus intereses más próximos, aun cuando el orden y la secuencia de los mismos no reflejen, inicialmente, una estructura lógico-disciplinar (véase cuadro n.º 1).



Cuadro. El problema del qué enseñar y del qué aprender desde un enfoque curricular alternativo

Se trata en esta propuesta de combinar inteligentemente, y con amplias dosis de flexibilidad, lo que el profesor interpreta como conveniente y lo que el alumno siente como interesante. El conocimiento escolar así formulado, actúa más como una guía que orienta la intervención del profesor durante las actividades de clase (poniendo en evidencia dimensiones de la realidad no tenidas en cuenta por los alumnos, aportando contraejemplos, ayudando a descubrir relaciones, provocando dudas, indicando posibles soluciones, etc.), que como un itinerario prefijado del recorrido cognoscitivo que el alumno necesariamente debe seguir.

El conocimiento escolar actúa, por tanto, como un potente elemento curricular que, trabajado por el profesor, le permite adoptar decisiones fundamentadas para dirigir la construcción de significados, progresivamente más complejos y adecuados, de los alumnos. Al mismo tiempo, los problemas y los centros de interés seleccionados consiguieren para los alumnos la finalidad inmediata de su actividad (Porlán, *et al.* 1991).

Pongamos algunos ejemplos. Inicialmente, es probable que a los alumnos no les interesen las características estructurales y fisiológicas de la célula, especialmente si la justificación de tal conocimiento la perciben desde una perspectiva formal y académica. Pero es posible, sin embargo, que les interese la problemática relacionada con las relaciones sexuales, la reproducción, el embarazo, la ovulación y la menstruación, el caso de mellizos y gemelos, la impotencia masculina o las formas de los espermatozoides; todo ello, además de favorecer conocimientos de diferente naturaleza, plantea, en un contexto interesante y significativo, el conocimiento de determinados aspectos de la biología celular.

De la misma manera, también es probable que a los alumnos no les interese abordar espontáneamente el concepto de energía. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, es probable que se movilicen activamente si les proponemos, o nos proponen, construir un cohete que funcione, diseñar una casa ecológica (que reduzca al mínimo su consumo eléctrico), o experimentar las mejores condiciones ambientales para un crecimiento óptimo de determinadas plantas del huerto escolar. En todos los casos anteriores, además de aprender otras muchas cosas, los alumnos, dirigidos adecuadamente por el profesor, deberán afrontar problemas relacionados con la energía en un contexto didáctico interesante, presidido por un fin próximo, concreto y cercano al tipo de actividades extra-escolares que movilizan su imaginación y su capacidad de reflexión. De esta manera, puede cobrar para ellos un sentido natural, y no artificial, el problema de la energía.

En resumen, el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias no es, no debe ser, un reflejo mecánico de la planificación del profesor, ni tampoco un reflejo simplista de la espontaneidad desorganizada de los alumnos; debe ser, desde una nueva perspectiva curricular no simplificadora, el resultado de integrar de forma natural las intenciones educativas del profesor (explicitadas como hipótesis sobre el conocimiento escolar deseable) y los intereses reflexionados y organizados de los estudiantes (explicitados como problemáticas a investigar en la clase). La dicotomía, tantas veces enunciada, entre la significatividad epistemológica de los conocimientos (su correspondencia y adecuación con la lógica científica), y la significatividad psicológica de los mismos (proximidad a los esquemas e intereses de los alumnos), queda superada al introducir una tercera dimensión integradora: su significatividad didáctica y contextual (proximidad a las situaciones naturales de aprendizaje).

El problema de cómo enseñar ciencias: empirismo “versus” constructivismo

Al analizar el currículo tradicional de ciencias destacábamos la simplificación que supone una metodología basada casi exclusivamente en la transmisión verbal de información. Desde este punto de vista, los conocimientos

se conciben como algo absoluto y formal, susceptibles de ser enseñados y aprendidos racionalmente y, aparentemente, desvinculados de cualquier tipo de conexión con la realidad. No decimos que todos los profesores, cuyo currículo en la acción se encuadre en esta tipología, piensen así; lo que queremos argumentar es que *de hecho* la imagen que se transmite de la ciencia y del conocimiento científico, al trabajar en la clase de esta manera, es la de un conocimiento puramente racional.

Tal es así, que, en muchos casos, el fracaso escolar se caracteriza por la dificultad que tienen los alumnos para aplicar los conocimientos, supuestamente aprendidos, a situaciones de la vida diaria. Los alumnos no aprecian las relaciones empíricas que el conocimiento científico establece con la realidad. Más bien lo identifican, en muchos casos, con ideas abstractas que tienen sentido en sí mismas y que se refieren en todo caso a una realidad *no real* (piénsese en muchos conceptos físicos, por ejemplo, que se refieren a un tipo de condiciones ambientales que sólo son reproducibles, parcialmente, en una realidad experimental).

Muy al contrario, las otras dos tendencias curriculares analizadas ponen el énfasis, al prescribir una metodología para la enseñanza de las ciencias, en la utilización escolar de la versión empirista del método científico.

Desde hace bastantes años, en el campo de la filosofía y de la epistemología de las ciencias, se ha pretendido combatir el absolutismo y el racionalismo epistemológico dominante con la idea empirista de que el auténtico conocimiento está en la realidad y que los científicos, a través de procedimientos rigurosos de carácter inductivo (observación, hipótesis, experimentación y teoría), logran descubrirlo.

Esta concepción empirista es en la actualidad la imagen socialmente más extendida acerca de los procedimientos para elaborar ciencia. No es de extrañar, por tanto, que las tendencias que pretenden una superación del racionalismo inherente al currículo tradicional, hayan propuesto como alternativa metodológica una cierta emulación escolar del empirismo científico. En este sentido no se ha hecho más que seguir el mismo proceso de evolución histórica, aunque con bastantes años de retraso, que el seguido por la filosofía y la epistemología de las ciencias (Hodson, 1986).

Según esto, tanto el enfoque tecnológico como el espontaneísta proponen, en mayor o menor grado, una cierta adaptación del empirismo metodológico a la escuela. Sin embargo, entre ambos puntos de vista, existen matizaciones diferentes. Mientras que el primero asume una versión *fuerte* del empirismo, basando en la dirección del profesor la eficacia del resultado final, el segundo asume una versión *débil* del mismo, ligada a una concepción espontaneísta y activista del aprendizaje (Porlán, 1989).

Mientras que la visión tecnológica plantea la necesidad de que el profesor, ante un determinado objeto de estudio, realice un diseño pormenorizado de las denominadas fases del método científico (O-H-E-T), reproduciendo de manera simplificada, pero rigurosa, lo que se supone que fueron los descubrimientos científicos; la visión espontaneísta plantea, por el contrario, la conveniencia de que los alumnos descubran por sí solos el conocimiento a través del contacto y la observación directa de la realidad.

Ambas tendencias curriculares ignoran, en suma, las nuevas aportaciones epistemológica y psicológica acerca de cómo se producen los conocimientos; tanto los conocimientos socialmente organizados, como aquellos otros de carácter espontáneo y cotidiano (Novack, 1988). Nos referimos a las diferentes aportaciones teóricas (analiza-

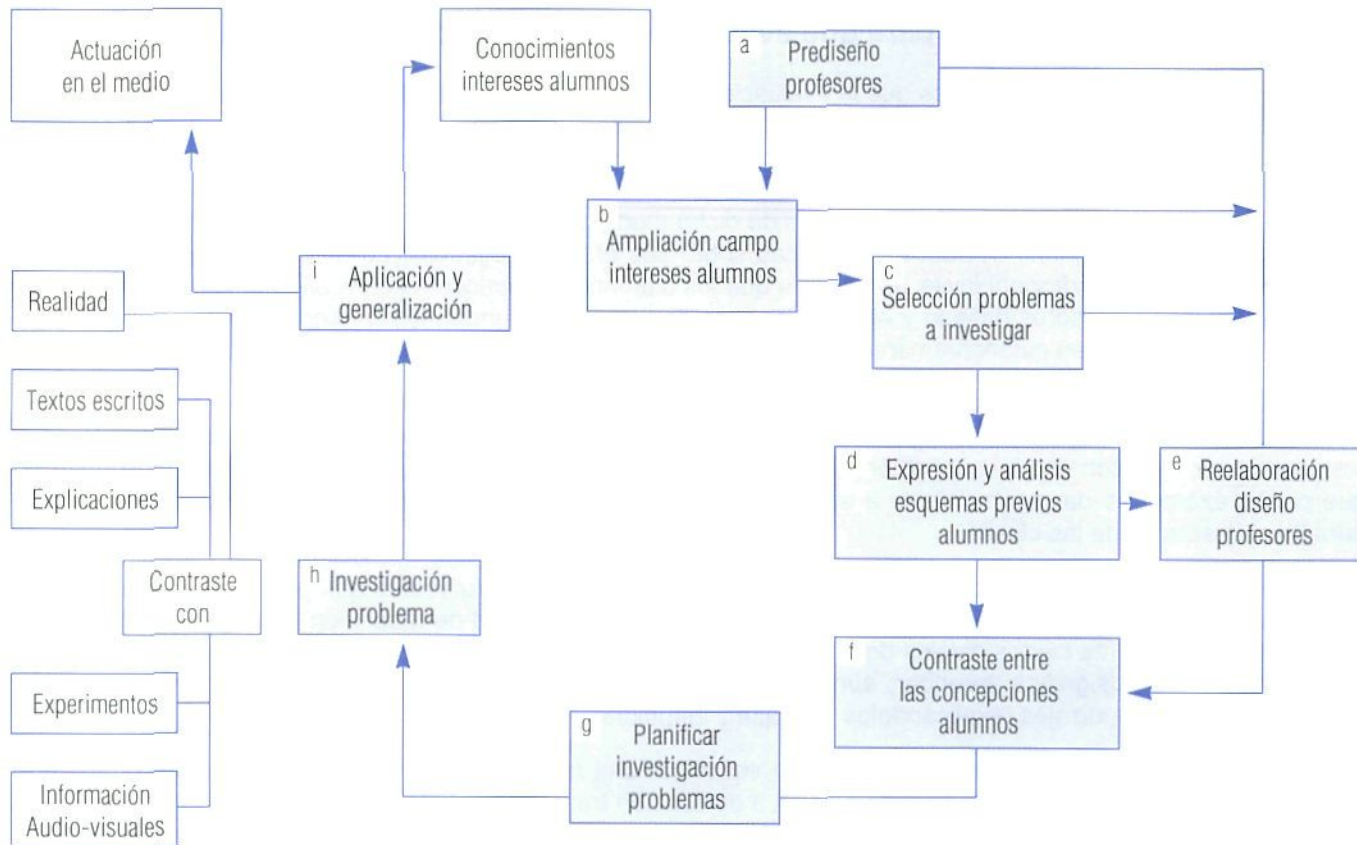
das en otro material) que conciben la producción de conocimientos no como el resultado final de un proceso inductivo, sino como un cambio evolutivo de conceptos.

Desde este punto de vista, tanto los conocimientos científicos, como los cotidianos, son construcciones teóricas susceptibles de ser modificadas. La construcción de conocimientos no es un proceso de fuera a dentro por el cual el sujeto se apropia mecánicamente de los significados que se le ofrecen desde el exterior, ni tampoco un proceso de descubrimiento de los significados ocultos en la realidad. La construcción de conocimientos es una interrelación activa y productiva entre los significados que el individuo ya posee y las diversas informaciones que le llegan del exterior. Al ser un proceso por el que el sujeto elabora significados propios, y no simplemente los toma o asimila, elabora también el camino específico de su progresiva evolución.

Un análisis didáctico del constructivismo permite articular una potente alternativa metodológica para la enseñanza de las ciencias (García y García, 1989). A través de la investigación de problemas los alumnos ponen en juego sus propios esquemas de conocimiento y el profesor puede dirigir la construcción de nuevos significados; todo ello al hilo de actividades con finalidades próximas e interesantes para los alumnos (véase cuadro n.º 1).

En concreto, esta metodología investigativa se puede estructurar en torno a los siguientes momentos específicos. (véase cuadro n.º 2).

- a) *Prediseño de la unidad*, centro de interés u objeto de estudio por parte del profesor, o del equipo de profesores. La unidad en cuestión puede ser seleccionada exclusivamente por el profesor, o ser el resultado de una negociación anterior con los alumnos.
- b) *Actividades de expresión y ampliación del campo de intereses* de los alumnos en relación con la unidad (Giordan, 1982). Se trata de poner a los alumnos en situaciones diversas que les permitan descubrir *las cosas que más le interesan* con respecto a la unidad. Al mismo tiempo, se pretende liberar sus actitudes de manera que vivencien otras formas de *estar y aprender* en la escuela. En definitiva, se busca crear un *clima* apropiado para participar sin inhibiciones en la expresión, discusión y contrastación de ideas, argumentos y puntos de vista diferentes.
- c) *Actividades de selección y caracterización de problemas significativos* relacionados con la unidad. Plantear un buen problema es tan importante como investigarlo o resolverlo, de ahí que convenga dedicar un tiempo conveniente a esta primera fase del proceso de construcción.
- d) *Actividades de expresión y análisis de los esquemas previos* de los alumnos. Se trata de diagnosticar las ideas e hipótesis de los alumnos en relación con la problemática seleccionada, y ayudarles a que tomen conciencia de las mismas y a que aprendan a valorarlas y a cuestionarlas (Driver, 1986).
- e) *Modificación y concreción del diseño* por parte del profesor, o del equipo de profesores, en función de los datos obtenidos en los apartados anteriores.
- f) *Actividades de contraste* entre los propios alumnos. No todos los alumnos tienen las mismas concepciones. Organizar el contraste entre ellas es iniciar ya el proceso de cambio conceptual.
- g) *Planificación de la investigación* de los problemas seleccionados.



Cuadro. Una metodología constructivista e investigativa: El cómo enseñar

- h) Investigación del problema.* Contraste con otras fuentes de información (observaciones, experimentos, textos escritos, audiovisuales, explicaciones verbales, etc.). Este es el momento central de la propuesta metodológica. No se pretende poner al alumno en contacto con cualquier información, sino con aquella que se considere adecuada para abordar *los obstáculos de aprendizaje* que se manifiestan en la investigación y que se aproxima a sus niveles de formulación conceptual. No se persigue cambiar concepciones supuestamente "erróneas" por otras "correctas", sino hacer evolucionar las ideas de los alumnos hacia formulaciones de mayor potencialidad.
- i) Actividades de aplicación y generalización.* Se trata de asegurar los cambios, poniéndolos a prueba con problemas y situaciones diferentes a los que han sido objeto de investigación.

Se pretende, también, en aquellos problemas que lo permitan, aplicar los conocimientos a situaciones prácticas, e incluso promover actuaciones en el medio escolar y extraescolar que favorezcan una dimensión social.

El problema del qué, cómo y para qué evaluar: la evaluación como investigación

En el capítulo anterior indicábamos que la evaluación tradicional se centra fundamentalmente en tratar de cuantificar el aprendizaje conceptual de los alumnos; y, más en concreto, en medir la mayor o menor habilidad de éstos para retenerlos y reproducirlos por escrito. Sin embargo, esta afirmación requiere algunas matizaciones. El hecho de que el enfoque transmisivo sea el modelo dominante en la enseñanza de las ciencias, y que muchos profesores hayan incorporado irreflexivamente *los supuestos* de dicho modelo, no implica que en determinados casos no tengan conocimiento de algunas evidencias empíricas sobre sus efectos negativos. Lo que queremos decir es que aunque la enseñanza tradicional invite *de hecho* a que los alumnos memoricen mecánicamente la información que se les da, muchos profesores desean y esperan que los alumnos comprendan los conceptos, sepan aplicarlos de manera reflexiva y realicen autónomamente razonamientos inductivos o/y deductivos vinculados a los mismos.

En realidad esto no hace más que confirmar que ciertos profesores *creen* realmente que: *explicando contenidos, los alumnos pueden aprender significativamente*, y que, por tanto, a la hora de evaluarlos, esperan de ellos respuestas acordes con dicha concepción. Es el caso, que en otro momento comentábamos, de los profesores que ponen exámenes *de razonamiento* a sus alumnos a pesar de no haber propiciado dicha actividad mental durante el desarrollo de las clases.

Nos encontramos, por tanto, con dos tipos de comportamiento en los profesores que practican una evaluación tradicional: uno más adaptado al modelo, que pretende medir la capacidad de repetición conceptual de los alumnos, y otro que presenta ciertos niveles de contradicción con él, ya que implica una concepción más evolucionada y reflexiva de lo que significa aprender, aun cuando mantiene, en paralelo, una visión simplificada de cómo se alcanzan dichos aprendizajes (explicándolos en clase y estudiándolos en casa).

Ambas conductas evaluadoras mantienen, sin embargo, una misma posición en cuanto a lo que podríamos denominar *funcionalidad oculta de la evaluación*. La evaluación tradicional mantiene tres principios básicos que le dan su auténtico sentido dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se evalúa al alumno y sólo al alumno, y, más concretamente, sus supuestos aprendizajes conceptuales; olvidando las destrezas, los valores, las actitudes, el esfuerzo, etc. (el problema del qué evaluar).

Se evalúa fundamentalmente a través de controles y exámenes puntuales y de su calificación numérica y uniforme, considerando que estos instrumentos son indicadores fiables de *lo que se sabe*, y olvidando las diferencias individuales, la situación de partida de cada alumno, y otras variables significativas del proceso de aprendizaje (el problema del cómo evaluar).

Por último, se evalúa-califica para seleccionar a aquellos alumnos que pueden continuar su proceso de ascensión en el sistema educativo y, subsidiariamente, para *adaptar* a los alumnos a ciertas conductas escolares (atención en clase, toma de apuntes, estudio en casa de libros y apuntes, preparación de exámenes, etc.), y para desterrar en ellos otras conductas consideradas como divergentes (plantear dudas, discutir los puntos de vista del profesor, manifestar intereses contrapuestos a la marcha de la clase, criticar la dinámica escolar, absentismo y abandono, pasotismo, etc.). Se evalúa-califica, en definitiva, para mantener el control formal y aparente de la situación. Es decir, para mantener el funcionamiento de un sistema de enseñanza y aprendizaje artificial que, desprovisto de este mecanismo *ortopédico*, tendería a una progresiva degeneración (el problema del para qué evaluar).

Insistimos en la idea de que prácticamente todos los profesores, incluido el que escribe, realizan su actividad condicionados por este enfoque mayoritario, y que, en muchos casos, no se es excesivamente consciente de las repercusiones ocultas que tiene la evaluación.

Tal como hemos ido analizando en los problemas anteriores las tendencias curriculares de corte tecnológico y espontaneísta tampoco resuelven adecuadamente los dilemas de la evaluación; aunque aportan elementos interesantes a considerar.

La tendencia tecnológica, con su preocupación por el rigor y la eficacia, incorpora una visión más amplia del qué evaluar. Desde este punto de vista se pretende una gama más amplia de objetivos educativos, y, por tanto, un abanico más completo de facetas a evaluar. Los procedimientos, las destrezas, las capacidades y, en menor medida, los valores y actitudes, son partes integrantes del aprendizaje científico de los alumnos. Saber manejar un microscopio, enunciar adecuadamente hipótesis, o saber hacer un experimento, son algunos ejemplos de lo que decimos. Al mismo tiempo, al presentarse los objetivos conceptuales organizados y secuenciados atendiendo a su nivel de dificultad, se facilita, al menos idealmente, una evaluación más ajustada al desarrollo conceptual de cada alumno y una funcionalidad mayor de las posibles actividades de recuperación.

Sin embargo, este enfoque sigue considerando al alumno como el “objeto” central de la evaluación. Aunque admite virtualmente que la evaluación puede llevar a un cierto “feed-back” con respecto a la programación (en el sentido de diseñar actividades de recuperación, o de modificar ésta o aquella actividad, e incluso éste o aquel objetivo), al estar condicionado por una mentalidad directivista y finalista, no tiene en cuenta otras variables que están presentes en la situación. Así, la dimensión espontánea de la dinámica de la clase, la presencia de efectos no deseados, las componentes socio-afectivas de la interacción didáctica o los condicionantes que plantea la estructura de poder en la clase, son aspectos difíciles de percibir desde este punto de vista (Porlán, 1989).

Son estas, por el contrario, las variables que se tienden a resaltar desde la perspectiva espontaneísta. Precisamente por rechazo al carácter unilateral de la evaluación tradicional, se concibe que *todo* debe ser objeto de evaluación y, por consecuencia, *todos* han de participar en la misma. Sin embargo, esta visión global de la evaluación esconde ciertas dosis de trivialización. Una cosa es que *todo* lo que ocurre en el aula entre en el campo de la evaluación y que *todos* deban participar en la misma; y otra muy distinta es que todas las variables tengan siempre la misma relevancia y significatividad, y que todos los sujetos participen de la misma manera en el proceso.

Seguiremos con el problema del qué evaluar más adelante. Centremos ahora nuestra atención en cómo hacerlo. En el enfoque tecnológico se mejora la técnica de la evaluación, ajustándose más a los objetivos previstos, y pretendiendo objetividad e imparcialidad. Sin embargo, se mantiene la vinculación cuantitativa con la calificación numérica. Dicho brevemente, desde el modelo tecnológico se persigue un mejor afine en el diagnóstico cuantitativo del aprendizaje de los alumnos.

En el enfoque espontaneísta, sin embargo, se rechaza ideológicamente la calificación, pero a costa de *vulgarizar* los procesos de evaluación. Se tiende a confundir participación con evaluación. El profesor renuncia a desarrollar un conocimiento riguroso y profesional sobre la dinámica de la clase, utilizando, al igual que sus alumnos, las intuiciones e impresiones subjetivas como base fundamental para la toma de decisiones (en este sentido, por

ejemplo, las asambleas de clase deben tener un papel importante en la evaluación y en la toma de decisiones, pero no deben sustituir la toma de datos, el análisis, y la reflexión profesional, de exclusiva responsabilidad del profesor).

Sin embargo, es en la cuestión del para qué evaluar donde radica la clave de una auténtica alternativa. La tendencia tecnológica omite la "finalidad oculta de la evaluación". Su preocupación es el logro de una racionalidad científico-técnica de la enseñanza, ignorando la trascendencia político-ideológica de toda relación humana y social. La tendencia espontaneísta reconoce, por el contrario, las relaciones de poder que van asociados al ejercicio de la evaluación y rechaza sus fines implícitos, pero, al hacer esto, confunde la parte con el todo y rechaza cualquier actividad evaluadora propia y específica del profesor.

Tal como hemos venido indicando en los apartados anteriores, un cambio progresivo del currículo de Ciencias implica también un cambio en la teoría y en la práctica de la evaluación. Enunciaremos a continuación algunos principios que pueden favorecer esta nueva dirección.

1. En general el término evaluación suele identificarse bastante con el de calificación. De hecho se tiende a considerar que la calificación es la resultante final de la evaluación. Sin embargo, analizando en profundidad ambos conceptos, podemos concluir que se refieren a cuestiones diferentes. Evaluar es, en términos sencillos, diagnosticar una situación para poder tomar decisiones sobre la misma. Calificar, sin embargo, es premiar o sancionar públicamente a una persona a través de la cuantificación numérica de su saber.
2. Desde una perspectiva ético-profesional, evaluar y calificar no son sólo dos cuestiones diferentes, sino que son dos actividades contradictorias. El hecho de calificar a los alumnos nos imposibilita, en gran medida, un acceso real al contenido natural de sus pensamientos, intereses y expectativas, ya que el alumno tiende a percibir la comunicación didáctica como un proceso en el que su conducta (lo que diga, lo que haga) puede ser objeto, en cualquier momento, de valoración sancionadora por parte del profesor.
3. Desde una concepción alternativa, programar es establecer, a partir de un determinado modelo didáctico, una hipótesis curricular abierta y flexible que nos oriente acerca del conocimiento escolar deseable y de los momentos metodológicos y las actividades que mejor pueden favorecer la construcción de dicho conocimiento por los alumnos. Evaluar es, en lo que al profesor compete, realizar un seguimiento riguroso e investigativo del desarrollo práctico de dicha hipótesis, de su poder de adaptación a la realidad, de los problemas que genera, y de los resultados que de hecho se producen: de los esperados y de los no previstos. Todo ello en la perspectiva de someter a un contraste crítico la hipótesis curricular diseñada (la unidad programada) y el modelo didáctico y curricular de referencia. Se evalúa, por tanto, desde una determinada perspectiva y se evalúa para someter a crítica dicha perspectiva. La evaluación, en este sentido, es el motor del cambio curricular y de nuestro desarrollo profesional (Porlán y Martín, 1991).
4. Un enfoque investigativo de la evaluación supone poner el énfasis en los problemas profesionales de los profesores. Se programa para abordar, de forma creativa, las dificultades prácticas y los dilemas conceptuales de nuestra actividad docente, y se evalúa para comprobar los efectos, deseados o no, que el nuevo programa tiene en la práctica. Por lo tanto, los focos de la evaluación no son universales, varían en cada profesor, y varían a lo largo de su proceso de cambio y evolución profesional. No obstante, desde una visión curricular alternativa, parecen relevantes los siguientes focos de evaluación:

- El conocimiento espontáneo-natural de los alumnos, sus intereses y expectativas. Los obstáculos y resistencias al cambio. La evolución que siguen.
 - Nuestras pautas de actuación profesional en el aula. Los mensajes explícitos e implícitos. Los cambios que se producen.
 - La estructura y la dinámica de las tareas que realmente se realizan en el aula. Su secuencia, organización. Los recursos que se utilizan.
 - La estructura y la dinámica de las relaciones psico-sociales y de poder que se dan en el aula. Agrupamientos, roles, liderazgos, competencias, etc. Papel de la propia evaluación.
 - Incidencia de otros factores contextuales. Dinámica del seminario, del centro. Influencia de los padres, etcétera.
5. La evaluación como investigación supone también la utilización de una metodología del *contraste* y la *participación*. Dada nuestra peculiar situación profesional, debemos ser al mismo tiempo actores y espectadores del hecho educativo. Enseñamos y evaluamos nuestra propia enseñanza. Este hecho constituye el núcleo problemático fundamental del cómo evaluar.

Si la evaluación se pretende rigurosa, ¿cómo conseguirlo si nuestra visión está necesariamente sesgada por el hecho de jugar un determinado papel, y no otro, en la dinámica de la clase?, ¿acaso desde el papel de alumno se perciben los acontecimientos del aula de la misma manera que desde la posición de profesor?

Pero si, al mismo tiempo, la evaluación pretende informar sobre, y para, los cambios que queremos, y si, además, dichos cambios van en la dirección de poner al alumno en la situación de protagonizar más activamente su propio aprendizaje, tomando conciencia de sus puntos de vista, planteándose problemas, investigando, construyendo conocimientos, etc. ¿no parece imprescindible, por pura coherencia, que los alumnos tengan también un papel activo, aunque diferente en la evaluación?

Participación y contraste son las dimensiones básicas del cómo evaluar. Participación a través de debates informales, asambleas, tutorías, diario de alumnos, cuaderno de trabajo, etc. Participación en la selección de problemas, en los debates conceptuales, en la resolución de conflictos, en el establecimiento de normas, en proponer actividades, etc. Contraste entre las concepciones de los alumnos, entre éstas y la del profesor, entre todas ellas y las de las Ciencias. Contraste, también, entre la visión que tienen de la clase los propios alumnos y la que tiene el profesor. Contraste entre ambas y la de un posible observador exterior. Contraste, por último, entre diferentes profesores, entre éstos y un asesor, y entre todos ellos y las aportaciones más formalizadas de las Ciencias de la Educación (Porlán y Martín, 1991).

Sin embargo, la participación y el contraste como método no se plantean aquí como un sistema de acumulación espontánea de todo tipo de información, sino como un abanico amplio de posibilidades, para que el profesor, guiado por unos determinados problemas didácticos que considera significativos, y por un programa de intervención curricular diseñado al efecto, seleccione, compare y analice la información que considere relevante, más allá de sus impresiones e intuiciones subjetivas, para avanzar así en el tratamiento riguroso de dichos problemas y en la validación crítica de su diseño curricular.

El diario del profesor, los cuestionarios anónimos, las entrevistas, la grabación de los debates, etc. son algunos instrumentos que permiten un tratamiento sistemático y riguroso de esta información.

El contexto de la Reforma: hacia una diversidad de Proyectos curriculares de ciencia

En lo dicho anteriormente hemos defendido la idea de promover un cambio progresivo en el currículo de ciencias que suponga una auténtica alternativa al currículo tradicional. Hemos defendido también que dicho cambio ha de basarse en una visión complementaria y superadora de ciertas tendencias excesivamente unidireccionales, que ponen el énfasis bien en la dimensión científico-técnica del currículo, intentado asegurar con ello su coherencia interna y su rigor, bien en la dimensión fenomenológica del mismo, intentando garantizar con ello su significatividad en cada contexto concreto. En este sentido, hemos aportado algunos elementos y criterios respecto al qué enseñar, a cómo hacerlo y al qué y cómo evaluar.

Pues bien, se trata ahora de analizar en este último apartado, la Reforma del currículo de Ciencias que está en marcha en nuestro país, y de hacerlo a la luz de las categorías o enfoques curriculares más arriba mencionados.

Atendiendo a las declaraciones y propuestas de los Diseños Curriculares Bases (D. C. B.) y, especialmente, al D. C. B. de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria, podemos afirmar, inicialmente, que se enmarca dentro de una visión alternativa de la enseñanza de las ciencias. La expresión legal de dichos planteamientos se recoge en el Real Decreto de Currículo que puede consultarse en el *B. O. E.* de 13 de septiembre de 1991.

Su concepción abierta y flexible, el reconocimiento que hace de la autonomía del centro, del equipo de profesores, y de cada profesor en concreto, a la hora de tomar decisiones respecto al currículo la visión de la ciencia que se propone, la importancia que da a la construcción de los aprendizajes y a la significatividad de los mismos, los tipos de actividades que se sugieren y el modelo de evaluación que se defiende, son algunos ejemplos significativos de lo que decimos. Los Diseños Curriculares y el Decreto de Currículo, como declaración inicial de intenciones, contienen suficientes rasgos cualitativamente alternativos al currículo que hemos denominado *tradicional*.

Sin embargo, a pesar de ello, poseen algunas características importantes que responden a una cierta concepción tecnológica del currículo; de manera que, a pesar de la validez general de la propuesta, ésta se puede llegar a desnaturalizar.

Trataremos de analizar sistemáticamente los aspectos a qué nos referimos:

1. Los D. C. B. presentan el currículo como el resultado de la influencia directa de fundamentos socio-culturales, psicológicos, epistemológicos y pedagógicos. Esta visión contrasta con la que hemos venido postulando en este documento. Concebir que entre las disciplinas que fundamentan la enseñanza y el currículo no hay ningún espacio epistemológico y disciplinar mediador e integrador, significa no reconocer que los procesos de enseñanza y aprendizaje institucionalizados constituyen fenómenos susceptibles de ser teorizados, analizados e investigados de manera específica.

En este sentido, la Didáctica, como decíamos al principio del capítulo anterior, no es reducible a la idea de currículo. La Didáctica, tanto en sus planteamientos generales, como en aquellos otros más específicos relacionados con las diferentes áreas curriculares, es una disciplina práctica, posee unos problemas que le

son propios y dispone de unas poblaciones conceptuales que, aún estando relacionadas con otros campos del saber, no son una mera yuxtaposición de ideas valiosas seleccionadas de los mismos.

La naturaleza de los problemas didácticos, su componente interdisciplinar, su dimensión práctica y el carácter intencional, teleológico y de intervención social que poseen, les dota de un estatus epistemológico diferenciado o, dicho en otros términos, de un nicho conceptual genuino, situado en la intersección de las tradiciones prácticas (componente empírico de la didáctica), las orientaciones curriculares (componente prescriptivo) y las aportaciones de teorías e ideologías más generales (fundamentos de la didáctica).

Desde nuestro punto de vista, los D. C. B. recorren sólo medio camino en esta dirección. Suponen un avance en cuanto explicitan las diversas fuentes que fundamentan la propuesta curricular. El currículo, así presentado, supera parcialmente el carácter de una tecnología de caja negra, autoritaria y dogmática, que prescribe *lo que se tiene que hacer*, para acercarse más a una imagen según la cual se propone *lo que se debe hacer atendiendo a unas determinadas teorías*. Esto favorece una concepción del currículo como algo falible, abierto, criticable y cambiante. En este sentido, como decíamos, los D. C. B. suponen un importante avance.

Sin embargo, el camino se recorre sólo parcialmente, pues al no existir un discurso propiamente didáctico, se renuncia a la elaboración explícita de un conocimiento específico de los procesos de enseñanza y aprendizaje, que evite el sesgo reduccionista y simplificador que cada disciplina fundamentante, por su carácter parcial, tiende a aportar.

Un ejemplo claro de lo que decimos se encuentra en el apartado 2.2. (principios de intervención educativa) de la parte primera del D. C. B. En este apartado se enumeran los principios psicopedagógicos en el marco de una concepción constructivista del aprendizaje escolar y de la intervención pedagógica. Una lectura detallada de estos principios (partir del nivel de desarrollo del alumno, aprendizaje significativo, aprender a aprender, cambio de esquemas, actividad del alumno), indican realmente la presencia de una fuerte y valiosísima fundamentación netamente psicológica, pero no realmente psicopedagógica. La intervención del profesor, por ejemplo, aparece como un proceso subsidiario del aprendizaje significativo de los alumnos. Sin embargo, ¿no es el profesor una potente variable mediadora en dicho proceso? Su idea intuitiva del aprendizaje, su concepción de los contenidos y los objetivos, el tipo de comunicación que establece con los alumnos, etc., ¿no constituyen, también, un conjunto de variables que interactúan con aquellas otras que se describen para los alumnos, de manera que cualquier teorización didáctica, o si se prefiere psicopedagógica, ha de tenerlas en cuenta para describirlas e interpretarlas a la hora de enunciar principios de intervención? ¿Acaso el profesor no ha de ser también constructivista en su proceso de desarrollo profesional y, por tanto, a la hora de ir elaborando progresivamente una intervención que promueva la construcción de conocimientos significativos en los alumnos? Por último, ¿no están realmente profesores y alumnos inmersos en un proceso interactivo de construcción colectiva de significados?, y, si es así, ¿no deberían plantearse los principios psicopedagógicos en términos menos exclusivistas y *psicologistas* (centrados sólo en los alumnos) y hacerlo en términos más sistémicos y comunicacionales, o lo que es lo mismo en términos más genuinamente didácticos?

2. Otro rasgo problemático del D. C. B., que conviene analizar con cierto detenimiento, afecta a los diferentes grados de participación del profesorado en el diseño y en el desarrollo curricular.

Hemos aclarado anteriormente que tanto las intenciones que se explicitan en el D. C. B., y que se recogen en el Decreto de Currículo, como los fundamentos en que éstas se basan, aún a pesar de no existir una clara mediación didáctica, son, desde nuestro punto de vista, esencialmente correctos. Sin embargo, este hecho en sí, no garantiza el éxito del cambio que se pretende. Que el diseño sea adecuado no significa que su desarrollo en la práctica lo sea también. Pero hay más, el grado de proximidad e identidad entre los protagonistas del diseño y los protagonistas de su desarrollo es uno de los factores determinantes del cambio curricular.

En el caso que nos ocupa hay una descompensación, y una cierta contradicción, entre el grado de participación del profesorado en ambos procesos, de tal manera que éste puede llegar a percibir como producto ajeno, aquello que justamente se le pide que haga suyo. El éxito de la Reforma no está sólo en lo acertado de las nuevas propuestas, aunque también, sino en lo potente que sean para generar una dinámica fructífera de desarrollo profesional y de experimentación e innovación curricular.

Evidentemente el reconocimiento explícito, aunque parcial, de un determinado protagonismo del profesorado, es un elemento positivo y esperanzador. Pero es precisamente la parcialidad de este reconocimiento, la que incorpora un importante grado de indeterminación futura. Dependiendo de cómo se concreten otras estrategias complementarias, pero esenciales, del desarrollo curricular, se ampliará o cerrará el protagonismo profesional y, como consecuencia de ello, las posibilidades de desarrollo profesional y de cambio escolar.

Las políticas que se lleven a cabo en cuanto a la elaboración y aplicación de materiales, a la experimentación de proyectos curriculares alternativos, al desarrollo de programas de investigación y de formación centrados en la escuela, etc., serán determinantes para evitar un sesgo tecnológico en la Reforma educativa en marcha.

3. Por último, conviene analizar específicamente la presentación que se hace del currículo de Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria. En concreto, comentaremos de forma resumida la caracterización que se hace de las Ciencias de la Naturaleza, de las características psicológicas de los alumnos, y de los bloques de contenidos; así como las orientaciones didácticas y para la evaluación que se presentan:

- a) La descripción que se hace de las Ciencias de la Naturaleza es bastante adecuada. Especialmente importante, por su posterior influencia didáctica, es la crítica que se realiza al absolutismo y al empirismo científico como concepciones simplificadoras. De la misma manera, es importante la apuesta que se hace por una visión más relativista y evolutiva de la ciencia, y la relevancia que se da a los marcos teóricos en la construcción del conocimiento científico.

- b) Se echa en falta una referencia a los *problemas* como elementos desencadenadores de los procesos científicos.

La interacción entre los marcos teóricos de referencia y los problemas es, desde nuestro punto de vista, uno de los procesos básicos de la investigación científica, y el que posee más potencialidad didáctica.

- c) Es interesante la referencia que se hace a determinados objetos de estudio de carácter interdisciplinar (el universo, el medio ambiente, el tiempo atmosférico, etc.). No obstante, su presentación refleja la idea de que son contenidos que se añaden a otros de carácter claramente disciplinar. A nuestro entender, la importancia de dichos objetos de estudio es de mayor relieve. Son, o pueden ser, ejes transversales que

favorezcan un tratamiento más integrador de los conocimientos disciplinares. Tienen, por tanto, un importante carácter nucleador y organizador; al menos en los primeros niveles de la secundaria.

- d) Compartimos plenamente la visión evolutiva de los aprendizajes que se refleja en el documento. Especialmente la idea de favorecer un cambio progresivo, desde una aproximación global y vivencial de la realidad, a otra más analítica y sistemática. Compartimos también la idea de un tránsito lento y desigual entre el pensamiento concreto y el pensamiento formal; así como la idea de que el fin de la enseñanza obligatoria es formar ciudadanos y no especialistas en disciplinas.
- e) En el apartado de los contenidos hay que resaltar, por su enorme interés, las ideas claves que se presentan. Suponen un esfuerzo importante de síntesis a la hora de presentar unos esquemas organizadores de los contenidos curriculares. De la misma manera, son también interesantes los cuatro metaconceptos estructurantes que se barajan (materia, energía, cambio e interacción).

No obstante, a nuestro entender, el concepto de *sistema* posee también una enorme potencialidad estructuradora, de tal manera que no sólo debería estar incluido junto a los cuatro anteriores, sino que interactúa con cada uno de ellos, organizándolos en un esquema metaconceptual de gran nivel de complejidad.

- f) En el mismo campo de los contenidos, encontramos uno de los aspectos más contradictorios de la propuesta. Por un lado, en otros apartados del documento, se habla en reiteradas ocasiones de los esquemas de conocimientos, de las relaciones entre conceptos, de globalidad, de ideas-fuerza, etc., y, sin embargo, los contenidos conceptuales se presentan en bloques temáticos formalmente compartimentados y linealmente enumerados. Es cierto que en cada bloque se realiza una breve introducción que pretende establecer relaciones explicativas entre los contenidos, y que al final se establecen unas orientaciones específicas con la misma intención; pero también lo es que, a pesar de las advertencias que se hacen respecto al carácter no secuencial de los mismos, éstos presentan una lógica argumental de tipo disciplinar en cuanto al orden en que se exponen, transmitiendo una imagen bastante parecida a los tradicionales temarios de contenidos.

Por otro lado, se habla de un progreso evolutivo desde esquemas más globalizados y experienciales, hacia esquemas más analíticos y diferenciados. Sin embargo, los contenidos conceptuales se presentan en un único nivel de formulación: en el de mayor complejidad. Se apuesta, a sí mismo, por una concepción constructivista basada en la evolución progresiva de los esquemas de conocimientos, y, no obstante, los contenidos se presentan de manera acabada como si representaran el auténtico y único conocimiento. Se habla de ideas previas, y se presentan contenidos finalistas, obviando posibles niveles intermedios de formulación. Se apuesta, en suma, por una visión relativizadora y evolutiva del conocimiento, y se transmite indirectamente, a través del formato que adoptan los contenidos conceptuales, una visión racional, compartimentada y estática de los mismos.

La ausencia de ámbitos de experiencia próximos a los alumnos, de problemas relevantes que organicen y aglutinen diversos contenidos, de formulaciones acerca de las ideas o concepciones previas que previsiblemente puedan tener los alumnos, y de los esquemas conceptuales próximos a su desarrollo potencial, son los aspectos que favorecen una visión excesivamente simplificadora de los contenidos; visión poco acorde con los principios y fundamentos que acertadamente presiden la propuesta curricular. Es este, quizás, el núcleo más problemático e incongruente de la misma, pues, si bien supone un avance

importante la inclusión de contenidos procedimentales y actitudinales, en lo referente a los contenidos conceptuales se aleja poco de una concepción tradicional.

- g) Por último, en lo referente a las orientaciones didácticas y para la evaluación, hay que destacar precisamente su coherencia con los fundamentos y principios curriculares. La aplicación de estas orientaciones puede corregir, en cierta medida, el sesgo simplificador que hemos resaltado en los contenidos. Si en la práctica se realiza una interpretación flexible del carácter obligatorio de los contenidos, y si éstos se interpretan más como una guía para los profesores, que como un itinerario temático para los alumnos, en ese caso, las orientaciones didácticas podrían actuar con toda su potencialidad.

En síntesis, consideramos, como decíamos al principio del apartado, al Decreto de Currículo como una propuesta curricular alternativa al currículo de ciencias tradicional, y, en este sentido, es ya de por sí un factor de cambio y mejora de la enseñanza y el aprendizaje escolar.

Denotamos al mismo tiempo ciertos rasgos que limitan, o pueden llegar a limitar, el alcance de la propuesta, los destacamos con la intención positiva de amortiguar y anular, en lo posible, unos efectos previsiblemente no deseados. La falta de una teorización genuinamente didáctica que incorpore una visión sistémica, integradora y comunicacional de los procesos de enseñanza y aprendizaje; la posible naturaleza “externa” del currículo frente a los profesores; y la manera, un tanto simplificadora, como se presentan los contenidos conceptuales son los tres aspectos más cuestionables de la reforma curricular. Como ya indicábamos anteriormente, dependerá en gran medida de cómo se organicen y concreten los diferentes aspectos del desarrollo curricular (materiales, experimentación, formación del profesorado, etc.), el que las limitaciones expuestas tengan un efecto más o menos limitante sobre la necesaria y posible diversidad de proyectos curriculares de ciencias.

Guía de actividades

Se proponen, a continuación, algunas actividades encaminadas a favorecer el diseño y la experimentación curricular de los profesores asistentes al curso. Se trata de profundizar en las sugerencias de este capítulo en cuanto al nuevo currículo de Ciencias. Como hemos venido insistiendo, hay un nivel básico de construcción de los conocimientos profesionales: el de *saber hacer* en la práctica escolar. La intención de estas actividades es la de favorecer precisamente el avance en esta dirección.

Partiendo de los problemas prácticos y de los dilemas conceptuales detectados en las actividades del capítulo anterior, trabajar individualmente y en grupo las siguientes cuestiones:

- a) Seleccionar unidades didácticas o centros de interés atendiendo a su significatividad epistemológica y psicológica, justificando y argumentando la elección realizada.
- b) Escoger una unidad didáctica y seleccionar problemas a investigar que tengan relación con los contextos naturales de aprendizaje de los alumnos.
- c) Formular esquemas de conocimiento escolar deseable (conceptos, procedimientos, valores...) relacionados con la unidad y con un nivel concreto de enseñanza.

- d) Relacionar los problemas a investigar con estos esquemas de conocimiento a través de posibles itinerarios de actividades.
- e) Determinar una secuencia de actividades atendiendo a la propuesta metodológica que se presenta en el capítulo. Dicha secuencia debe favorecer la investigación de los problemas y la construcción de conocimientos y valores por los alumnos en la perspectiva de lo observado en el punto c).
- f) Diseñar actividades para el diagnóstico y seguimiento de las ideas de los alumnos antes, durante y después de la unidad. Relacionar estas actividades de evaluación con las actividades a realizar por los alumnos.
- g) Elaborar una propuesta semiestructurada de Diario que recoja los acontecimientos más significativos de la posible dinámica de la clase durante la realización de la unidad. Diseñar, asimismo, otras posibles estrategias de evaluación.

Bibliografía

Bibliografía de ampliación

AUTORES VARIOS, (1990): Monografía sobre nuevas áreas curriculares: Ciencias de la Naturaleza. *Cuadernos de Pedagogía*, n.º 180.

Recopilación de artículos sobre diferentes aportaciones para un currículo de Ciencias alternativo. Guarda una estrecha relación con la Reforma curricular puesta en marcha actualmente en nuestro país.

CUBERO, R. (1989): *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Díada Editoras.

Como su propio título indica, este pequeño libro presenta un conjunto de reflexiones y sugerencias prácticas sobre cómo dirigir el proceso de construcción de los alumnos. Se propone trabajar *con* las ideas de los alumnos y no sólo "a partir" de ellas.

GARCÍA, J. E., y GARCÍA, F. F. (1989): *Aprender investigando*. Sevilla: Díada Editoras.

Aportación clara y sencilla sobre una metodología constructivista e investigativa. Desarrolla los diferentes momentos metodológicos que se proponen en este capítulo. Contiene una interesante y accesible bibliografía comentada.

PORLÁN, R.; GARCÍA, J. E., y CAÑAL, P. (1988): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editoras.

Compilación de traducciones sobre artículos clásicos en el campo del constructivismo y de la enseñanza de las ciencias. En concreto recoge aportaciones de Novak, Driver, Pope y Gilbert, Hodson, Posner, etc.

Presenta también artículos originales de los compiladores sobre el enfoque sistémico y constructivista del currículo de Ciencias, así como sobre el pensamiento científico y pedagógico de los profesores.

PORLÁN, R., y MARTÍN, J. (1991): *El diario del profesor*. Sevilla: Díada Editoras.

Una descripción de la evaluación como investigación a través de un instrumento básico como es el diario.

Se presentan diferentes fases de realización del Diario y se sugieren esquemas concretos de aplicación.

Citas del texto

DRIVER, R. (1986): "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), pp. 3-15.

GARCÍA, J. E., y GARCÍA, F. F. (1989): *Aprender investigando*. Sevilla: Díada Editoras.

GIORDAN, A. (1982): *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Pablo del Río.

-
- HODSON, J. D. (1988): "Philosophy of Science and Science Education". *Journal of Philosophy of Education*, 20 (2), 215-225.
- NOVACK, D. (1988): "El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos". En Porlán, R.; García, J. E. y Cañal, P. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editoras.
- OLSON, J. K. (1982): "Classroom knowledge and currículo change". En J. K. Olson (Ed). *Innovation in the Science currículo*. London: Croonm Helm.
- POPE, M. L., y GILBERT J. (1988): "La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias". En R. Porlán; J. E. García, y P. Cañal. *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada Editoras.
- PORLÁN, R. (1989): *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional*. Universidad de Sevilla: Tesis doctoral
- PORLÁN, R., y otros (1991): *Proyecto curricular IRES*. (versión provisional). Sevilla: Investigación en la escuela.
- PORLÁN, R., y MARTÍN, J. (1991): *El diario del profesor*. Sevilla: Díada Editoras.
- STENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del currículo*. Madrid: Morata.



El papel de la Ciencia en la enseñanza de las ciencias

María Pilar Jiménez Aleixandre

Índice

Introducción	59
1. ¿Por qué ciencias? Contribución del área a los objetivos educativos	61
La Ciencia también es parte de la cultura	61
Funcionalidad de los conocimientos científicos	63
Las ciencias y los objetivos de la educación obligatoria	65
Bibliografía de ampliación	67
2. El papel de la Ciencia en la escuela	69
Las ciencias entre la fuentes del currículo	69
Filosofía de la Ciencia y currículo de Ciencias	72
La “ciencia de los científicos”, la “ciencia escolar” y la “ciencia infantil”	75
Investigación en el aula	77
Bibliografía de ampliación	79
3. Ciencia y tecnología como construcciones sociales	81
¿Es neutral la Ciencia? El marco social de la actividad científica	81
Cómo modifica la Ciencia a la sociedad: conflictos entre beneficios y riesgos	85
La perspectiva ciencia, tecnología y sociedad en la enseñanza de las Ciencias	89
Bibliografía de ampliación	91

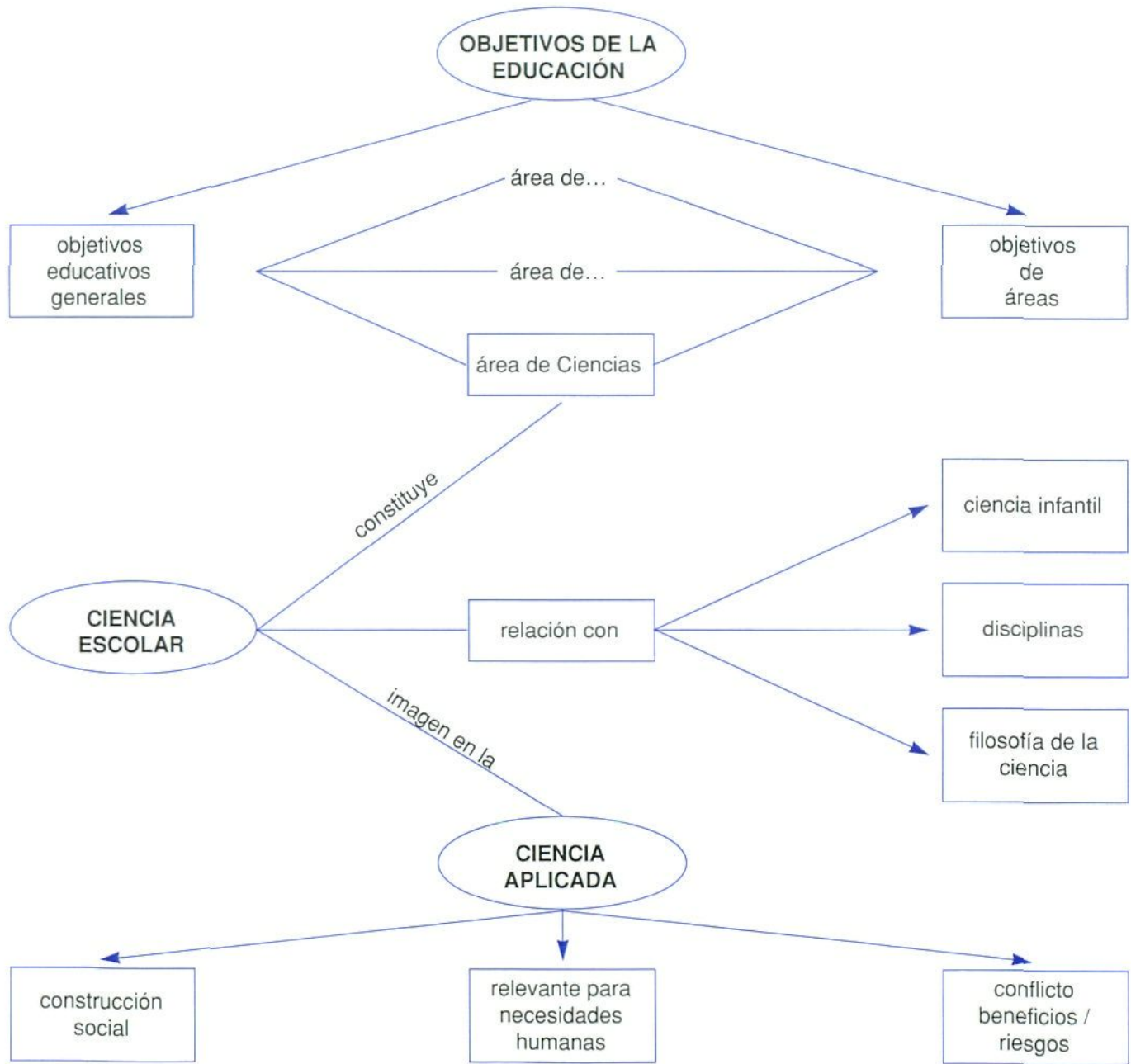
Introducción

Entre las fuentes del currículo de Ciencias, una a la que cabe prestar particular atención es la epistemológica, es decir, la que guarda relación con el análisis del propio conocimiento científico.

En este capítulo abordaremos este análisis desde tres perspectivas que se complementan:

- En primer lugar la forma en que las ciencias contribuyen a los objetivos generales de la educación, o en otras palabras, cómo desde cada una de las áreas —en este caso desde la de ciencias— se pretenden objetivos no sólo específicos de la misma, sino también que realizan una aportación a la formación de las personas.*
- En segundo lugar el papel de la ciencia escolar, en relación tanto a la ciencia infantil (de las y los estudiantes) como al propio conocimiento científico en cuanto dominio de estudio e investigación, así como a la Filosofía de la Ciencia. Subrayemos que no se analiza en profundidad la Historia de la Ciencia, sus métodos o su naturaleza, sino sólo los aspectos de la Filosofía de la Ciencia que guardan más relación con la ciencia que se enseña en el aula.*
- En tercer lugar las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia aplicada a las necesidades sociales, es decir, los desarrollos tecnológicos y su interdependencia con la sociedad.*

En el esquema del cuadro 1 se ponen de manifiesto algunas de las relaciones que guardan estos temas entre sí.



Cuadro 1. Papel de la ciencia



¿Por qué ciencias? Contribución a los objetivos educativos

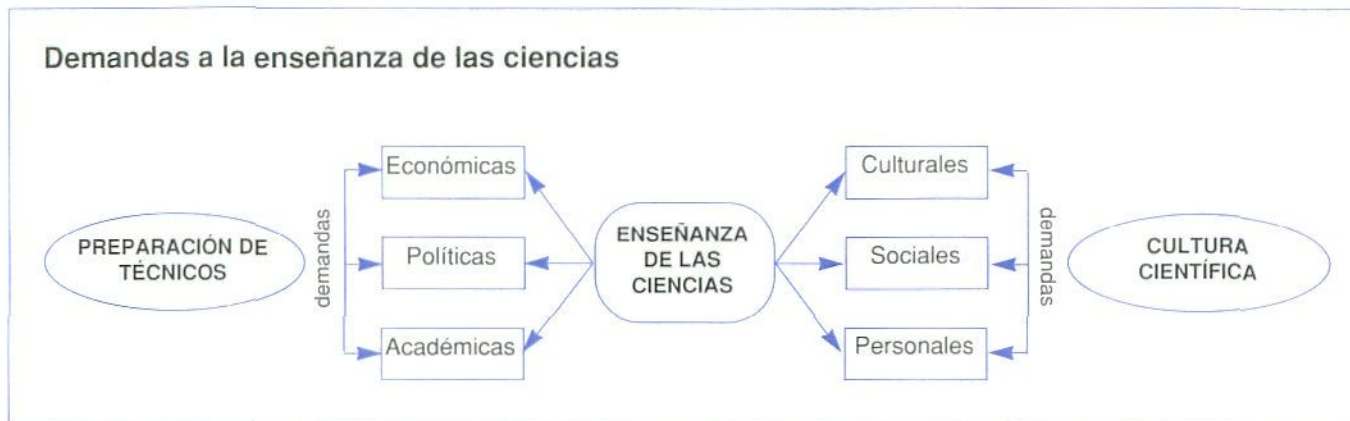
¿Por qué ciencias? Cuando les he planteado esta cuestión a los licenciados que cursaban el C. A. P., su primera reacción es de sorpresa ante la propia pregunta: “Pero, ¿alguien ha propuesto eliminar las ciencias?”. Su relevancia les parece tan evidente que es innecesario justificarla.

Desde nuestra perspectiva como docentes de ciencias, no es frecuente cuestionarnos la presencia de las ciencias en el currículo. Sin embargo, como admitimos que la educación tiene unos objetivos que trascienden la suma de aprendizajes de las diferentes áreas o disciplinas, y que el currículo es algo más que la yuxtaposición de éstas, no es gratuito interrogarse acerca de la aportación concreta de las ciencias a esa formación integral de las personas que la educación pretende.

Discutiremos esta contribución de las ciencias a los fines de la educación centrándonos en dos aspectos: la necesidad de que todas las personas cuenten con una cultura científica por un lado, y la forma específica en que las ciencias contribuyen a los objetivos generales de la Educación Secundaria Obligatoria, etapa en que se configuran como área independiente por primera vez.

La ciencia también es parte de la cultura

Puede resultar útil, al iniciar una reflexión sobre lo que significa la formación de una ciudadanía culta, indicar el tipo de relaciones que **no** deben establecerse entre cultura y escuela. Por ejemplo, el hecho de que las disci-



Cuadro 2. de Fensham, modificado

plinas científicas existan como dominios de investigación no es un argumento válido para justificar su inclusión en el currículo, ya que no todos los campos de conocimiento deben tener una réplica en los contenidos curriculares.

La relevancia de las ciencias en la sociedad actual es indiscutible, tanto desde el punto de vista de su interrelación con la economía y la industria, como desde la perspectiva de su influencia en la vida cotidiana, sin olvidar el prestigio social, rayando en mito, de la actividad científica y las personas que la ejercen.

Sin embargo, el término "cultura" suele asociarse con las humanidades, y la imagen de una persona culta se relaciona más con haber leído *El Quijote* que con comprender el modelo de tectónica global. La cuestión es si, igual que resulta indispensable para toda la ciudadanía leer y escribir con fluidez, o dominar determinadas operaciones matemáticas, es preciso en la misma medida la extensión del conocimiento científico a toda la población.

A este respecto, dos fines que suelen señalarse como propios de la enseñanza de las ciencias son, por un lado formar profesionales de la ciencia y la tecnología, y por otro proporcionar una cultura científica a toda la ciudadanía (cuadro 2).

Como señala Fensham (1988) es difícil mantener el equilibrio entre estos dos objetivos que, a primera vista, pueden parecer complementarios. El primero, la formación de técnicos, especialistas y profesionales de la ciencia, está relacionado con la necesidad de competir a escala internacional en estos campos, mientras que el segundo, la preparación del conjunto de la población para controlar las aplicaciones científicas y tecnológicas, está relacionado con demandas de tipo social.

Ahora bien, en el currículo el equilibrio suele romperse a favor del primero, y las ciencias, especialmente la Física, han actuado y siguen actuando en el sistema escolar más bien como un filtro selectivo que permite el acceso sólo de un reducido grupo de estudiantes a las profesiones de elevado estatus económico y social (por ejemplo, las ingenierías).

En general, cada nivel educativo se ha preocupado en mayor medida de preparar a las y los estudiantes para las demandas del nivel siguiente (y en último término de la universidad), que de establecer unos objetivos propios. Incluso muchos de los cambios experimentados en el contenido de los currículos en los años sesenta hicieron

umentar el énfasis en la estructura del conocimiento, en los conceptos científicos, más que en los aspectos aplicados de la ciencia (Fensham, 1988).

¿Qué significa entonces proporcionar una cultura científica? En nuestra opinión hay que diferenciar esta capacitación del conjunto de la población, para permitirle controlar los avances científicos y tecnológicos, de la cultura científica de tipo académico, más centrada en las relaciones entre los conceptos científicos.

Funcionalidad de los conocimientos científicos

Es necesario proporcionar una cultura científica a las personas que no van a ser profesionales de la ciencia, y esto significa construir un conocimiento científico que sea funcional, es decir, que pueda ser aplicado a la vida real. En las situaciones reales los conocimientos de tipo conceptual y procedimental, y las actitudes se encuentran íntimamente relacionados, aunque para sistematizar la exposición, los presentaremos sucesivamente.

Para ilustrar la funcionalidad —o la falta de ella— de los conocimientos conceptuales tomaré un ejemplo de mi propia investigación sobre el aprendizaje de la selección natural. Un colega me confesó, tras leer la memoria de mi tesis, que hasta ese momento había sido lamarckista, añadiendo: “Y, en realidad, ¿tiene mucha importancia que los adolescentes sigan siendo lamarckistas?”

Efectivamente, hay muchas personas que durante toda su vida, interpretan el cambio biológico como un proceso en el que los individuos “se acostumbran” a ciertos factores del medio, y transmiten los caracteres así adquiridos a sus descendientes. Parece que esta interpretación desajustada no afecta a sus condiciones de vida ni a la sociedad.

Digo “parece” porque, en realidad, hay fenómenos como la selección de cepas de bacterias resistentes a los antibióticos, o la proliferación de variedades de insectos resistentes a los pesticidas que nos afectan a todos. Cuando una persona se automedica con antibióticos para tratar una leve infección puede estar propiciando la muerte de las bacterias vulnerables (que posiblemente podría haber combatido por otros medios) y la supervivencia de las resistentes quienes, libres de competencia, producirán más descendientes en la siguiente generación, ya que así, según el modelo darwinista, es como cambian las poblaciones —no los individuos— de seres vivos.

En una línea similar, y como solución al enorme problema que supone para los cultivos la selección de insectos mutantes resistentes a los pesticidas, se ha sugerido (Perutz, 1987) un método de control biológico, que es el empleo de estos pesticidas en concentraciones lo suficientemente bajas como para permitir que una parte de los organismos del tipo silvestre (no resistentes) sobrevivan. Así éstos, en general mejor adaptados que los mutantes, competirían con éxito con ellos, de forma que seguirían constituyendo la mayoría de la población (más pequeña que antes, pero con similares proporciones entre silvestres y resistentes) y, tras un intervalo de tiempo, el mismo producto podría volver a ser utilizado.

Sin embargo, el éxito de esta medida dependería en gran parte de que fuese comprendida y correctamente aplicada por los cultivadores, quienes en general perciben la selección de resistentes como un proceso en el que los insectos “se acostumbran” al pesticida, por lo que éste deja de hacerles efecto.

Esto significa, no que la falta de comprensión del mecanismo de selección natural sea la causa de la proliferación de mutantes, sino que su conocimiento puede ser una herramienta útil, no sólo en el diseño de estrategias para solucionar el problema, sino también en la correcta utilización de estas estrategias por parte de las personas afectadas (pacientes y cultivadores en estos casos).

De la funcionalidad de los conocimientos de tipo procedimental podrían ponerse múltiples ejemplos. Uno podría ser la capacidad de interpretar gráficas, de la que carecen muchos adultos que han superado la escolarización secundaria, hecho que posibilita la manipulación de la información, por la presentación de datos en forma que induce a engaño (Allen, 1990).

Otro caso de interpretación de datos presentados bajo determinados códigos lo constituye el desciframiento de las etiquetas de composición de productos de alimentación; por ejemplo, una mermelada se anuncia como fabricada "sólo con fruta y azúcar" aunque, leyendo la etiqueta podemos comprobar que también contiene jarabe de glucosa, y pectina (que facilita la gelificación, o, en otras palabras, permite mayor consistencia con menor proporción de fruta).

La comparación entre diferentes conservas de pescado en aceite nos hace llegar a la conclusión de que, en el lenguaje de las conservas, "aceite vegetal" significa "no-de-oliva" puesto que las latas se dividen en dos tipos, las que contienen "aceite de oliva" (por supuesto un tipo de aceite vegetal), y las que contienen "aceite vegetal" sin especificar la procedencia. Posiblemente la familiarización con estas destrezas interpretativas en la escuela sea de mayor utilidad que el aprendizaje descontextualizado de los componentes de los seres vivos o de los alimentos.

En un texto famoso Spencer argumentaba a favor de la enseñanza de las ciencias porque la ciencia es un conocimiento racional. Podría decirse que la funcionalidad de un gran número de contenidos de actitudes, valores y normas está en relación con esa pretensión de racionalizar datos u observaciones, buscando criterios de juicio que superen las impresiones personales o los impulsos emotivos.

A título de ejemplo, cualquier docente tiene múltiples experiencias de la inconsecuencia de las y los adolescentes (compartida, por otra parte, con muchas personas adultas), que son capaces de realizar agudas críticas al desinterés por el ambiente mostrado por "otros" y que se manifiesta en aspectos como vertederos incontrolados de basura o talas de bosques, al mismo tiempo que dejan el suelo del aula sembrado de papeles rotos y cáscaras de pipas. Creemos con Lucas (1980) que en temas como los ambientales quizá la forma de medir cambios de actitudes sea por cambios de comportamiento.

Decíamos al principio que los tres tipos de conocimientos están interrelacionados, y, en efecto, la participación en la toma de decisiones exige unas opiniones bien fundamentadas, así como la capacidad para discriminar entre la autoridad de distintas fuentes.

Actividad 1

Escoge un aspecto concreto de los contenidos del área de Ciencias de la Naturaleza del Real Decreto de Currículo 1345 (B. O. E., 13 de septiembre de 1991) y busca algún ejemplo que refleje la funcionalidad de los conocimientos científicos.

Actividad 2

Las dietas de adelgazamiento: redactad en pequeño grupo cinco razones a favor y cinco en contra (argumentadas).

Bibliografía: García, M. T. 1988 "Alimentación, Salud y Consumo", col. Archivo del Profesor, Recursos didácticos M. E. C. / Vicens Vives. y Grande Covián 1988 "Nutrición y Salud" Temas de Hoy, Madrid.

Las ciencias y los objetivos de la educación obligatoria

Los objetivos generales de una etapa, según figuran en el Decreto de Currículo (M. E. C. 1991) expresan las capacidades que, se espera, habrán alcanzado las alumnas y alumnos al final de la misma. Debemos suponer que entre estos objetivos y las distintas áreas se establece una relación funcional, de forma que todas ellas contribuyen a la consecución de los mismos, y que los objetivos específicos de cada área se articulan en cierta forma con ellos.

Puesto que el área de ciencias aparece por vez primera de forma independiente en la Enseñanza Secundaria Obligatoria, tomamos como ejemplo los objetivos generales de ésta para ilustrar la relación.

Por ejemplo, el objetivo 1 se refiere a la comprensión y producción de mensajes orales y escritos.

En lo que concierne al aprendizaje de las ciencias, ya hemos indicado en otro lugar (Jiménez *et al.*, 1990) que consideraríamos cubiertos en gran medida los objetivos de la enseñanza de las ciencias si las y los estudiantes fuesen capaces, al acabar la Enseñanza Secundaria, de “desempaquetar” los conceptos e implicaciones contenidos en una noticia de la prensa sobre temas científicos.

Asumir el objetivo de la comprensión de textos —por mencionar este aspecto, de menor complejidad que la redacción— como parte de la enseñanza de las ciencias, significa en primer lugar plantearlo como un objetivo del área, y no dar por supuesto que compete sólo a la de Lengua, y en segundo lugar ser conscientes de los problemas específicos que entraña la comprensión de los textos de ciencias (Otero, 1990) y tenerlos en cuenta al planificar la instrucción.

¿Qué aportan de específico las ciencias a estos fines generales? Phenix señala tres aspectos: conocimientos específicos, estructura lógica de este conocimiento y criterios de comprobación (incluyendo técnicas para conseguir la información precisa).

En resumen, la formación de personas científicamente cultas, es decir, capaces de aplicar los conocimientos científicos a la interpretación de la realidad, es uno de los objetivos de la enseñanza; esta cultura científica es parte integrante de la formación que pretende la educación obligatoria.

Actividad 3

Sobre los objetivos generales de la etapa que aparecen en el Decreto de Currículo escoged uno en el grupo y relacionarlo con algunas contribuciones del área de ciencias.

Bibliografía de ampliación

GIORDAN, A. (1982): *La Enseñanza de las Ciencias*. Pablo del Río. Siglo XXI: Editorial Madrid.

Los capítulos 1 y 2 de este texto —ya un clásico en la Didáctica de las Ciencias— contienen reflexiones de gran utilidad sobre el papel de la enseñanza de las ciencias en relación con el conocimiento científico.

HARLEN, W. (1989): *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: M. E. C./Morata.

Aunque este interesante libro está orientado específicamente hacia la Enseñanza Primaria (como consta en su título en inglés), el capítulo 1 (“Las ciencias como parte esencial de la educación infantil”) resulta en gran medida aplicable a la Enseñanza Secundaria Obligatoria. El hecho de que las ciencias no hayan figurado siempre en los programas de Primaria, y las reticencias que despierta su introducción, llevan a la autora a justificar su papel en la educación, con argumentos que, en nuestra opinión, pueden resultar también válidos en Secundaria.

LANCIANO, N. (1989): Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, n.º 2 pp. 173-182.

Este artículo puede ilustrar lo que significa la funcionalidad de los conocimientos científicos, en este caso en la interpretación de las observaciones del cielo, estrellas y planetas y en concreto de los movimientos de la Tierra y el Sol.

Para Nicoletta Lanciano no hay contradicción entre enseñar el modelo de Tolomeo —presente por otra parte en el lenguaje cotidiano en expresiones como “el sol sale por el Este”— y la comprensión del modelo copernicano. La autora indica que no cabe en este caso realizar “experimentos” que evidencien lo incorrecto del primer modelo, y critica los libros de texto, en los que no suelen figurar propuestas directas de observación del cielo, ni referencias a las observaciones de los propios estudiantes.

LEWONTIN, R. C.; ROSE, S., y KAMIN, L. (1987): *No está en los genes: Racismo, genética e ideología*. Barcelona: Crítica.

En nuestra opinión, este libro escrito por biólogos entre los que se encuentra el célebre genético Lewontin, constituye un buen ejemplo de utilización de los conocimientos científicos en este caso con respecto a actitudes y valores.

En él se realiza un detallado análisis de la supuesta “base” científica del racismo, el sexismo, las posiciones deterministas respecto a la inteligencia, etc., mostrando cómo en la mayoría de los casos su fundamento es en gran medida ideológico.

OTERO, J. (1990): Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, n.º 1 pp. 17-22.

Este artículo de José Otero, pionero en las investigaciones sobre aprendizaje de las ciencias en España, da cuenta de algunos de sus trabajos sobre una reciente línea de estudio, la comprensión de los textos científicos.

cos; en concreto sobre dos aspectos específicos: el papel de los conocimientos y esquemas que ya posee la persona que aprende, y la importancia de la activación de los esquemas relevantes por un lado; por otro, el control de la propia comprensión por parte del sujeto que aprende, por ejemplo, si él o ella se da cuenta de que no aprende.

Referencias bibliográficas

ALLEN, J. (1990): *El hombre anumérico*. Barcelona: Tusquets.

FENSHAM, P. (1988): Familiar but Different: some Dilemmas and New directions in Science Education. En Fensham (ed). *Development and Dilemmas in Science Education*. London: The Falmer Press.

JIMÉNEZ, M. P.; LORENZO, F. M., y OTERO, L. (1991): Secuenciación del área de Ciencias de la Naturaleza (Secundaria Obligatoria) M. E. C. (en prensa).

LUCAS, A. M. (1980): Science and Environmental Education: pious hopes, self-praise and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education*, vol. 7, pp. 1-26.

M. E. C. (1991): *Diseño Curricular Base*.

PERUTZ, M. (1987): The impact of Science on Society, en Lewis J. & Kelly P. J. (eds). *Science and technology, Education and Future Human Needs*. Oxford: Pergamon Press.

2

El papel de la Ciencia en la escuela

Si en la investigación en Didáctica de Ciencias, y en general en Educación, puede existir consenso acerca de que las Ciencias realizan una contribución sustancial a los fines de la educación, e incluso un cierto acuerdo en cuanto a las líneas principales de esta contribución, mucho más polémica resulta la relación que se establece entre la "Ciencia" (entendida en cuanto conocimiento científico y en cuanto investigación) y la enseñanza de las Ciencias en la educación primaria y secundaria.

Abordaremos esta cuestión, tras referirnos brevemente a la pertinencia de contar con las Ciencias, en cuanto disciplinas, entre las fuentes del currículo, analizando por un lado las relaciones entre la Filosofía de la Ciencia y el currículo de Ciencias, y por otro entre la investigación y la forma de plantear la enseñanza de las Ciencias.

Las ciencias entre las fuentes del currículo

Como indica Coll (1986) las distintas fuentes del currículo —psicológicas, sociológicas, epistemológicas y la propia práctica educativa— aportan informaciones necesarias para desarrollarlo. En esta complementariedad, el análisis epistemológico de las disciplinas contribuye con un aspecto tan importante como es el conocimiento de la estructura interna de las propias disciplinas, las relaciones entre sus elementos, en definitiva, la lógica disciplinar.

Actividad 4

¿Es importante la lógica de la disciplina? (A partir del cuestionario de Nieda 1988)

— *Calificad individualmente cada una de las competencias del profesorado de Ciencias que figuran en el anexo 1, como:*

<i>No Deseable</i>	<i>Indiferente</i>	<i>Importante</i>	<i>Esencial</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>

— *Recoged las hojas, barajadlas y repartidlas de nuevo. Seleccionad algunas y haced la media de las puntuaciones.*

— *Discutid los resultados y comparadlos con los que figuran en la investigación citada (Nieda 1988).*

En general, entre el profesorado de Ciencias de Secundaria, existe la convicción de que la disciplina es una fuente muy importante —si no la única— del currículo. Como muestra el trabajo de Nieda (1988) en el que se investigan las competencias y características que el propio profesorado considera esenciales, los docentes de Bachillerato sólo consideran “esenciales” dos de las 23 en proporción mayor al 50%:

- “Presenta las ideas organizadamente” y
- “Conoce la disciplina”

mientras que entre las menos citadas aparecen “conoce y usa la Psicología del Aprendizaje” (que un 20% incluso considera indiferente o no deseable), “enseña Filosofía e Historia de la Ciencia” y “se relaciona cordialmente con padres y alumnos”.

Según esto, para un buen número de docentes, la importancia del conocimiento de su disciplina es algo evidente (incluso si no tienen en cuenta otras fuentes del currículo).

Podríamos preguntarnos entonces si el análisis de la estructura de la disciplina ha tenido reflejo en el currículo de Ciencias, o, en otras palabras, si existe coherencia entre la producción del conocimiento científico y la forma en que este conocimiento se reconstruye en situación escolar. Como veremos en los siguientes apartados, para algunos autores (por ejemplo, Gil, 1986; Hodson, 1988) no sucede así, y por otra parte, autores como Halbwachs (1983) ponen en duda que esta correspondencia deba ser muy estrecha.

La relación entre la estructura lógica de la disciplina y la estructura psicológica —la forma como se aprenden las cosas— ha sido abordada por Ausubel, *et al.* (1978), quienes consideran indispensable el dominio de la primera para planificar actividades tendentes al aprendizaje significativo. Sin embargo, en la actual formación del profesorado apenas se tiene en cuenta la relevancia de este conocimiento de la disciplina desde el punto de vista epistemológico.

Las licenciaturas de Ciencias —en las que se adquiere el componente disciplinar— constituyen más bien una yuxtaposición de campos de estudio, y no está prevista, a no ser que algún profesor la aborde de forma voluntaria, una meta-

rreflexión de este carácter. Incluso una materia como la Historia de la Ciencia, que sería de gran utilidad en este aspecto, está presente sólo en algunos programas como en el caso de la Facultad de Biología de Madrid (Complutense). En las únicas Facultades donde de forma generalizada se cursa Historia de la Ciencia es en las de Medicina.

El análisis de los conceptos estructurantes (Gagliardi 1986) de cada disciplina se convierte así en una tarea que cada docente debe abordar de forma personal. Como señala Otero (1989) en un interesante artículo dedicado a esta cuestión, se presta muy poca atención a la naturaleza del conocimiento científico que se enseña, considerando su estructura conceptual como algo inamovible, y presentando las formulaciones de la Ciencia como inmutables. Otero indica que estos problemas tienen relación con las diferencias entre la producción (creación de ideas científicas) y la presentación (comunicación pública o enseñanza) del conocimiento científico.

La ciencia pública, que se enseña —también llamada “ciencia escolar”— es una reformulación de la ciencia privada o “ciencia de los científicos”. En la ciencia escolar suelen presentarse fenómenos que pueden ser interpretados (y de hecho lo fueron) de muchas maneras, como prueba de una sola interpretación.

Por otra parte la ciencia escolar presenta el contenido conceptual de la ciencia como conclusiones, sin relación con los problemas a los que esas ideas o conceptos dieron solución. En otras palabras, se están suministrando a las y los estudiantes respuestas, pero no se les indican las preguntas. Para Otero este tipo de enseñanza contribuye a hacer más arbitrario el aprendizaje de contenidos conceptuales, y propone introducir los problemas, hacer patente la “lógica” que dió lugar al nuevo concepto, como una forma de favorecer el aprendizaje significativo, es decir aquél en que las conexiones entre ideas se establecen de manera no arbitraria.

La tarea de relacionar los conceptos que se enseñan en la educación obligatoria con los problemas que los originaron no es sencilla. En la Historia de la Biología, Giordan (1988) ha realizado una interesante revisión de esta cuestión, referida a determinados conceptos.

Actividad 5

Tratad de formular los problemas que estuvieron en el origen de los conceptos o teorías indicados:

<i>Científico</i>	<i>teoría</i>	<i>problema</i>
<i>Darwin</i>	<i>Selección Natural</i>	<i>¿Cómo se originaron los distintos tipos de seres vivos?</i>
<i>Lavoisier</i>	<i>Ley de Conservación de la masa</i>	
<i>Mendel</i>	<i>Herencia biológica</i>	
<i>Clausius/Kelvin-Planck</i>	<i>2.º Principio Termodinámica</i>	
<i>Pasteur</i>	<i>Fermentación</i>	
<i>Newton</i>	<i>Ley de la gravitación universal</i>	

Otra dimensión de las relaciones entre la Ciencia en desarrollo y el currículo de Ciencias es la existente entre la Filosofía de la Ciencia y el propio currículo.

Filosofía de la Ciencia y currículo de Ciencias

Aunque no cabe un isomorfismo entre la construcción del conocimiento científico en sentido estricto, y el aprendizaje o reconstrucción de conceptos científicos en situación escolar, es evidente que las diferentes concepciones —sean explícitas o implícitas— de cómo se elaboran los conocimientos influyen decisivamente en los distintos modelos de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias.

Como han señalado diferentes autores (Cleminson, 1990; Gil, 1986; Hodson, 1988) la enseñanza de las Ciencias ha atravesado diversas etapas en cuanto a las ideas filosóficas en que se fundamenta:

- Hasta los años 50 la enseñanza de las Ciencias gravitaba casi exclusivamente sobre los contenidos, en relación con un modelo filosófico en el que la Ciencia era un cuerpo cerrado de conocimientos, de verdades incontrovertibles.
- A partir de los años 60, en parte como reacción a esta enseñanza centrada en los contenidos, surge una corriente que toma como eje los procesos, o métodos de la Ciencia. Este enfoque está en relación con una concepción inductivista del trabajo científico, en la que se sobrevalora la observación.

Estas ideas siguen teniendo gran influencia en la enseñanza de las Ciencias, a pesar de que como indica Hodson (1988) han sido fuertemente criticadas desde la Filosofía de la Ciencia. Revisaremos brevemente algunas de las concepciones que caracterizan al empirismo o inductivismo, tal como influye en la enseñanza de las Ciencias y las críticas realizadas al mismo.

Para los empiristas la **experiencia** es la fuente del conocimiento científico, y el comienzo de la actividad científica se relaciona con la observación. El empirismo se origina con Bacon, en el siglo xvi. Un ejemplo de esta confianza en la experiencia es el lema de la célebre sociedad científica Royal Society de Londres fundada en 1660: "*Nullius in Verba*" es decir, "En la palabra de nadie", para indicar que sin la experimentación ninguna autoridad resultaba suficiente.

Aún en el siglo xix, un científico de la talla de Kelvin desconfiaba de las hipótesis, ya que, en su opinión, carecían de pruebas empíricas directas. Para Kelvin la verdad se fundaba en la percepción sensible, más que en la construcción mental. (En parte debido a esto, Kelvin fue uno de los opositores a la gran construcción teórica darwinista). En el siglo xx el empirismo recibió un apoyo considerable por parte del Círculo de Viena.

La imagen de la Ciencia que se transmite a través de los textos y de la metodología empleada en clase (Gil, 1986), es la que sitúa la observación en la base de la actividad científica. Por esto no resulta sorprendente que, al leer un trabajo científico, tanto los estudiantes de C. O. U. y universidad, como los profesores en formación, presten más atención a cuestiones como el control de la polinización, o los cruces recíprocos, y muy pocos mencionen la formulación del problema, y la hipótesis de trabajo de Mendel: que existían relaciones numéricas entre las distintas formas en que aparecen los híbridos de un cruce (Jiménez y Fernández, 1987). Más aún, al discutir esta cuestión, algunas personas ponían en duda que pudiese tener una hipótesis "antes de llevar a cabo los experimentos".

Una interesante crítica al empirismo del siglo xx es la de Bachelard, quien en 1938 insistió en que "*todo conocimiento es una respuesta a una pregunta*", subrayando el carácter de la Ciencia como respuesta a problemas, y acuñó la noción de **obstáculo epistemológico**, interno a la propia elaboración del conocimiento científico, ya que "se conoce contra un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal hechos".

Algunas de las críticas realizadas a la versión ingenua del empirismo, más frecuente actualmente en su versión científica que como escuela filosófica, se pueden resumir en:

- Frente a la idea de que la observación forma la base de la que se derivan leyes y teorías, autores como Popper o Kuhn (1971) señalan que la observación depende de las **teorías**. Las teorías son construcciones humanas, conjeturas que han de ser comprobadas —o refutadas, *falsadas* en términos de Popper— por la observación y la experimentación. Para Kuhn, en todo caso, una teoría no se abandona por el surgimiento de ejemplos que puedan falsarla, sino cuando triunfa un nuevo paradigma sobre el anterior.

Actividad 6

Lectura de un extracto del artículo original de Mendel (en Jiménez y Fernández 1987, anexo 2)

- Señalad los aspectos de la metodología científica que el propio Mendel cita en el texto.
- Comparad los resultados con los mencionados en este trabajo.

Actividad 7

El descubrimiento de la penicilina por Fleming

- En 1906 Fleming empezó a trabajar en el “Departamento de Inoculación” del Hospital de Saint Mary, donde el equipo, dirigido por Wright, pretendía encontrar vacunas para las enfermedades infecciosas.
- Otra alternativa para tratar infecciones eran ciertos compuestos químicos (quimioterapia). Durante la guerra de 1914-1918, Fleming observó que las defensas naturales del organismo (leucocitos, pus) actuaban mejor en ausencia de antisépticos, y destruían más bacterias.
- En 1921 descubre la presencia de un bactericida natural, la lisozima, en la saliva, lágrimas, etc., que protege de muchos gérmenes (los “no patógenos”).
- En 1928, mientras preparaba un trabajo sobre los estafilococos observó que en un cultivo había crecido un moho, y alrededor habían desaparecido las bacterias.

El moho era Penicillium, y la sustancia producida por él —que Fleming llamó Penicilina— es el antibiótico más efectivo contra un buen número de bacterias.

Teniendo en cuenta estos datos, y que el cultivo fue contaminado por el moho por casualidad. ¿Creéis adecuado decir que Fleming descubrió la penicilina por azar? Argumentad las respuestas.

Kuhn aduce algunos ejemplos en los que observaciones incompatibles con una teoría determinada se solucionaron, no con el abandono de ésta, sino modificándola para eliminar el conflicto, o rechazando la observación, como sucedió con el tamaño aparente de Venus que cuestionaba el modelo copernicano.

Podemos añadir otros ejemplos del importante papel de los marcos teóricos: como indica Hawking (1988) la creencia de Einstein en un universo estático le llevó a realizar una modificación de la teoría de la relatividad, ya que ésta conducía a un universo en expansión.

Cuando fueron descritos por vez primera los monotremas (mamíferos ovíparos, equidna y ornitorrinco), destacados naturalistas como Richard Owen se resistían a aceptar que hubiese mamíferos que pusiesen huevos, y creían que eran ovovivíparos (que se desarrollaban en un huevo, pero dentro del útero). En 1864 un ornitorrinco cautivo puso dos huevos. Pues bien, Owen afirmó que el animal había “abortado” debido al estrés de la cautividad, y la teoría del ovoviviparismo persistió otros 20 años (Rismiller y Seymour, 1991).

- En cuanto a la fiabilidad de los datos proporcionados por los sentidos —o a través de determinados instrumentos—, como indica Chalmers (1984) las observaciones de una persona no son un fiel reflejo de la realidad, sino que están condicionadas por su experiencia anterior, sus conocimientos y expectativas. En otras palabras, los datos proporcionados por los sentidos no son “objetivos”, y por ello no suministran una base segura para la construcción del conocimiento.

Como ejemplo de las limitaciones impuestas a la observación por las expectativas Kuhn describe un experimento en el que se pedía a unos sujetos que identificasen cartas de una baraja. Aunque entre las cartas había algunas “anómalas” (como un seis de picas rojo o un cuatro de corazones negro), los entrevistados las identificaron como si fuesen normales.

Como resumen de estas críticas —referidas especialmente al inductivismo ingenuo— se podría decir que las observaciones se describen siempre en el lenguaje de alguna teoría, de ahí que se hable de **anteojos conceptuales**, que se interpondrían entre el observador y el mundo observado.

- Un aspecto de este empirismo esquemático que ha tenido especial relevancia para la enseñanza de las Ciencias, es la caracterización de la actividad científica por su forma de trabajo, el “método científico”, que para las versiones más esquemáticas del empirismo sería un conjunto de reglas fijas, de aplicabilidad universal, para observar fenómenos e inferir conclusiones a partir de ellos.

Algunas críticas a estas concepciones son las de Feyerabend, quien muestra que la idea de un método que contiene principios inamovibles no concuerda con los resultados de las investigaciones históricas; o la de Bunge, quien subraya que más que recetas para investigar existen estrategias de investigación, cuyo aprendizaje sólo es posible viviéndolas, es decir investigando.

Aunque la conclusión de Feyerabend de que no hay método, y de que el único principio válido es que “todo vale”, es muy discutible. Sí existe mayor consenso en cuanto a la ausencia de reglas o normas que por sí mismas validen el conocimiento científico. Hay que señalar que la polémica empirismo *versus* racionalismo va más allá de las cuestiones de método.

Este papel preponderante asignado por el empirismo a la metodología llevó a que las corrientes educativas basadas en estas ideas considerasen que aprender ciencias era, sobre todo, dominar las destrezas o procesos del método científico, independientemente del contenido sobre el que se realizasen.

En resumen podemos señalar que diferentes corrientes dentro de la Filosofía de la Ciencia coinciden en señalar la importancia de los marcos teóricos en la interpretación de los datos de los sentidos, aunque pese a ello, la enseñanza transmite en muchos casos una imagen del trabajo científico como si estuviese basado casi exclusivamente en la experimentación y la observación.

En el próximo apartado trataremos de otro modelo de enseñanza de las ciencias, la perspectiva constructivista, que se basa, tanto en estas nuevas corrientes filosóficas, como en los enfoques cognitivos en Psicología, y en los resultados de las investigaciones sobre las ideas de las y los estudiantes.

La “ciencia de los científicos”, la “ciencia escolar” y la “ciencia infantil”

La perspectiva constructivista contempla el aprendizaje de las ciencias como una reconstrucción de los conocimientos por parte de la persona que aprende. El análisis de esta perspectiva como modelo didáctico se realiza en el módulo de Didáctica de Ciencias, y nos referiremos aquí únicamente a dos aspectos: su relación con algunas corrientes en Filosofía de la Ciencia, y las distinciones que cabe establecer entre estas ciencias enseñadas en la escuela y las Ciencias como campo de investigación por un lado, y por otro, las ideas científicas de las y los estudiantes.

Quizá una de las obras que más ha influido en la enseñanza de las Ciencias en los últimos años, en lo referente a aspectos epistemológicos, ha sido la de Thomas Kuhn (1971), quien asigna un papel fundamental en la construcción del conocimiento científico a los **paradigmas**, es decir modelos y concepciones teóricas compartidos por una comunidad científica.

Para Kuhn el paradigma determina tanto los problemas a investigar como los métodos a aplicar. Una de sus tesis principales es que el cambio de paradigma —que él denomina revolución científica— se produce cuando aparece uno mejor, con mayor capacidad explicativa, capaz de resolver problemas que el antiguo no solucionaba, lo que supone el abandono de éste.

También han influido en el surgimiento del modelo constructivista las posiciones de Lakatos, para quien lo que compete en la investigación científica son programas de investigación rivales, más que paradigmas, y las de Toulmin (1977) quien se ha interesado no sólo por el cambio conceptual, sino también por la continuidad o estabilidad de las ideas a lo largo de la Historia de la Ciencia. Toulmin indica que una teoría del desarrollo conceptual debe explicar ambas cosas, igual que la teoría darwinista explica no sólo el cambio de las especies, sino también su continuidad.

Hay grandes diferencias entre Kuhn y Lakatos, hasta el punto de que sus posiciones han sido adscritas respectivamente al relativismo y al racionalismo (Chalmers, 1984), y también Toulmin realiza extensas críticas a Kuhn, pero lo que interesa subrayar aquí es lo que comparten sus teorías, en cuanto a la comparación que se podría establecer entre la sustitución de un paradigma —o programa de investigación, o concepto— por otro en la comunidad científica, y el cambio de las concepciones de la persona que aprende en la enseñanza (en el módulo de Didáctica de Ciencias se discute el alcance de esta comparación). Una crítica reciente, tanto a la epistemología de Kuhn, como a la de Lakatos, es la realizada por Duschl y Gitomer (1991), para quienes representa un modelo muy jerarquizado; estos autores, siguiendo a Laudan, proponen un modelo de suma de cambios parciales.

Dejando a un lado estas diferencias, las implicaciones para la enseñanza de las ciencias se refieren a la imagen de la ciencia que recorre sus teorías, y que podríamos resumir como:

- En cuanto al estatus cognitivo de leyes y principios científicos, el conocimiento científico está compuesto de especulaciones humanas (modelos o interpretaciones del mundo) y de pautas, de sucesos con existencia ontológica que estos modelos deben explicar (Hodson, 1988), es decir que no es un “fiel reflejo de la realidad”.
- El conocimiento científico tiene carácter provisional, ya que los modelos, lejos de permanecer estables, se modifican, cambian a lo largo del tiempo.

Las investigaciones sobre las ideas de las y los estudiantes vinieron a converger con estas teorías en un nuevo modelo de aprendizaje, ya que si hay ideas alternativas que siguen manteniéndose a pesar de la instrucción escolar —e incluso habiendo realizado experimentos que las “contradicen”— esto se puede interpretar en términos de que sus observaciones están condicionadas por sus propias “teorías” o “modelos” de cómo funciona el mundo. Esta analogía ha suscitado algunas cuestiones relevantes para el aprendizaje de las Ciencias, por ejemplo que los estudiantes tienen sus propias ideas acerca de muchos fenómenos naturales, y ha incitado a buscar formas eficaces para conseguir que evolucionen o se modifiquen.

Estas ideas de las y los estudiantes han sido llamadas por algunos autores “ciencia infantil”. En Driver, *et al.* (1989) se discuten algunas de las diferencias que presentan estos “modelos” o “ideas alternativas” con las aceptadas por la comunidad científica. Habiendo un apartado en el módulo de Didáctica de Ciencias dedicado a ellas, no nos detendremos aquí a discutir las.

Sin embargo, parece en ocasiones que se da por supuesto que la ciencia que se enseña en la escuela —y que llamaremos “ciencia escolar”— es idéntica a la ciencia entendida como campo de investigación, que llamaremos “Ciencia de los científicos” siguiendo la nomenclatura de Halbwachs (1983). En nuestra opinión esto no es así, y no sólo porque la primera constituye una versión necesariamente simplificada de la segunda, ni porque los avances y descubrimientos que se producen en un campo tardan un tiempo —a veces demasiado largo— en llegar a la ciencia escolar. Aun cuando en la enseñanza se reprodujesen de forma fiel los modelos científicos, y apenas se produjese retraso en adecuar los programas a los nuevos hallazgos, subsistirían una serie de diferencias que hemos esquematizado en el cuadro 3.

CIENCIA DE LOS CIENTÍFICOS	CIENCIA ESCOLAR
Resolver problemas nuevos (construir nuevos conocimientos)	Interpretar el mundo en que vive (reconstruir los conocimientos)
Globalizar (como punto de llegada)	Globalizar (como punto de partida)
Origen del cambio: interno	Origen del cambio: externo
Apropiación del nuevo significado	Apropiación del significado
Especializada	Reestructurar disciplinas

Cuadro 3. Algunas diferencias entre la ciencia de los científicos y la ciencia escolar

- Respecto a la interpretación de sucesos o fenómenos, la ciencia, en el contexto de producción, tiene por objeto explicar los que aún no lo están, es decir, resolver nuevos problemas o **construir** nuevos conocimientos; mientras que la Ciencia escolar proporciona herramientas —conceptuales o de otro tipo— para la interpretación del mundo, haciendo posible la **reconstrucción** de estos conocimientos.
- Respecto al conjunto de la comunidad implicada, en la ciencia de los científicos se trata de apropiarse del nuevo significado o la nueva explicación; mientras que en la escolar se trata de que las y los estudiantes se apropien de este significado (también nuevo para ellos) teniendo en cuenta para ello las dificultades que esta apropiación encontró en la comunidad científica, que ya son conocidas.
- Respecto al origen de este cambio conceptual, en la comunidad científica el cambio se origina en su propio interior, a propuesta de parte de ella; mientras que en el aula el origen del cambio es, en cierta forma, externo en las actividades propuestas por el o la docente o por los materiales curriculares utilizados, aunque por supuesto este cambio tiene un carácter personal en los esquemas de pensamiento de cada persona.
- Respecto a la globalización que tanto en un caso como en otro se realiza a veces de aspectos provenientes de distintas disciplinas, en el primer caso constituye más bien un punto de encuentro, y en el segundo puede ser un punto de partida para el aprendizaje.
- En cuanto a delimitar las disciplinas, aspecto al que nos hemos referido con detalle en otro lugar (Jiménez, *et al.* 1991), en la Ciencia, como campo de estudio e investigación, hay una especialización en dominios muy restringidos (un especialista en virus puede desconocer la mayor parte de lo que se hace en Ecología); mientras que en la escuela es necesario proceder a una reestructuración de las disciplinas, que agrupe campos que coincidan en cuanto a los objetivos educativos.

No pretendemos, al señalar estas diferencias, quitar a la ciencia escolar su carácter "científico", al contrario, las dificultades que entraña enseñar esa ciencia en versión escolar son muchas y muy específicas. Se trata, únicamente, de no confundir las características de una y otra al compararlas con la ciencia infantil.

Por último, y en cierta medida como un aspecto más de estas diferencias, nos referiremos a la investigación en uno y otro caso.

Investigación en el aula

El modelo del profesor como investigador en el aula y del desarrollo del currículo como investigación se debe a *Stenhouse (1984)*, quien señala que el desarrollo del currículo suele ser considerado más como una oferta de soluciones que como una exploración de problemas, y propone concebirlo más como un tanteo o **exploración de hipótesis** que como recomendaciones o propuestas.

Para Stenhouse esta investigación y desarrollo curricular corresponden al docente, estando siempre este papel como investigador estrechamente relacionado con su papel como enseñante. Este tipo de investigación, vinculada a la práctica educativa, y que pretende transformarla al mismo tiempo que la estudia ha sido denominada **investigación-acción**.

Entre las características de estos profesores investigadores se encuentran, según Stenhouse, el interés por cuestionar y comprobar la teoría en la práctica, y el compromiso y la destreza para estudiar sistemáticamente su propia forma de enseñar. El siguiente paso es la comunicación entre docentes y el análisis de los estudios de casos en busca de tendencias generales.

Esta línea de trabajo ofrece perspectivas muy prometedoras —si consiguen superarse algunas dificultades que el propio Stenhouse señala— especialmente para la conexión de la investigación educativa y el trabajo de aula. En cuanto a la enseñanza de las ciencias, nos referiremos a continuación a las propuestas que ven al alumno como investigador, dando al propio aprendizaje de las ciencias el carácter de una investigación.

Gil y M. Torregrosa (1987) proponen, como concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias, los **programas-guía de actividades**, que responden al principio que llaman investigación dirigida. Para estos autores hay que colocar a los estudiantes en una situación por la que los científicos pasan durante su formación: la de incorporación a un equipo en la que el docente actúa como director de la investigación. Así replicarán investigaciones y abordarán problemas que harán posible la construcción de conocimientos por sí mismos. Es ésta una propuesta muy sugerente, y sin duda la investigación dirigida es una de las formas de aprendizaje de las ciencias.

En último lugar queremos señalar que, sin olvidar las nuevas perspectivas que abren estas propuestas que hacen del aula un lugar de investigación (educativa), también es necesario diferenciar el tipo de exploración que se realiza, por ejemplo, al replicar una experiencia en clase de Ciencias, o en una investigación dirigida, de la investigación científica en un campo nuevo. Como indican Lucas y García Rodeja (1990) no se deben extraer conclusiones de forma simplista de estos experimentos de aula. En la clase de Ciencias las experiencias son utilizadas bien para ilustrar un concepto o fenómeno, bien para que las y los estudiantes lleguen a determinadas conclusiones "descubriendo" una explicación.

Ahora bien, Lucas y García Rodeja señalan que, aunque la mayor parte de estas experiencias se prestan a varias interpretaciones alternativas, en clase suele operarse como si sólo existiese una posible —precisamente la que pretende el docente—, insistiendo en la importancia de tenerlas todas en cuenta. También hacen notar que es importante distinguir las verdaderas investigaciones (en las que tanto el docente como las y los estudiantes desconocen de antemano los resultados), de las demostraciones o experiencias en las que el docente conoce *a priori* la explicación. No hacerlo así contribuye a confusiones sobre la naturaleza de la investigación y la comprobación científicas.

Bibliografía de ampliación

CHALMERS, A. (1984): *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

Escrito en un estilo muy ameno, este libro presenta algunas de las perspectivas actuales sobre la naturaleza de la Ciencia, resumiendo en primer lugar las críticas al inductivismo ingenuo, y repasando a continuación las teorías de Kuhn, Lakatos, Popper, Feyerabend, etc.

GIL PÉREZ, D., y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987): Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, n.º 3, pp. 3-12.

Los autores, que han contribuido en gran medida a la difusión del modelo constructivista en España, presentan aquí su propuesta de programas-guía, actividades que responden al principio de investigación dirigida, con el objetivo de que los estudiantes construyan sus propios conocimientos.

GIORDAN, A. (coord) (1988): *Conceptos de Biología*. Barcelona: Labor / M. E. C..

Este libro en dos volúmenes —cuyo título original es “Historia de la Biología”— repasa el surgimiento de una serie de conceptos biológicos, desde la perspectiva no sólo de “qué vieron”, sino también “cómo lo interpretaron” y “qué se preguntaban”. Rompe con algunos mitos extendidos, y no pierde de vista en ningún momento las implicaciones didácticas de las cuestiones discutidas.

LUCAS, A. M., y GARCÍA-RODEJA, I. (1990): Contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos realizados en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, n.º 1, pp. 11-16.

Trabajo muy sugerente, en el que sus autores, además de criticar el comportamiento esquemático que se sigue en clase con las experiencias, suministran una serie de ejemplos de experimentos que se prestan a varias interpretaciones.

STENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del currículo*. Madrid: Morata.

Un clásico sobre el modelo de profesor como investigador en el aula. Especialmente interesantes son los capítulos IX (Hacia un modelo de investigación), X (El profesor como investigador) y XI (La escuela y la innovación).

Referencias bibliográficas

AUSUBEL, D.; NOVAK, J., y HANESIAN, H. (1978): *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

CLEMINSON, A. (1990): Establishing an epistemological basis for Science Teaching in the light of contemporary notions of the nature of Science and of how children learn Science. *Journal of Research in Science Teaching* vol. 27 (5), pp. 429-445.

COLL, C. (1986): *Marc curricular per a L'ensenyament obligatori*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Dept. d'Ensenyament.

-
- DRIVER, R.; GUESNE, E., y THIBERGIEN, A. (1989) (eds.): *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Mota/M. E. C..
- DUSCHL, R. A., y GITOMER, D. H.: "Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*" vol. 28 (9), pp. 839-858.
- GAGLIARDI, R. (1986): Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 30-35.
- GIL PÉREZ, D. (1986): La Metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp. 111-121.
- HALBAWCHS, F. (1983): La física del profesor, entre la física del físico y la física del alumno, en Coll. (comp.) *Psicología Genética y aprendizajes escolares*. Madrid: Siglo XXI.
- HAWKING, S. (1988): *Historia del tiempo*. Barcelona: Crítica.
- HODSON, D. (1988): Toward a Philosophically more valid Science currículum. *Science Education*, vol. 72 (1), pp. 19-40.
- JIMÉNEZ, M. P., y FERNÁNDEZ, J. (1987): El "desconocido" artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, vol 5 (3), pp. 239-246.
- JIMÉNEZ, M. P., GARCÍA-RODEJA, I., y LORENZO, F. (1991): Pero ¿Existe el área de ciencias? *Cuadernos de Pedagogía*, 188, pp. 64-66.
- KUHN, T. (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- NIEDA, J. (coord) (1988.): *Identificación del comportamiento y características deseables del profesor de Ciencias Experimentales de Bachillerato*. Madrid: C. I. D. E., colección Investigación, n.º 21.
- OTERO, J. (1989): La producción y la comprensión de la ciencia: la elaboración en el aprendizaje de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7 (3), pp. 223-228.
- RISMILLER, P., y SEYMOUR, R. (1991): El equidna. *Investigación y Ciencia*, n.º 175, pp. 60-67.
- TOULMIN, S. (1977): *La comprensión humana*. Madrid: Alianza Universidad.

3

Ciencia y tecnología como construcciones sociales

Las nuevas corrientes filosóficas han llevado a un replanteamiento de la imagen de la Ciencia, no sólo en cuanto a las relaciones entre la experiencia y los marcos teóricos o a sus métodos de trabajo, sino también a su relación con la sociedad en que se desarrolla.

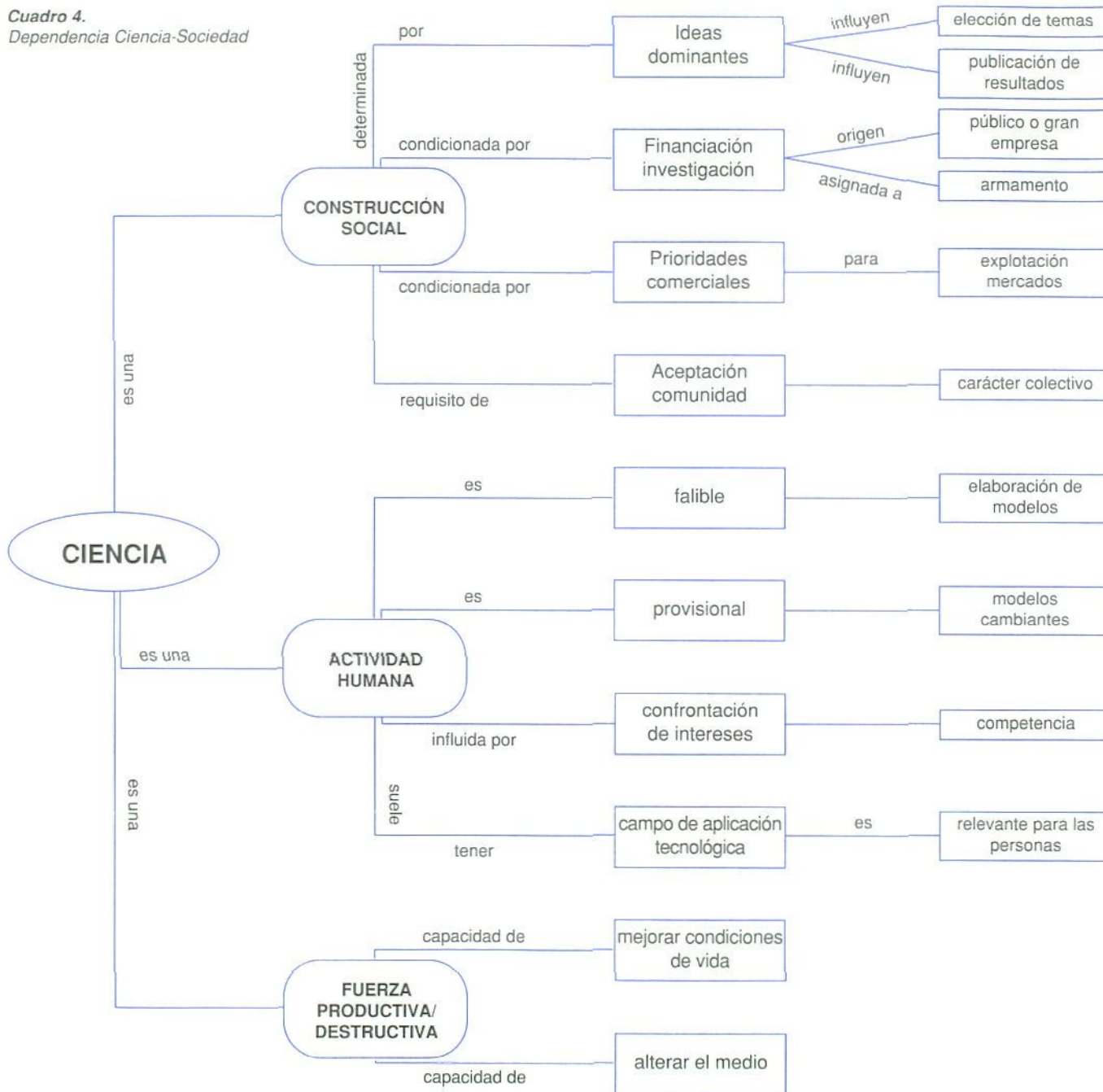
La imagen de una ciencia neutral, objetiva, guiada sólo por la búsqueda de la verdad, imparcial e independiente de los poderes políticos y económicos ha dejado paso a otra, en la que la Ciencia, como **actividad humana** que es, aparece sometida a determinados condicionantes (Jiménez y Otero, 1990), y por su carácter de **construcción social** está determinada en diversas formas por la sociedad en que se desarrolla (cuadro 4).

Discutiremos las relaciones entre la actividad científica, las aplicaciones tecnológicas, sus condicionantes y su impacto en la sociedad, comenzando por referirnos al marco social del trabajo científico, para continuar con el análisis de la Ciencia como fuerza productiva/destructiva (Solbes y Vilches, 1989) y tratar después algunos ejemplos de relevancia para el currículo de Ciencias en Secundaria.

¿Es neutral la Ciencia? El marco social de la actividad científica

Al decir que la Ciencia no es neutral queremos indicar que su desarrollo está condicionado, por la sociedad en que se desenvuelve, por una serie de factores, algunos de los cuales son:

Cuadro 4.
Dependencia Ciencia-Sociedad



- **Financiación:** la investigación científica en la actualidad es muy costosa, y se lleva a cabo en el seno de equipos que, en su inmensa mayoría reciben financiación, bien de fondos públicos de la administración, bien de las grandes empresas (por ejemplo la industria eléctrica, farmacéutica, etc.); esto significa que una actividad científica aislada y sin recursos es totalmente excepcional, y en muchos campos imposible.

Esta situación pone en cuestión la independencia de las personas que trabajan para las empresas; por ejemplo, los informes de las compañías eléctricas sólo destacan las ventajas de la energía nuclear y no sus peligros.

La asignación de fondos de investigación a unos u otros proyectos no se hace sólo con criterios inherentes al desarrollo científico, sino que intervienen otros ajenos a él. Así, la mayor parte de los presupuestos dedicados a la investigación en Física en todo el mundo se asignan a la investigación en armamento (en España superaron por vez primera en 1989 el 50% de los fondos de investigación, alcanzando los 44.000 millones de pesetas). En Estados Unidos los fondos federales para la investigación sobre energías renovables descendieron de 750 millones de dólares en 1980 (poco después de la crisis del petróleo de los años setenta) a 113 millones para 1991.

- **Influencia ideológica:** las ideas socialmente dominantes también ejercen su influencia en la comunidad científica, por un lado en la elección de los temas de investigación, por otro en la publicación de las teorías o los resultados. Un ejemplo de esto último podría ser el retraso de veinte años entre el momento en que Darwin concibió la teoría de la evolución por selección natural, y su publicación, debido entre otras cosas al temor al rechazo por parte de la sociedad victoriana, cuyas ideas religiosas eran incompatibles con el darwinismo (Gruber, 1984).

En cuanto a la elección de temas de investigación, ha sido señalado en muchos trabajos (véase por ejemplo Rosser, 1986) la poca atención prestada a cuestiones como la menstruación o la menopausia por la medicina tradicional; incluso se ha justificado durante muchos años la utilización de animales de laboratorio (ratas, primates, etcétera) machos exclusivamente, por considerar que la “norma” era un nivel hormonal constante, más que las variaciones cíclicas que experimentan las hembras, visión que actualmente no parece apropiada. Más aún, en los estudios para determinar el número de cromosomas en la especie humana se utilizaban muestras procedentes sólo de varones, afirmando uno de estos trabajos (Painter, 1923) que sería conveniente en el futuro estudiar también muestras procedentes de mujeres.

- **Prioridades comerciales:** la innovación tecnológica, sobre todo en las industrias de bienes de consumo, está más condicionada por la explotación intensiva de mercados que por la búsqueda de mejoras en el producto o ahorro para el consumidor.

Algunas manifestaciones de esto son la insistencia en la novedad como valor absoluto por parte de la publicidad, creando una insatisfacción con el objeto “anticuado” (automóvil, televisor, batidora, etc.) aunque esté en buenas condiciones de uso, y acortando así su tiempo de utilización. Como ha sido repetidamente denunciado por las organizaciones de consumidores, muchas empresas “dosifican” las innovaciones introducidas en los aparatos, lo que permite sacar nuevos modelos con una pequeña innovación cada vez.

Por otra parte las cadenas de montaje y los modelos “anticuados” continúan vendiéndose en países menos desarrollados, lo que aumenta los beneficios de las empresas. En algunos países como Turquía, a finales de los años ochenta seguían vendiéndose lavadoras con “rodillos” (sin sistema de centrifugado) que han desaparecido de Europa

occidental hace bastantes décadas. O bien en Centroamérica y Sudamérica se fabrican modelos de automóviles de consumo más elevado, y que contaminan más y que también han desaparecido en los países más desarrollados.

Un caso reiteradamente denunciado es el de la industria farmacéutica, que mantiene en oferta presentaciones muy diferentes (y a menudo muy caras) que son pequeñas variaciones sobre un mismo producto básico. Perutz (1987) señala que la mayor parte de las medicinas se dirigen a las dolencias más comunes en las sociedades opulentas, ya que serán las que producirán más beneficios, mientras que se realiza muy poca investigación sobre parásitos y otras enfermedades tropicales que causan muertes o invalidez a gran número de personas cada año.

En algunos casos a esta lógica comercial hay que añadir la “lógica militar” que parece ser la causa de que no se destruyan las muestras del germen de la viruela que aún se conservan en laboratorios de Estados Unidos y la C.E.I. (ex Unión Soviética), años después de que la O. M. S. haya declarado erradicada esta enfermedad.

- **Aceptación por la comunidad científica:** para que una teoría o descubrimiento pase a formar parte del acervo científico es necesario que sea comunicada al resto de la comunidad y aceptada por ésta. Cuando, pese a hacerse pública, la comunidad científica no le presta atención, es como si no existiera, ya que no genera nuevas cuestiones ni interacciona con las existentes.

Esto es lo que sucedió, por ejemplo, con los mecanismos de la herencia descubiertos por Mendel (Jiménez y Fernández, 1987), o con la existencia de elementos génicos transponibles descubiertos por McClintock (Keller, 1985), que tardaron bastantes años en llegar a formar parte de ese fondo común. Un caso especialmente dramático es el de Semmelweiss, quien descubrió la relación entre la higiene y la fiebre puerperal; obligando a médicos y estudiantes de medicina a lavarse las manos con una solución antiséptica antes de reconocer a las parturientas logró una disminución espectacular en el número de muertes. Sin embargo, la oposición de sus colegas que se negaban a lavarse las manos, hizo que la tasa de mortalidad volviera a ascender. Estos hechos son una manifestación del carácter colectivo del quehacer científico.

Un dato que muestra hasta qué punto el grado de publicidad de un trabajo es lo que valida su “calidad científica” es el índice de impacto de una revista, valor que representa la proporción en que es citada. Este índice se utiliza en la evaluación del currículum de investigadores y departamentos. Pero la investigación científica, el trabajo científico, además de una construcción social, es una actividad humana, y como tal está influida por los intereses más o menos subjetivos de las personas que la realizan; por las rivalidades entre personas o equipos, movidos no sólo por el altruismo o la búsqueda del saber, sino por la ambición o el deseo de fama. La competitividad como valor dominante, y la necesidad de evaluación positiva de los proyectos para su financiación, provocan ocultamientos de información. Así se evidencia por ejemplo en la crónica escrita por Watson (1987) del descubrimiento de la estructura del ADN, donde se narra la rivalidad entre su equipo y el de Linus Pauling. Ejemplos recientes podrían ser la polémica sobre la prioridad en la identificación del virus del SIDA entre un equipo francés y otro estadounidense (que implica patentes de alto valor económico), o el asunto de la fusión fría.

Por otra parte no sólo hay influencia de las características o intereses de las personas en el trabajo científico, sino que a su vez, el desarrollo científico, a través de las aplicaciones tecnológicas, afecta en gran medida a las condiciones de vida de la especie humana, incluso en casos en que estas aplicaciones no son evidentes en un primer momento.

Cómo modifica la Ciencia a la sociedad: conflictos entre beneficios y riesgos

La vida humana se ha modificado enormemente debido al progreso científico y tecnológico, y cotidianamente presenciamos nuevas aplicaciones que siguen transformándola. La forma de presentar esta influencia, tanto en la enseñanza como en los medios de comunicación ha oscilado a veces entre dos extremos en nuestra opinión



Cuadro 5. Conflictos entre beneficios y riesgos

igualmente erróneos: por un lado mostrar el progreso científico como una escala que iría mejorando la vida humana indefinidamente y sin contrapartidas negativas, y en el opuesto presentar a los profesionales de la Ciencia como aprendices de brujos cuyas experiencias comportan graves riesgos para la humanidad, y que han desencadenado fuerzas que no son capaces de controlar.

La Ciencia posee un potencial ambivalente, ya que por un lado, como indican Solbes y Vilches (1989) ha revolucionado los métodos de producción, ha cambiado la vida cotidiana y la salud de las personas, mientras que por otro ha abierto la posibilidad de alterar gravemente o destruir la Tierra como planeta habitable.

Expresado de otra forma, en palabras de Perutz (1987) los beneficios y los riesgos son aspectos complementarios de cada progreso técnico, y la sociedad debe decidir entre ellos, decisión que no siempre resulta fácil. Discutiremos algunos de los ejemplos propuestos por este autor, que aparecen esquematizados en el cuadro 5.

Antes de revisar estos ejemplos, señalemos que en nuestra opinión una característica que hay que tener en cuenta al analizar el progreso científico y tecnológico es que, en el conjunto del planeta, es desequilibrado; es decir, que beneficia sobre todo a unos países y áreas, y perjudica sobre todo a otros.

Salud

Durante este siglo la utilización de sulfamidas y antibióticos ha reducido enormemente la mortalidad debida a enfermedades infecciosas. Gracias a estos medicamentos y a las mejoras en higiene y nutrición, la esperanza media de vida en Europa ha pasado de 40 años, a mediados del XIX, a 50 en 1900 y a superar los 70 en la actualidad. En los países no desarrollados ha pasado de 40 años en 1940 a superar los 55 en 1980, debiéndose la diferencia sobre todo a la elevada mortalidad infantil en los últimos años.

Estos países se enfrentan a un problema de educación sanitaria que podría evitar enfermedades carenciales, como bocio, anemia o xeroftalmia. Ejemplos de programas para solucionar este aspecto son los "médicos descalzos" en China y los asistentes sanitarios rurales en la India.

Al mismo tiempo, como consecuencia de la reducción en la mortalidad, el crecimiento demográfico global desde 1950 hasta 1989 ha sido equivalente al crecimiento total de la población desde la aparición de la especie humana hasta 1950 (Keyfitz, 1989), habiendo superado la población mundial los 5.000 millones en 1987. Según las previsiones de Naciones Unidas en el 2025 puede alcanzar 8.500 millones, incremento que corresponderá sobre todo a los países menos desarrollados.

Actividad 8

- *Holanda tiene una densidad de población de 358 habitantes por km² (Anuario de "El País", 1990).*
- *Argelia la tiene de 10 habitantes por km².*

*En tu opinión ¿Tiene alguno de estos países, o ambos, un problema de superpoblación?
¿Qué otros datos serían necesarios para resolver esta cuestión?*

La superpoblación es un problema que no está en relación sólo con el número de habitantes, sino con la proporción entre éstos y la disponibilidad de recursos. En la actualidad tiene como consecuencias: por un lado desnutrición o hambre para un elevado número de personas, y por otro destrucción ecológica debida por ejemplo a la tala de bosques para habilitar nuevas superficies cultivables, a la erosión y agotamiento del suelo debido al cultivo intensivo, a la contaminación del agua debido a la ausencia de depuración, etc.

Como señala Keyfitz, en los países occidentales la tasa de natalidad ha disminuido con el desarrollo económico, pero, en algunos países, el alto crecimiento demográfico es uno de los factores que frenan este desarrollo. Este autor subraya la importancia de los programas de control de natalidad.

Agricultura

El aumento de la población mundial implica una necesidad de hacer crecer la producción de alimentos (y mejorar su distribución) en la misma proporción. La selección, la mejora genética, la adición de productos químicos, la mecanización, etc. han revolucionado la agricultura, haciendo que, por ejemplo, la producción mundial de cereales se duplicase entre 1950 y 1971. El problema es cómo aumentar la producción de alimentos sin causar, al mismo tiempo, daños irreparables al medio natural. Para Crosson y Rosenberg (1989) hay que minimizar los procesos de erosión, desertización o salinización del suelo. Estos autores señalan tres **recursos naturales** decisivos en agricultura, y que deben ser conservados: suelo, agua y diversidad genética.

Actividad 9

— *Para Keyfitz es urgente emprender o continuar programas de regulación de la natalidad.*

Este autor señala que las medidas para estimular el crecimiento demográfico en los países desarrollados podrían interpretarse "como un mensaje con connotaciones racistas".

Discutid algunas actividades que podrían plantearse en clase para favorecer que las y los estudiantes formen una opinión crítica y razonada sobre estas cuestiones.

Un ejemplo próximo de salinización del suelo y agotamiento de acuíferos lo proporciona Almería (García-Dory, 1991), donde la propagación de los cultivos de invernadero desde los años sesenta, que ha producido un espectacular desarrollo económico, ha conducido, por un lado al agotamiento de los acuíferos por sobreexplotación (situación ya prevista por el Instituto Geológico y Minero desde 1970), y por otro a la salinización del agua que ha llevado al abandono de 450 de los 1.100 pozos. Como señala García-Dory sólo una modificación sustancial del concepto de desarrollo puede llegar a asegurar un futuro estable para lugares como éste.

Otro caso, de proporciones catastróficas es la desecación del Mar de Aral, en el Asia central. La sobreexplotación de los acuíferos que desembocaban en él para extender los cultivos de algodón, lo convirtió en un mar muerto rodeado por un desierto de sal, causando modificaciones en el clima de la región.

El uso de fertilizantes y pesticidas ha ayudado a aumentar la producción agraria, pero también conlleva efectos secundarios perjudiciales. En cuanto a los primeros, los abonos nitrogenados pueden provocar un exceso de nitra-

tos en el agua que cause un aumento de dolencias sanguíneas, o del cáncer. La solución puede ser la biotecnología, concretamente la manipulación genética de plantas como caña de azúcar o maíz para lograr que fijen nitrógeno en simbiosis con bacterias.

En cuanto a los pesticidas han sido muy efectivos en controlar las plagas de las cosechas, o las hierbas que compiten con los cultivos, pero los peligros derivados de su uso ya fueron señalados por Rachel Carson en 1960 en *Primavera silenciosa* (1980, traducción castellana), especialmente el DDT que acaba afectando a otros organismos de las redes alimentarias, como a los pájaros o a las personas. Perutz (1987) cita cómo algunos pesticidas prohibidos en Estados Unidos son exportados a países del Tercer Mundo, importando después comida contaminada con ellos. Las alternativas pueden ser los métodos biológicos de control de plagas, como soltar machos estériles, utilizar predadores de plagas, etc.

En resumen, como indican Crosson y Rosenberg (1989) se trata de diseñar una "agricultura viable", que logre un nivel de producción suficiente con menor deterioro del ambiente.

Energía

El equilibrio entre beneficios y riesgos es particularmente precario en el caso de la energía, indispensable para la actividad humana, y cuya utilización constituye por otra parte una amenaza para el medio ambiente. Según Davis (1990) el 78% de la energía consumida en el mundo procede de combustibles fósiles, de origen nuclear el 4% y de fuentes renovables el 18%. Las dos primeras plantean los siguientes problemas:

La combustión de carbón y petróleo produce óxido de azufre que causa la lluvia ácida, y dióxido de carbono, responsable del efecto invernadero; la energía nuclear, que no produce emisiones de estas sustancias, tiene otros riesgos: en primer lugar el de accidentes como los de Harrisburg y Chernobil, en segundo, los residuos de larga vida, y además, como señala Perutz, entraña el peligro del comercio de plutonio, unos pocos kg del cual bastan para fabricar una bomba atómica.

La mayor contribución de fuentes renovables es la energía hidroeléctrica, que tiene también elevados costes ambientales (Gibbons, *et al.*, 1989), de los que en España tenemos numerosos ejemplos, especialmente en cuanto a destrucción de tierras de labor. En la actualidad están empezando a considerarse seriamente la energía solar y la eólica. En cuanto a la solar térmica, el perfeccionamiento tecnológico ha logrado en pocos años reducir el precio del kilovatio-hora de 23 pesetas a 10 (Weinberg y Williams, 1990); la mayor plataforma solar europea de este tipo se encuentra en Almería. La fotovoltaica, la más conocida de las energías de origen solar, está abaratándose a gran velocidad, y su demanda aumenta cada año. En cuanto a la eólica, es la que se halla más cerca de la rentabilidad económica, y algún país como Suecia ha planificado la sustitución de sus reactores nucleares por turbinas de viento; en España se encuentra también situado el mayor generador eólico de Europa, en Camariñas (La Coruña).

Otras energías renovables como las de biomasa (madera, metano, etc.), la geotérmica o la mareal no se explotan a gran escala, pero suministran energía en muchos lugares del mundo, y debe promoverse su uso y la mejora de su rendimiento.

Sin embargo, las cuestiones relacionadas con la energía no se agotan en la discusión de los pros y contras de cada una de las fuentes. Tanta importancia como ese conflicto reviste el hecho de que hoy día un 20% de la

población consume más del 70% de la energía (Gibbons, *et al.*, 1989). Además de buscar energías “limpias” hay que ir hacia una redistribución de su consumo, e invertir para mejorar el **rendimiento** energético o, en otras palabras, ahorrar energía.

En esta dirección, la tecnología disponible en la actualidad permitiría ahorrar el 80 o 90% de la electricidad del alumbrado (Fickett, *et al.*, 1990), por ejemplo sustituyendo las bombillas incandescentes por las fluorescentes compactas. Algunas compañías eléctricas estadounidenses han regalado estas lámparas a los clientes, para promover su uso. En cuanto al aislamiento de edificios, el ahorro puede oscilar entre el 60 y el 89% de la energía para calefacción, lo que se logra aislando paredes, cubiertas y especialmente ventanas. En el mismo sentido, motores más eficientes pueden lograr menor consumo del combustible empleado en el transporte.

En resumen, todas estas medidas apuntan a un mejor aprovechamiento de los recursos. En este apartado nos estamos refiriendo especialmente a la perspectiva tecnológica, pero no cabe olvidar la importancia de factores educativos y culturales, como la disyuntiva transporte público-privado, que son de gran relevancia y a las que nos referiremos en el próximo apartado.

Por último, citaremos la opinión de Perutz (1987), según la cual *“La sociedad civilizada sólo sobrevivirá en condiciones de paz nacional e internacional, mientras que la Ciencia pone en sus manos medios cada vez más elaborados, eficaces y caros para su propia destrucción.”* El conflicto del Golfo ha puesto de manifiesto la forma en que las sociedades desarrolladas están dispuestas a defender una fuente de energía barata.

La perspectiva ciencia, tecnología y sociedad en la enseñanza de las Ciencias

En la actualidad algunas líneas de trabajo en Didáctica de Ciencias apuntan hacia la necesidad de que los currículos tengan en cuenta las aplicaciones industriales y tecnológicas de la Ciencia, así como los condicionantes sociales del trabajo científico. En nuestra opinión esta perspectiva, conocida como **Ciencia-Tecnología-Sociedad** (CTS) contribuye al objetivo de la alfabetización científica del conjunto de la población que pretende la enseñanza de las ciencias.

El hecho es que una enseñanza de las ciencias descontextualizada parece contribuir a la disminución del interés de las y los estudiantes por la materia, y hace que palabras como “químico” estén impregnadas de connotaciones negativas, llegando a ser equivalentes a “peligroso” “dañino” o “artificial”, y que la imagen del trabajo científico se asocie con armamento o contaminación (Lewis, 1987).

Actividad 10

Elaborad un dossier de prensa recogiendo publicidad, artículos, etc. y de etiquetas de productos en los que el término “químico” se asocie a “artificial” o “dañino” y “biológico” a “natural”.

Un análisis de textos realizado por Solbes y Vilches (1989) muestra que la imagen de la Ciencia que se ofrece en ellos, además de ser empirista y acumulativa, no tiene en cuenta los aspectos tecnológicos o sociológicos. No

es extraño que una enseñanza llevada a cabo con estos materiales obtenga unos resultados bastante pobres respecto a información científica adecuada, como los que mencionan Marco, *et al.*, (1990) citando resultados de encuestas realizadas en el Reino Unido y Estados Unidos.

Las implicaciones para la enseñanza de esta nueva perspectiva son variadas, y algunas se analizarán con más detalle en el módulo de Didáctica de Ciencias. Mencionaremos aquí sólo algunos aspectos, como la ampliación del propio concepto de enseñanza de las Ciencias que conlleva (Caamaño, 1990) la inclusión de cuestiones de actualidad científica (Marco, *et al.*, 1990); o, en el aspecto metodológico, el trabajo cooperativo en pequeño grupo que para Solomon (1989) es particularmente adecuado para la discusión de cuestiones científicas con implicaciones sociales, entre las que esta autora cita la donación de órganos para trasplantes o la política energética.

Algunos proyectos curriculares que se orientan en esta perspectiva CTS son el SATIS (ASE, 1988) y "Science at work" (Longman, 1989) en el Reino Unido, o el proyecto "Historia de la Ciencia" (Marco, 1984) en España. Por nuestra parte estamos trabajando en la actualidad en un proyecto curricular para la Secundaria Obligatoria que toma como eje las necesidades humanas, relacionándolas con diferentes cuestiones científicas (Proyecto ACES, financiado por el CIDE).

Bibliografía de ampliación

CARSON, R. (1980): *Primavera silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.

Este libro fue uno de los detonantes (en el momento de su aparición en 1960) del movimiento ecologista en Estados Unidos. Su autora describe, apoyándose en abundante documentación, y al mismo tiempo con un estilo literariamente muy elaborado, los peligros de la utilización de pesticidas sobre la naturaleza, con especial atención al DDT.

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA: Monográficos “La Gestión del Planeta Tierra” (1989), y “Energía para la Tierra” (1990). Algunos trabajos citados en el texto corresponden a:

CROSSON, P. y ROSENBERG, N.: *Nuevas estrategias agrarias*.

GIBBONS, J.; BLAIR, P., y GWIN, H.: *Estrategias para el uso de la Energía*.

KEYFITZ, N.: El crecimiento demográfico en “La gestión del planeta Tierra”.

DAVIS, G: *Energía para el planeta Tierra*.

FICKETT, A.; GELLINGS, C., y LOSINS, A.: *Uso rentable de la electricidad*.

WEINBERG, C., y WILLIAMS, R.: Energía procedente del Sol en “Energía para la Tierra”.

Ambos números constituyen una buena revisión del estado de las respectivas cuestiones y contienen datos actualizados.

KELLER, E. F. (1985): *Seducida por lo vivo: vida y obra de Bárbara McClintock*. Barcelona: Fontalba.

Un fascinante relato de las investigaciones de esta científica recientemente galardonada con el Nobel, y que constituye también un análisis de las dificultades que encuentra una mujer que pretende ser profesional de la investigación, en un campo puntero como la genética.

MARCO, B.; MARTÍN-MONTALVO, J.; PARAMIO, M. L., y MACÍAS, R. (1990): *La actualidad científica en el diseño curricular de las Ciencias experimentales*. Madrid: Narcea, col. Apuntes IEPS 52.

Interesante volumen de esta utilísima colección, con una pequeña introducción que justifica la perspectiva adoptada y algunas propuestas concretas (y probadas) para el aula, entre las que destacamos el modelo de secuenciación del ADN.

SOLBES, J., y VILCHES, A. (1989): Interacción Ciencia/Técnica/Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7 (1), pp. 14-20.

En este trabajo los autores proponen una perspectiva que tenga en cuenta determinadas características del trabajo científico, y muestran cómo los textos no suelen tenerlas en cuenta.

Referencias bibliográficas

ASE (1988): *Science and Technology in Society*. Hatfield.

CAAMAÑO, A. (1990): L'Ensenyament de les ciències: raons per a un canvi. *Bol. Coll. de Lic. de Catalunya*.

GARCÍA-DORY, M. A. (1991): El impacto de la agricultura intensiva en el campo de Dalías. *Quercus* 59, pp 43-45.

GRUBER, H. (1984): *Darwin sobre el hombre*. Madrid: Alianza.

JIMÉNEZ, M. P., y FERNÁNDEZ, J. (1987): El "desconocido" artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5 (3), pp. 239-247.

JIMÉNEZ, M. P., y OTERO, L. (1990): La Ciencia como construcción social. *Cuadernos de Pedagogía*, 180 pp 20-22.

LEWIS, J. L. (1987): Teaching the relevance of science for society. En Lewis y Kelly (ed) *Science and Technology Education and future Human Needs*. Oxford: Pergamon Press.

LONGMAN (1989): *Science at work*. Harlow: Longman.

MARCO STIEFFEL, B. (1984): Proyecto Historia de la Ciencia. Madrid: Documentos del IEPS.

PAINTER, T. (1923): Studies in Mammalian Spermatogenesis. II The Spermatogenesis of Man. *The Journal of Experimental Zoology*, 37 (3), pp. 291-336

PERUTZ, M. (1987): The impact of Science on Society: the challenge for education. En Lewis y Kelly (ed) *Science and Technology Education and future Human Needs*. Oxford: Pergamon Press.

ROSSER, S. (1986): *Teaching Science and Health from a feminist perspective*. New York: Pergamon Press.

SOLOMON, J. (1989): The social construction of School Science, en Millar (ed.). *Doing Science, Images of Science in Science Education*. London: The Falmer Press.

WATSON, J. (1987): *La Doble Hélice*. Barcelona: Salvat.

Anexo I

Para desarrollar la actividad 4

(Nieda, et al., 1988)

1	Conoce la disciplina	13	Usa recursos y técnicas diversas
2	Enseña implicaciones sociales	14	Enseña de manera individualizada
3	Enseña de manera interdisciplinar	15	Evalúa adecuadamente
4	Relaciona la Ciencia con necesidades	16	Usa los resultados de la evaluación
5	Enseña Filosofía e Historia de la Ciencia	17	Tiene estabilidad emocional
6	Enseña métodos de la Ciencia	18	Tiene sentido del humor
7	Prepara y organiza trabajo laboratorio	19	Muestra entusiasmo
8	Planifica la enseñanza	20	Se relaciona cordialmente con padres y alumnos
9	Presenta las ideas organizadamente	21	Es autocrítico
10	Conoce y usa psicología del aprendizaje	22	Coopera con otros profesores
11	Usa métodos activos	23	Se perfecciona
12	Crea un clima humano		

El listado presenta diferentes competencias que el profesorado de Ciencias puede desarrollar y poner en práctica en el aula. En el trabajo de "Nieda, et al., (1988)" se incluyen descriptores para cada una de estas competencias.

Para desarrollar la actividad 6

(Jiménez y Fernández, 1987)

GREGOR MENDEL. 1866 (extractos)

Entre los numerosos experimentos ninguno se ha llevado a cabo en extensión y de tal modo que haga posible determinar el número de formas distintas en que aparecen los descendientes de los híbridos, y que permita ordenar con seguridad esas formas por generaciones y poder comprobar sus mutuas relaciones numéricas. (...)

La validez y la importancia de un experimento dependen de la idoneidad del material (...) Las plantas experimentales deben necesariamente:

1. Poseer caracteres diferenciales constantes.
2. Los híbridos deben estar (...) protegidos de la acción de polen extraño (...) si esto ocurriese conduciría a opiniones totalmente erradas. (...)

Los caracteres que se escogieron en el experimento se refieren a:

1. Diferencia en la forma de la semilla: redondeada o angulosa (...)
2. Diferencia en el color del albumen: (...) amarillo o verde.
3. Diferencia en el color del tegumento: blanco o gris (...)
4. Diferencia en la forma de la vaina: (...) lisa o estrangulada.
5. Diferencia en el color de la vaina inmadura: verde o amarilla. (...)
6. Diferencia en la posición de las flores: axiales o terminales. (...)
7. Diferencia en la longitud del tallo: largo, 6-7 pies o corto $3/4 - 1\ 1/2$.

Cada par de caracteres enumerados fueron unidos por fecundación. Se hicieron para el

1 ... 60 fecundaciones	3 ... 35 fecundaciones
2 ... 58 fecundaciones	4 ... 40 fecundaciones (...)

Además, en todos los experimentos se hicieron cruces recíprocos: la variedad que en una serie sirvió como planta de semilla, sirvió en la otra como planta de polen. (...) Para cada experimento se colocaron varias macetas en un invernadero, para servir de control al experimento principal del jardín. (...)

La forma de los híbridos (...) en algunos caracteres se presentan formas y tamaño de las hojas. En otros casos, uno de los dos caracteres de los progenitores predomina tanto que es imposible detectar el otro.

Así ocurre en los híbridos de *Pisum*. Cada uno de los siete caracteres híbridos se parece a uno de los progenitores (...) en la siguiente discusión estos caracteres son llamados dominantes y los que quedan latentes recesivos (...) porque se retiran o desaparecen en los híbridos, pero reaparecen sin cambiar en su descendencia.

Se probó, además, en todos los experimentos, que es totalmente igual si el carácter dominante pertenece a la planta de semilla o a la de polen; la forma de los híbridos es la misma. (...)

Son dominantes los siguientes (caracteres):

1. Forma redondeada de la semilla.
2. Color amarillo del albumen.
3. Color gris del tegumento de la semilla. (...)

Primera generación (procedente del cruce) de los híbridos

En esta generación aparecen, junto a los caracteres dominantes, también los recesivos (...) en una relación media de 3 a 1 (...) 3 el dominante y el 1 el recesivo. Esto vale sin

excepción para todos los caracteres escogidos (...) En ningún experimento se observaron formas de transición.

La relación numérica obtenida para cada par de caracteres es:

1. Forma de la semilla. De 253 híbridos se obtuvieron 7.324 semillas (...) 5.474 redondas y 1.850 angulosas. Esto da la relación 2,96:1.
2. Color del albumen. 258 plantas dieron 8.023 semillas. 6.022 amarillas y 2.001 verdes; su relación por tanto es 3,01:1 (...)

Como extremos en la distribución de los dos caracteres en una misma planta, se observaron en un caso 43 redondas y sólo 2 angulosas, y en otro 14 redondas y 15 angulosas. (...) Si se reúnen los resultados de todos los experimentos la relación promedio entre formas con caracteres dominantes y recesivos es 2,98:1, o sea 3:1.

El carácter dominante puede tener doble significado: de carácter paterno o híbrido, cuál de los dos, sólo se puede resolver en la siguiente generación. Un carácter paterno debe pasar sin cambio a toda la descendencia: uno híbrido debe comportarse como en esta primera generación.

Las formas que presentan carácter recesivo no varían: su descendencia permanece constante (...) de las dominantes

dos partes producen descendencia con carácter dominante y recesivo en relación 3:1 (...) sólo una parte continúa con el carácter dominante constante. (...) Así se demuestra que de las formas que en la primera generación muestran el carácter dominante, dos partes son portadoras del carácter híbrido, y una parte permanece constante con el dominante.

La relación 3:1 en que se distribuyen dominantes y recesivos, se convierte por tanto en 2:1:1 (...) resulta claro que los híbridos dan lugar a semillas que tienen cada uno de los dos caracteres diferentes, y de éstas, la mitad vuelven a dar híbridos y la otra mitad (...) reciben el carácter dominante o recesivo en partes iguales. (...)

Si A representa uno de los dos caracteres, por ejemplo el dominante, a el recesivo y Aa la forma híbrida, la expresión

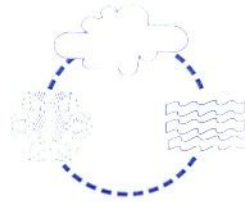
$$A + 2 Aa + a$$

presenta los descendientes de los híbridos.

Nota:

El extracto del artículo de Mendel es una traducción realizada por nosotros. Las dos versiones disponibles en castellano (de Prevosti y de P. Rodríguez) están tomadas de las traducciones inglesas de la "Horticulture Society" de Londres y de Stern & Sherwood, respectivamente.

Estos párrafos corresponden al artículo "Investigación sobre híbridos de plantas", publicado por Mendel en 1866, y en ellos aparecen referencias a distintos aspectos del método de trabajo seguido por el autor. En el trabajo de Jiménez y Fernández (1987) se discuten con detalle tanto las circunstancias que rodearon su aparición y la poca atención que despertó, como propuestas para su empleo en el aula.



Diseño y desarrollo del currículo

Antonio Bautista García-Vera

Índice

Introducción	101
1. Diseño y desarrollo del currículo	103
Diseño del currículo.....	104
Desarrollo del currículo.....	105
Modelos de diseño del currículo.....	105
Modelo tecnológico o por objetivos.....	105
Modelo centrado en los procesos.....	108
¿Se puede hablar de un modelo sociocrítico?.....	109
2. Actividades	113
Preguntas para un debate.....	113
Estudio de un caso.....	115
Bibliografía	117

Introducción

El currículo a lo largo de su historia ha tenido los siguientes significados:

- ***El currículo como disciplina de un plan de estudios y como conjunto de temas que conforman una disciplina.*** Así, en nuestra tradición, al hablar del currículo de la E. G. B. se hacía referencia a las materias o disciplinas que lo componían. De igual forma, desde esta perspectiva, el significado que se daba al currículo de Ciencias Naturales o de Lengua era el conjunto de temas de esas disciplinas.
- *Un segundo significado es el de **currículo como programa de actividades y experiencias planificadas** encaminado a conseguir unos propósitos o fines determinados.*
- *Entrada la década de los años setenta, el Currículo empezó a entenderse y caracterizarse como un **fenómeno social y un recurso al servicio del sistema educativo**, donde se entrecruzan relaciones de poder, intereses económicos, concepciones de la cultura y del conocimiento...*
- *También se entiende el currículo como **plan de cultura y de socialización** pensado para determinadas capas de la población o, más concretamente, como **la cultura que viven, experimentan, aprenden e intercambian los alumnos en el aula.***

Puede observarse en las anteriores conceptualizaciones que existe una serie de cuestiones problemáticas vinculadas al qué y por qué enseñar. Son dos temas relacionados como lo están los fines de la enseñanza y la estructuración del conocimiento escolar.

Respecto a este último elemento, el conocimiento escolar, se presentan las siguientes cuestiones que son temas de discusión en la actualidad: ¿Qué enseñan las escuelas?, ¿cómo se valora ese conocimiento?, ¿por qué enseñan eso y no otras cosas sabiendo que detrás de lo que enseñan y de la forma como lo hacen se están aceptando y distribuyendo determinados modelos culturales?

La respuesta a estos interrogantes está, a su vez, relacionada con las funciones de la escuela, pues además de distribuidora de conocimiento es considerada como un lugar donde se aprenden pautas de socialización, como una institución ideológica al servicio del Estado, o como un instrumento corrector y transformador de las desigualdades generadas en el seno de la sociedad.

También la respuesta a los anteriores interrogantes está vinculada a las cuestiones que competen al marco legislativo y administrativo que, entre otros aspectos, definirán el Currículo Oficial. Entre otras están: ¿Quiénes elaboran el Currículo Oficial?, ¿qué participación tienen los diferentes agentes de la comunidad escolar en esa confección...?, ¿qué competencias tienen los profesores en el desarrollo de tal Currículo?, ¿qué usos de los medios se recomiendan?, ¿cómo se valora lo sucedido en las aulas y en el centro escolar?

En el Diseño Curricular Básico adoptado por el M. E. C., el currículo se entiende como todo aquello que el medio escolar ofrece al alumno como posibilidad de aprender.

Tanto las funciones otorgadas a la institución educativa, como los marcos legislativos y administrativos que definen el currículo escolar, van a condicionar el qué enseñar y el valor que se le otorga a eso que se enseña.

Evidentemente, el nivel de concreción con el que se formulan los contenidos seleccionados, objetivos, tareas, orientaciones metodológicas... incidirá en el papel del profesor, en el mayor o menor nivel de autonomía y creatividad en su trabajo. Un marco curricular abierto y flexible hace posible la elaboración de proyectos curriculares contextualizados en la historia y en el entorno sociocultural del centro, así como una mayor implicación, responsabilidad y autonomía de los profesores en la construcción de dichos proyectos. Sin embargo, un elevado nivel de concreción en contenidos, objetivos, orientaciones metodológicas y de evaluación, dificultan la elaboración de los proyectos educativos, pues impiden la adecuación de las prescripciones curriculares a los entornos del centro y restan autonomía, posibilidades de creación a los profesores.

Gimeno Sacristán (1988) identifica el currículo como un conjunto de prácticas que tienen como propósito producir unos aprendizajes y contribuir al desarrollo personal de los alumnos, y pone de manifiesto la dependencia del mismo de las determinaciones de carácter institucional, legal y administrativo. Esto, a su vez, supone una doble justificación, política y didáctica, de la práctica del currículo.

De esta forma, las cuestiones con las que iniciamos este apartado (qué y cómo hay que enseñar), son respondidas en primer lugar desde instancias políticas y administrativas y posteriormente, en algunas ocasiones, desde la práctica reflexiva de las aulas y centros escolares.

Así pues, entre los elementos del currículo no sólo están los que existen y controlan en las aulas y centros escolares, sino también otros externos que, concretamente, son los marcos económicos, legales, políticos y administrativos que condicionan lo que sucede en las aulas. Respecto a los componentes del currículo presentados a los profesores y moldeados por éstos, están básicamente: los fines y objetivos, los contenidos, las estrategias de enseñanza, los recursos didácticos y la evaluación.

1

Diseño y desarrollo del currículo

Si el currículo es una selección de cultura con intencionalidad educativa, ¿quiénes son los responsables de establecer los criterios de selección de los contenidos del currículo o elementos de esa cultura?, ¿con qué bases y quiénes definen las orientaciones sobre las estrategias didácticas y de evaluación que deben seguir los profesores en sus aulas? Para responder a estos interrogantes han emergido diferentes **Teorías del currículo**. Éstas se construyen a partir del debate y reflexión en torno a los criterios que justifican determinadas elecciones de objetivos, contenidos y la traslación de los mismos a un plan de aula; y sobre las relaciones que se mantienen entre los ámbitos de producción o diseño del currículo (como proyecto de cultura) y los contextos de realización del mismo (centros y aulas escolares).

Los límites o “territorios” de una teoría del currículo han sido planteados continuamente en su corta historia, concretamente desde principios de los años veinte. Así, de forma sucesiva, se fueron proponiendo interrogantes cuyas respuestas competían a este campo de teorización. De esa forma, el contenido de una teoría del currículo se ha centrado en:

- Indicar qué contenidos se van a seleccionar de todos los que constituyen el contexto físico, cultural y social y que permitirán a unos sujetos entender su ámbito de vida y poder relacionarse con él.
- Expresar los criterios de selección, es decir, poder justificar por qué unos contenidos sí y otros no.
- Cómo organizar los contenidos o elementos de la cultura de una forma y no de otra.

-
- Determinar quiénes tienen las competencias para tomar decisiones sobre los aspectos anteriores y cómo se pueden coordinar y vertebrar las mismas entre los diferentes niveles institucionales y de escolaridad.
 - Analizar a qué intereses y objetivos benefician y a cuáles perjudican los contenidos seleccionados y organizados de una forma determinada.
 - Reflexionar sobre la función y control de las agencias intermedias (editoriales y casas comerciales) o mediadoras entre el diseño y el desarrollo o entre las propuestas de trabajo y su ejecución en las aulas.
 - Orientar el desarrollo de ese plan cultural en las aulas y comprobar si las decisiones tomadas son adecuadas o no y, en este último caso, saber analizar qué hay que modificar y cómo hay que proceder.
 - Cuestionar y debatir las relaciones existentes entre los ámbitos de producción o planificación y los de realización del currículo.

Desde el nacimiento de la teoría curricular han surgido diversos enfoques filosóficos e ideológicos sobre el campo del currículo, concretamente sobre las relaciones entre la teoría y la práctica, entre los ámbitos de producción/planificación y de realización, entre la escuela y la sociedad... Esto explica que actualmente se distinguan tres teorías del currículo:

- teoría técnica,
- práctica o interpretativa, y
- crítica.

Diseño del currículo

El significado más generalizado y, a su vez, el más concreto y restringido es el de ser un recurso con el que el profesor ordena su actuación pedagógica, entre otros aspectos, mediante la selección de unos métodos de enseñanza adecuados (ordenando los recursos y materiales, haciendo una contextualización de actividades) para estimular un proceso de aprendizaje de los alumnos con el propósito que alcancen unos resultados esperados.

Desde esta primera perspectiva del diseño del currículo, referida al trabajo del profesor o grupo de profesores donde se concretan las directrices metodológicas de su aula o aulas, hemos de señalar la emergencia a partir de 1970 de un campo de análisis que se centra en cómo planifica el profesor, y que dio lugar al desarrollo de una línea de investigación denominada "el pensamiento del profesor". Para profundizar en esta temática se pueden consultar los artículos de Contreras Domingo (1985), Pérez Gómez y Gimeno Sacristán (1988).

De forma más amplia, el diseño del currículo se puede entender como el recurso utilizado para acercarse a la práctica partiendo de una teoría de la educación y del currículo. Es, pues, un proceso por el que se preve, organiza, y racionaliza pedagógicamente la práctica desde la teoría. Esto supone una toma de postura teórica sobre los diferentes componentes del currículo.

Desde esta perspectiva amplia, se distinguen diferentes niveles de diseño que representan las sucesivas aproximaciones que se van realizando desde su primera formulación como “proyecto de cultura” hasta llegar a implantarse en la práctica de forma contextualizada y significativa. La necesidad de acomodar los tratamientos pedagógicos a las necesidades de ambientes muy diferentes, lleva a plantear el diseño en términos de propuestas flexibles.

Así pues, es a partir de los diferentes niveles de diseño como se lleva ese plan de cultura y de socialización a los diferentes contextos escolares de un país. Sobre este aspecto, Gimeno (1988) presenta un modelo de interpretación del currículo como algo construido en un cruce de influencias y campos de actividad diferenciados e interrelacionados. Concretamente, distingue los siguientes niveles o fases: El currículo prescrito, el currículo presentado a los profesores, el currículo moldeado por los profesores, el currículo en acción, el currículo realizado y el currículo evaluado.

Desarrollo del currículo

De igual forma que ningún fenómeno es indiferente al contexto donde se produce, los contenidos y formas últimas del currículo no pueden ser indiferentes a los ambientes donde se vayan a desarrollar. Estos ambientes físicos, sociales y culturales acabarán por dar al currículo su significado real. De esta forma, el desarrollo será la puesta en acción del diseño del currículo a través de la adecuación del mismo a las peculiaridades de cada centro y aula con la finalidad de que tenga significado y sea valioso y relevante para los alumnos. Tal acomodación y adecuación a los contextos del aula y del centro escolar de los principios y decisiones que sirvieron de base en el diseño, hace que el desarrollo del currículo sea un proceso artístico.

Dentro de un modelo curricular abierto, el diseño y el desarrollo del currículo son indisolubles y se corrigen y enriquecen mutuamente.

Modelos de diseño del currículo

El diseño del currículo se realiza orientado por los puntos de vista de una teoría del currículo. De igual forma que distinguíamos tres teorías, también se distinguen tres modelos de diseño del currículo:

- Diseño técnico o tecnológico,
- Diseño práctico o interpretativo, y
- Diseño crítico.

Cada uno de ellos, planifica y elabora propuestas de trabajo siguiendo los planteamientos defendidos desde las teorías respectivas.

Modelo tecnológico o por objetivos: linealidad de un proceso que busca el eficientismo social

Este modelo emerge al amparo de la teoría técnica del currículo. Esta contempla a las teorías como conjuntos de explicaciones y predicciones derivadas de grupos estructurados de leyes. Asimismo, se asumen los supuestos

del enfoque positivista que, entre otros aspectos, conciben la realidad de forma unitaria, estática y como algo dado, considerando el conocimiento científico como el descubrimiento de las relaciones causales que configuran la realidad, a través de la observación y medición de hechos y fenómenos sociales o naturales. La finalidad de tal conocimiento es explicar dicha realidad y establecer principios que prescriban la intervención racional en la misma.

Desde la racionalidad técnica, por lo tanto, la teoría tiene como fin dirigir, guiar e informar la práctica. Si preguntásemos ¿hacia dónde?, ¿hacia qué fines?, las respuestas y las decisiones en ellas contenidas no se producen y gestan en los ámbitos de realización o desarrollo del proyecto de cultura, sino que son resoluciones tomadas en lugares donde existe poder de decisión y que, a veces, son ajenos y están alejados de las aulas donde los profesores desarrollan su práctica. Así pues, desde el enfoque técnico, la teoría controla, objetiva y valora la acción práctica. Esto explica que la selección y organización de los contenidos de los proyectos de cultura de algunos países esté centralizada y se realice desde sus administraciones de educación.

Respecto a la relación educación-sociedad, desde la racionalidad técnica la escuela juega un papel fundamental en el mantenimiento del orden social establecido. Con tal fin se plantea el aprendizaje como transmisión de conocimientos predefinidos desde los ámbitos de decisión y el análisis de los centros escolares se hace en términos de eficacia en la transmisión de mensajes.

El profesor es considerado como un reproductor y ejecutor de las orientaciones que le llegan desde la administración, y como un técnico en afrontar con éxito las exigencias que se le plantean desde su práctica en el aula. Su cualificación profesional y sus pocas competencias exigen que los diseños del currículo que se le ofrecen sean lineales (objetivos → contenidos →...) y definidos en términos de comportamientos observables y medibles.

El modelo por objetivos incorpora las técnicas de gestión de la organización científica del trabajo y las traslada al ámbito educativo para conseguir resultados tan eficientes como los obtenidos en el mundo empresarial. Tuvo como justificación metodológica el experimentalismo de base positivista que pone como requisito de científicidad lo observable y medible. Asimismo, se fundamentó en las teorías conductistas que explican el aprendizaje humano.

Este modelo fue sistematizado por Tyler (1949) y, posteriormente, fue ampliado por autores como Taba (1962), Wheeler (1967) y Popham y Baker (1970) entre otros.

Para intervenir científica y técnicamente en la realidad educativa, Tyler propone dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Qué objetivos educativos han de alcanzarse?
- ¿Qué experiencias educativas ofrecen mayores posibilidades de éxito para alcanzar esos objetivos?
- ¿Cómo pueden organizarse eficazmente esas experiencias?
- ¿Cómo podemos conocer si se alcanzan los objetivos propuestos?

Tyler respondió a la primera de las cuestiones que planteó, indicando que antes de formular los objetivos había que considerar a los sujetos de la educación, las necesidades sociales y contemplar los contenidos según eran considerados por los expertos. Asimismo, propuso que debían formularse los objetivos en términos de conductas observables, pues para él la educación era un proceso de modificación de los patrones de conducta de las personas.

Una vez definidos los objetivos, según Tyler, la teoría del aprendizaje facilita la selección, ordenación y evaluación de los objetivos propuestos. De esta forma, el modelo original de Tyler puso énfasis en la definición clara y precisa de objetivos conductuales como base para una intervención tecnológica en el aula.

En este modelo de diseño, las decisiones de lo que debe ser enseñado y cómo debe ser enseñado se toman en instancias administrativas. Al profesor le corresponde la tarea de planificar la actividad para un período de tiempo mediante la selección de grupos predefinidos de objetivos, contenidos, actividades...

Al margen de la descontextualización de las decisiones respecto a los contenidos, objetivos, materiales... al margen de la no implicación del profesorado y otros agentes de la comunidad educativa en tales decisiones; el gran problema que plantea este modelo técnico se plantea a la hora de diseñar procesos educativos de "inducción" al conocimiento. Precisamente, según Stenhouse (1984), estos procesos de comprensión, de valoración, de planificación y solución de problemas... son valiosos en la medida en que proporcionan tareas que tienen múltiples formas de realización y ofrecen una variedad de resultados válidos.

A continuación ofrecemos un cuadro resumen donde se encuentran las opciones tomadas por este modelo técnico de diseño curricular.

Modelos de diseño técnico o por objetivos	
Teoría curricular	
Base sociológica: Transmisión y reproducción.	
Base psicológica: Intervención direccional.	
Currículo	
Como planificación de los fines instructivos a conseguir.	
Momentos en la realización del currículo	
— Diseño (llevado a cabo por especialistas en ausencia total del profesor).	
1. Definición de objetivos conductuales (taxonomías).	
2. Identificación de contenidos de conocimiento para la consecución de los objetivos.	
3. Identificación de materiales y medios.	
— Desarrollo:	<ul style="list-style-type: none"> • Traslación inflexible y cerrada del diseño a la práctica. • Agentes: <ul style="list-style-type: none"> * profesor ejecutor de lo dado. * alumno: emisor de respuestas. • Profesor - alumno <ul style="list-style-type: none"> * unidireccional * relación causal
— Evaluación:	<ul style="list-style-type: none"> • De resultados mensurables. • Como validación de resultados. • Para un pronóstico.

Modelo centrado en los procesos: el currículo como propuesta educativa, como proyecto a verificar en la práctica real y concreta

Este modelo está orientado desde la racionalidad práctica o interpretativa que resalta la ciencia sociocultural y la distingue de las Ciencias de la Naturaleza. Se plantea que cada situación social puede ser definida por un conjunto de patrones de comportamiento y una serie de interacciones simbólicas que determinan marcos de referencia que posibilitan interpretar hechos sociales y, consecuentemente, darles significados y valorarlos. Asimismo, se contempla que en el mundo social y cultural las acciones humanas tienen que ser analizadas y entendidas a partir de la intencionalidad y del significado conferido por los sujetos.

De esta forma, el conocimiento no se descubre, sino que se genera y produce en las interacciones humanas. Consecuentemente, este conocimiento resultante de la actividad humana, cargado de ambigüedad, provisionalidad y relatividad situacional, es, en parte, histórico y convencional.

Respecto a la relación teoría-práctica, desde la racionalidad interpretativa se concibe la reflexión y deliberación como la generación de un saber que posibilita aplicar correctamente principios teóricos a situaciones muy concretas. Así pues, en los ámbitos de enseñanza, se intenta derivar la acción más idónea desde un punto de vista situacional para alcanzar una finalidad que se haya definido a partir de la reflexión sobre la práctica. De esta forma, la intervención del profesor se configura como una acción consciente determinada por una reflexión e interpretación de la realidad escolar. La teoría, pues, tiene como misión mejorar la práctica pero orientándola desde la comprensión de la misma. Teoría y práctica son dos principios unidos que se influyen mutuamente, considerando la norma de intervención en los espacios educativos como orientativa y provisional en vez de aplicativa y única.

Sobre la relación escuela y sociedad, la educación es una vía privilegiada para paliar y corregir disfunciones sociales e institucionales, sin pretender buscar otro modelo de sociedad ni alterar las relaciones de clases.

Desde estos planteamientos, el profesor tiene mayor competencia profesional pues es capaz de reflexionar para intervenir en decisiones sobre qué, cómo y cuándo enseñar. Esto, a su vez, le permitirá actuar consecuentemente sobre su práctica.

De esta forma, los equipos de profesores organizarán contenidos y diseñarán tareas que lleven a un trabajo coherente y lleno de significado para los alumnos. Son considerados como investigadores en la acción, que entienden la praxis como acciones informadas por juicios reflexivos.

Este modelo de diseño del currículo se preocupa por las nociones de comprensión, significado y acción. Se entiende el currículo como un proceso de reflexión, de crítica y de revisión e innovación constantes. Es un modelo que intenta transformar la práctica.

Stenhouse (1984), a nuestro juicio la principal figura del modelo de investigación en la acción, recibe aportaciones de los planteamientos de Peters (1966) y Schwab (1964). Para Peters son los valores y principios y no los resultados observables lo que convierten un proceso en educativo. Schwab distingue en las formas disciplinadas de conocimiento científico dos componentes: 1) Una estructura sustantiva (conjunto de conceptos, principios y

modelos) y 2) una estructura sintáctica (la lógica que orienta la forma de proceder y las estrategias de investigación).

Estas aportaciones permiten a Stenhouse diseñar racionalmente el currículo mediante la especificación de contenidos y principios de procedimiento. Los contenidos representan formas particulares de conocimiento intrínsecamente valiosas y pueden seleccionarse para ejemplificar los procedimientos más importantes, los conceptos claves y las áreas y situaciones en las que se aplican los criterios. Porque el conocimiento no es un cuerpo estático y acabado de conocimiento perenne, como defendía la filosofía perennialista del currículo, sino un producto de la actividad racional del hombre, el diseño del currículo se debe centrar más en procedimientos y estrategias de búsqueda y entretenimiento que en métodos y formas de transmisión; pues conocer no es acumular, sino comprender e investigar.

Para Stenhouse, tres son, al menos, los problemas que afectan a la construcción del currículo: a) cómo justificar críticamente las ideas o intenciones educativas del currículo; b) cómo relacionar los componentes político-morales de estas intenciones con acciones educativas concretas, es decir, con qué criterios vamos a seleccionar contenidos, estrategias de enseñanza, etc.; c) cómo asegurar la coherencia entre intenciones y actuaciones curriculares ante las situaciones complejas e inciertas del aula.

Así pues, desde la racionalidad práctica, el diseño del currículo es flexible, inacabado. El maestro y los alumnos elaborarán el currículo explorando, indagando y sometiendo a prueba los presupuestos de partida. Este modelo exige del profesor una actitud investigadora y un clima de aula que favorezca la búsqueda, el contraste. El profesor no es visto ya como un mero ejecutor o transmisor, ni la planificación se separa de la ejecución, ya que la elaboración no se ve como ajena a la puesta en práctica del currículo. (Al desarrollarse el currículo se va reelaborando). Frente al profesor como mero ejecutor de los objetivos dictados por los especialistas, al que no sólo se le desprofesionaliza, sino que los mismos teóricos del modelo de objetivos le obligan a que eluda la responsabilidad de generarlos él mismo, surge el concebir al profesorado como inmerso en la dinámica del aula e investigador continuo de la realidad que de ella se deriva. Mediante una formación científica, técnica y psicopedagógica el profesor se encuentra en condiciones de comprender su propia labor y de detectar las posibilidades de cambio y mejora que pueden realizarse en su quehacer diario.

A continuación ofrecemos un cuadro resumen donde se encuentran las opciones tomadas por el modelo procesual o de investigación acción de diseño del currículo.

¿Se puede hablar de un modelo sociocrítico de diseño del currículo?

Hablamos de modelo sociocrítico aunque quizás fuera más preciso hablar de concepción y no de modelo de diseño ya que la perspectiva sociocrítica supone la ausencia de diseño. Esta concepción curricular crítica es antipositivista, antifuncionalista y antitecnocrática, situándose, por lo tanto, en el otro extremo de los planteamientos tecnológico-eficientistas, caracterizados por mostrar diseños rígidos y acabados con pormenorizadas prescripciones de instrucción, transformando al currículo en un asunto de métodos eficaces.

El análisis realizado de este enfoque está orientado desde el marco de la racionalidad crítica. Esta conjuga dos elementos básicos: crítica y acción.

Modelo centrado en el proceso

Teoría curricular

Base sociológica: Transmisión y transformación.

Base psicológica: Intervención orientadora.

Currículo

Como proyecto y proceso a verificar.

Momentos en la realización del currículo

- Diseño (llevado a cabo por especialistas en colaboración directa con el profesor).
 1. Definición de principios de procedimiento.
 2. Identificación de contenidos de conocimiento que son valiosos en sí mismos.
 3. Identificación de materiales y medios.
- Desarrollo:
 - Traslación, susceptible de innovación en función de las variables contextuales, del diseño a la práctica.
 - Agentes: * Profesor: investigador, orientador.
* Alumno: procesador de información.
 - Profesor - alumno
 - * bidireccional
 - * interrelación
- Evaluación:
 - De proceso.
 - Como crítica constructiva.
 - Para un diagnóstico.

Respecto a la relación teoría-práctica, la teoría crítica tiene como propósito entender las relaciones entre valores, intereses y acciones; y desde esta comprensión, cambiar todas las limitaciones estructurales y contradicciones que impiden que una determinada sociedad sea más racional y justa. La teoría, además de guiar o iluminar la práctica desde el conocimiento generado por la reflexión sobre lo que ocurre en ésta, tiene que entrar en los problemas de valor sobre la dirección de los fines educativos y sociales. La teoría, pues, se concibe como un medio puesto al servicio de las personas protagonistas de las situaciones para hacerlas conscientes de su papel y darles referentes para orientar su acción.

El conocimiento desde la racionalidad crítica no sólo tiende a ayudar a solucionar o tomar decisiones sobre problemas inmediatos acaecidos dentro de unos procesos sociales como los del aula, sino también a explicitar los determinantes de tales procesos. Sólo conociendo los condicionamientos externos al aula y al centro escolar se podrá ir más allá de la solución de los problemas, pues se entenderá la razón de éstos así como las consecuencias de las acciones que se emprendan.

Desde un punto de vista de las relaciones escuela-sociedad, los enfoques críticos consideran que las instituciones educativas pueden ejercer un papel decisivo en la transformación y el cambio de los modelos de sociedad

existentes. Con este fin se pretende dar respuesta a interrogantes como ¿cuál es la función de la escuela en la distribución del conocimiento en una sociedad desigual?

El profesor es considerado como un profesional capaz de analizar las relaciones entre los valores, intereses y acciones de las diferentes situaciones sociales e institucionales y, desde esta comprensión, transformarlas y cambiarlas hasta que adquieran significado y sentido deseado por la comunidad escolar e institucional donde tienen lugar tales situaciones.

De esta forma Apple dice que la búsqueda de una metodología neutral y la transformación constante de esta área en un "instrumento neutral" al servicio de intereses estructuralmente no neutrales, sólo servirían para ocultarnos el contexto político y económico de nuestro trabajo. Asimismo, se contempla que las realidades sociales no son realidades autónomas y no pueden conocerse objetiva y asépticamente. Ninguna teoría es neutral ni está desvinculada de su contexto. Toda teoría y práctica curricular está vinculada a factores sociales, políticos y culturales.

En todo grupo humano existen unos intereses socioeconómicos dominantes, unas ideologías hegemónicas que tratan de reproducirse y legitimarse mediante el sistema educativo que se convierte en reflejo de la distribución del poder y de los principios orientados al control social.

Ante esta perspectiva, el modelo sociocrítico se preocupa de esclarecer y evidenciar cómo operan los valores dominantes a través del conocimiento escolar seleccionado, transmitido y distribuido, a través de los materiales utilizados, a través de las actividades educativas propuestas; analiza hasta qué punto estos valores se aceptan, se internalizan o se rechazan dado que el ser humano es un ser activo y crítico con poder de reelaborar, resistir y transformar los mensajes en la construcción de significados, ya que pensamos que los procesos de enseñanza y aprendizaje no son meros procesos mecánicos en los que las presiones externas moldean a los estudiantes. La escuela no es necesariamente un espejo pasivo sino una fuerza activa.

El desarrollo del currículo debe ir más allá de la crítica, abordando la *praxis* crítica; es decir, una forma de práctica en la que la ilustración de los agentes tenga su consecuencia directa en una acción social transformada que permita la emancipación de las personas superando y transformando la irracionalidad y la injusticia que desvirtúa sus vidas. La ciencia social crítica supone todo un proceso de reflexión que permita un entendimiento sistemático de las condiciones que configuran y determinan el currículo, lo que requiere que los participantes se conviertan en comunidades autocríticas de investigadores.



Actividades

Para desarrollar las siguientes actividades es preciso:

- Preparar, seleccionar y adquirir materiales de diferentes tipos (vídeos, libros, programas de ordenador, textos, montajes audiovisuales...) intentando recoger ejemplos de las distintas estructuras y filosofías que existen en cada uno de ellos.
- Formar grupos, con 5 o 6 personas cada uno, para generar debates sobre interrogantes, o procesos de análisis, reflexión y discusión sobre unos materiales.
- Plantear cuestiones e interrogantes a cada grupo.
- Hacer puestas en común.

Se proponen tres tipos de tareas:

Preguntas para un debate

Se pretende generar discusiones sobre temas y cuestiones como los siguientes:

-
- Los materiales que habéis utilizado en vuestro trabajo docente (libros de texto, vídeos...), ¿favorecían la interacción y la toma de decisiones de los alumnos?, ¿se fomentaba la consulta de otras fuentes de información?, ¿eran esos materiales necesarios y suficientes para aprobar los exámenes (pues contenían las preguntas y respuestas)?
 - ¿Qué relación existe entre el uso que se hace de los medios y materiales y los beneficios que proporcionan a los alumnos?, ¿es aconsejable que en el currículo, entendido como plan de cultura, existan unas recomendaciones sobre el tipo de uso que se debe hacer de los medios y materiales?, en caso afirmativo ¿quién o quiénes deberían establecer esas orientaciones?, si se detecta en la práctica del aula que un uso de los medios preconizado en el currículo evita ciertos beneficios cognitivos y obstaculiza el desarrollo social de los alumnos, ¿cómo procederíais?
 - ¿Qué aspectos de la cultura en la que viven unos alumnos son necesarios y básicos para que entiendan su entorno y se relacionen con él?
 - ¿Qué experiencias y tareas deben generarse y desarrollarse en las aulas para materializar o concretar en la acción los anteriores valores y concepciones del ser humano, sociedad...?
 - El currículo como cultura, ¿permite analizar y entender los fenómenos y situaciones del aula desde una perspectiva más amplia? Y, consecuentemente, ¿ha posibilitado poner de manifiesto los elementos externos al aula (criterios para la selección de la cultura que se ha de experimentar y asumir, orientaciones metodológicas y de usos de materiales...) que condicionan, en mayor o menos grado, lo que sucede en ella?
 - Ante las dificultades e imprevistos en el aula, ¿qué elementos utilizáis o "traéis" a vuestra mente para solucionarlos?, ¿habéis notado alguna evolución en la forma de afrontar esos imprevistos y dificultades de la enseñanza interactiva?, ¿qué ha sido lo que más os ha ayudado en esa evolución?
 - ¿Qué valoración os merecen unos planes de trabajo que propongan tareas de debate y reflexión en grupo y luego se valore dichas actividades mediante exámenes para conocer el nivel de información adquirido por los alumnos?
 - ¿Qué valoración os merece solicitar a los grupos de profesores la realización de proyectos curriculares y que más tarde, sean evaluados tales proyectos por la administración de un país?
 - Respecto a la evaluación que practicáis, ¿vuestras clases seguirían siendo las mismas si de pronto suprimiéseis el sistema de calificaciones?, ¿qué tipos de alumnos son los más alejados de vosotros?, ¿qué calificación reciben los alumnos que conocéis menos, comparada con la media de la clase?

Estudio de un caso

Dentro de los procesos de evaluación, pensad en un alumno que no alcanza los criterios mínimos para aprobar, pero que hace un esfuerzo por superarse. Además existe la certeza que en ese caso, un suspenso puede hundir al alumno, mientras que un aprobado lo ayudará a superarse.

¿Cómo procederíais?

¿Es objetiva vuestra decisión?

¿Es ética vuestra decisión?

¿Cómo la justificaríais didácticamente?

Bibliografía de ampliación

ALVÁREZ, J. M. (1987): *Didáctica, currículo y evaluación: ensayos sobre cuestiones didácticas*. Barcelona: Alamex.

Es una obra donde su autor analiza diferentes temas de los expuestos en las páginas anteriores. Entre otros, está el tema de la interdisciplinariedad como principio organizador del currículo, la evaluación cualitativa, la formación del docente.

BAUTISTA, A. (1989): "El uso de los medios desde los modelos del currículo". *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 3-4, pp. 39-52.

En este artículo se distinguen tres tipos de usos de los medios y se analizan las ventajas y limitaciones de cada uno de ellos.

CARR, W., y KEMMIS, W. (1988): *Teoría crítica de la enseñanza*. Barcelona: Martínez Roca.

Adecuado para profundizar en las bases epistemológicas del currículo, así como para analizar las tres teorías del currículo propuestas y sus implicaciones en la formación del profesorado.

CONTRERAS DOMINGO, J. (1985): "¿El pensamiento o el conocimiento del profesor? Una crítica a los postulados de las investigaciones sobre el pensamiento del profesor y sus implicaciones en la formación del profesorado." *Revista de Educación*, 277, pp. 5-28.

Artículo que no necesita comentario ante la claridad y extensión de su título.

DICKSON, P. (1989): "¿Software que hace pensar? La yuxtaposición de sistemas simbólicos". *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 3-4, pp. 23-38.

Este autor presenta diez ejemplos programas de ordenador que utilizan la multi-representación. Asimismo, expone las razones teóricas y empíricas que lo han llevado a proponer esta yuxtaposición de sistemas simbólicos.

ELLIOTT, J. (1990): *La investigación acción en educación*. Madrid: Morata.

Tanto el propio libro como la presentación hecha por Angel Pérez Gómez expresan los aspectos relevantes de la práctica educativa, así como sus implicaciones en el diseño de la misma.

GIMENO, J. (1982): *La pedagogía por objetivos: Obsesión por la eficiencia*. Madrid: Morata.

Un libro adecuado para comprender los aspectos básicos del modelo tecnológico de diseño del Currículo, así como para analizar meticulosamente las deficiencias y limitaciones que presenta.

GIMENO, J. (1988): *El Currículo: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.

Esta obra presenta ampliamente la conceptualización y los planteamientos que sobre el currículo se han hecho en este documento. José Gimeno contempla el currículo como una concurrencia de prácticas y de agentes. Esto le ha llevado a analizarlo desde seis ámbitos: el currículo prescrito, el presentado a los profesores, el moldeado por los profesores, el currículo en acción, el realizado y el evaluado.

KEMMIS, S. (1988): *El Currículo: más allá de la teoría de la reproducción*. Madrid: Morata.

La existencia de diversos enfoques filosóficos e ideológicos sobre el campo de la enseñanza, explica que Kemmis dedique toda su obra a desarrollar las bases de tres teorías sobre el currículo.

KEMMIS, S., y McTAGGART, R. (1988): *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Laertes.

Una obra recomendada para analizar las bases de una planificación crítica del currículo. También se exponen ejemplificaciones y principios de procedimientos para la investigación-acción.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1988): *Currículo y Enseñanza: Análisis de componentes*. Málaga: Secretariado de Publicaciones. Universidad de Málaga.

Una obra adecuada para hacer un análisis conceptual y relacional de los diferentes elementos del currículo y de la Enseñanza.

PÉREZ GÓMEZ, A., y GIMENO SACRISTÁN, J. (1988): "Pensamiento y acción del profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico". *Infancia y Aprendizaje*, 42, pp. 37-63.

Un artículo extenso donde se hace una revisión rigurosa de los planteamientos actuales en la formación del profesorado. Se inicia el análisis con los enfoques cognitivos y se termina revisando unos planteamientos emergentes donde tiene relevancia el estudio del conocimiento práctico del profesor.

STENHOUSE, L. (1984): *Investigación y desarrollo del currículo*. Madrid: Morata.

Posiblemente la obra principal de este autor, expresa todas las bases del modelo procesual de diseño del currículo.

TORRES, X. (1987-88): "Diseño del currículo". *Nuestra Escuela*, Diciembre-Enero, pp. 7-12.

TORRES, X. (1989): "Libros de texto y control del currículo". *Cuadernos de Pedagogía*, 168, pp. 50-55.

Xurxo Torres Santomé presenta en ambos artículos un análisis meticuloso sobre el papel que tienen los libros de texto tanto en el control de lo que sucede en las aulas como en la reproducción de hegemonías, intereses, concepciones de la ciencia y del conocimiento...

TORRES, X. (1991): *El currículo oculto*. Madrid: Morata.

Una obra adecuada para analizar con detalle el papel que tiene la escuela en las relaciones educación-sociedad desde diferentes racionalidades, así como para entender las teorías y mecanismos de legitimación utilizados para conseguir tales propósitos.

TYLER, R. W. (1949): *Basic Principles of Currículo and Instuction*. Chicago: University of Chicago Press. (Traducción española: *Principios básicos del currículo*. 2.ª edición. Buenos Aires: Troquel.

Obra clásica en el campo de la teoría curricular, donde el autor justifica y fundamenta la teoría, el diseño y el desarrollo del currículo desde una racionalidad técnica.



DIRECCIÓN GENERAL de RENOVACIÓN PEDAGÓGICA

Subdirección GENERAL
de FORMACIÓN del PROFESORADO