



**EVALUACIÓN DEL  
CONOCIMIENTO Y  
SU ADQUISICIÓN**

**Vol. II  
Ciencias Naturales y Experimentales**

Jesús Alonso Tapia

**Ministerio de Educación y Cultura**

**CIDE**

**H/ 2895-2**

412895-2

CVA

Jesús Alonso Tapia (Dir.)

**EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO  
Y SU ADQUISICIÓN**

**Vol. II**

**Ciencias Naturales y Experimentales**



**DONATIVO**

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA  
BIBLIOTECA

10 FEB. 1998

**ENTRADA**

R.117.730

**Universidad Autónoma de Madrid**

**1997**

NA.14113(2)



Número: 132 II

Colección: INVESTIGACIÓN



© MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA  
Secretaría de Estado de Educación  
Dirección General de Renovación Pedagógica  
Centro de Investigación y Documentación Educativa  
EDITA: CENTRO DE PUBLICACIONES -Secretaría General Técnica  
I.S.B.N.: 84-369-3037-1 (VOLUMEN II)  
I.S.B.N.: 84-369-3035-5 (OBRA COMPLETA)  
Depósito legal: M-42.158-1997  
Imprenta; RAYCAR, S.A.  
C/ Matilde Hernández, 27 - 28019 - MADRID

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración a los profesores y alumnos de los colegios e institutos que se mencionan a continuación, colaboración sin la cual hubiera sido imposible la realización de este trabajo.

Col. Beata María Ana de Jesús, de Madrid.

Col. Ciudad de Nara, de Toledo

Col. Nuestra Sra. de los Infantes, de Toledo.

Col. Nuestra Sra. de la Merced, de Madrid.

Col. Padre Manyanet de Alcobendas, Madrid.

Col. San Agustín, de Madrid.

Col. Santa Cristina, de Madrid.

Col. Virgen de Lourdes, de Madrid.

CP. Rubén Darío, de Madrid.

CP. S. Juan Bautista, de Madrid.

CP. Severo Ochoa, de Leganés, Madrid.

CP. Virgen del Rosario, de Valdemoro, Madrid.

IB Manuel de Falla, de Móstoles, Madrid.

IES Conde de Orgaz, de Madrid.

IES García Morato, de Madrid.

IES Julio Verne, de Leganés, Madrid.

IES Lope de Vega, de Madrid.

IES Los Castillos, de Alcorcón, Madrid.

IES María Zambrano, de Leganés, Madrid.

IES Marqués de Santillana, de Colmenar Viejo, Madrid.

IES Pedro Antonio de Nebrija, de Madrid.

IES Pedro de Tolosa de San Martín de Valdeiglesias, Madrid.

IES Ramón y Cajal de Madrid.

IFP Parque Aluche, de Madrid.

---

## ÍNDICE DE AUTORES

*M<sup>a</sup> Asunción Acera Andrés.* Directora del Dpto. de Orientación del IES Los Castillos de Alcorcón, Madrid.

*Jesús Alonso Tapia.* Profesor Titular de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

*Leonardo Antolí Vaño.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Matemáticas, en el IB Manuel de Falla de Móstoles, Madrid.

*Fermín Asensio Chapapría.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Geografía e Historia, en el IES María Zambrano de Leganés, Madrid.

*Santos Callejo Fernández.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Biología, en el IES Marqués de Santillana de Colmenar Viejo, Madrid.

*M<sup>a</sup> Teresa Cantero Garrido.* Profesora de Enseñanza Secundaria, área de Legua Castellana y Literatura, en el IES García Morato de Madrid.

*M<sup>a</sup> José Díaz-Jorge Rodríguez.* Orientadora escolar, miembro del Equipo de Orientación Educativa y Psicopedagógica de Fuenlabrada, Madrid.

*Pedro Antonio Flores Boyero.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Geografía e Historia en el IES Alonso Quijano de Alcalá de Henares, Madrid.

*José Francisco Guía Esteban.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Religión, en el IES Pedro de Tolosa de San Martín de Valdeiglesias, Madrid.

*Pilar Hernández García.* Profesora de Formación Profesional, especialidad de Educación Infantil, en el IFP Misericordia, de Valencia.

*M<sup>a</sup> Teresa Herrero García.* Directora del Dpto. de Orientación del IES Gonzalo Torrente Ballester, de San Sebastián de los Reyes, Madrid.

*Rosa Laguna Candelas.* Profesora de Enseñanza Secundaria, área de Filosofía, en el IES García Morato, de Madrid.

*M<sup>a</sup> Celia López González.* Asesora de Tecnología y Formación Profesional en el Centro de Profesores y Recursos de Alcorcón, Madrid.

*M<sup>a</sup> Luisa López Herranz.* Directora del Dpto. de Orientación del IES Julio Verne, de Madrid.

*Sagrario Mansilla Izquierdo.* Catedrática de Enseñanza Secundaria, área de Geografía e Historia, en el IES Conde de Orgaz, de Madrid.

*Julio Olea Díaz.* Profesor Titular de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid.

*M<sup>a</sup> del Carmen Pérez de Landazábal.* Investigadora del Instituto de Electrónica de Comunicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

*José María Salguero Juan y Seva.* Director del Departamento de Orientación del IES Antonio López García de Getafe, Madrid.

*M<sup>a</sup> Almudena Seguela Arregui.* Profesora de Enseñanza Secundaria, área de Lengua Francesa, en el IES Rosa Chacel de Colmenar Viejo, Madrid.

*M<sup>a</sup> del Carmen Setién Rupérez.* Profesora de Enseñanza Secundaria, área de Griego, en el IES Lope de Vega de Madrid.

*M<sup>a</sup> Luisa Torres Guerri.* Profesora de Enseñanza Secundaria. área de Lengua Castellana y Literatura, en el IES Ramón y Cajal de Madrid.

*Francisco Truchero Delgado.* Profesor de Enseñanza Secundaria, área de Lengua Castellana y Literatura, en el IES Camilo José Cela de Pozuelo de Alarcón, Madrid.

*Jose Luis Villa Arocena,* Jefe del Departamento de Orientación del IES Ignacio Ellacuría de Alcalá de Henares, Madrid.

## ÍNDICE

## VOLUMEN I

INTRODUCCIÓN .....	11
Capítulo 1. Evaluación del conocimiento: propósito, criterios, contexto y problemas .....	17
<i>Jesús Alonso Tapia</i>	
1.1. Propósito de la evaluación .....	19
1.2. Criterios de conocimiento y aprendizaje .....	21
1.3. Determinantes cognitivos del éxito y el fracaso .....	35
1.4. Contextualización de la evaluación .....	43
1.5. Evaluación y calificación: establecimiento del punto de corte.....	50
1.6. Problemas pendientes y planteamiento de la investigación .....	56
Capítulo 2. Modelos de evaluación en la Ciencias Sociales .....	61
<i>Jesús Alonso Tapia, Fermín Asensio Chaparría,</i>	
<i>José M<sup>a</sup> Salguero Juan y Seva, y José Luis Villa Arocena</i>	
2.1. Introducción .....	62
2.2. Modelo 1: Evaluación inicial de conocimientos previos.....	74
2.3. Modelo 2: Evaluación de la organización conceptual y de la precisión del razonamiento sobre problemas históricos mediante tareas abiertas .....	108
2.4. Modelo 3: Evaluación sistemática de conocimientos y capacidades en una unidad didáctica .....	154
2.5. Evaluación de conocimiento en Ciencias Sociales, Geografía e Historia en 1º y 2º de E.S.O.: .....	211
Conclusión:	
Apéndices .....	223
Ap. 2.1. Batería AP-S: Prueba de conocimientos iniciales.....	227
Ap. 2.2. ....	267
a) Prueba abierta sobre “Descubrimientos geográficos y colonización de nuevos territorios” .....	269
b) Prueba abierta sobre “La Revolución Industrial” .....	273

Ap. 2.3.	.....	279
	a) Batería AP-S: Prueba cerrada sobre “Descubrimientos geográficos y colonización de nuevos territorios” .....	281
	b) Prueba cerrada sobre “La Revolución Industrial” .....	315
	c) Prueba cerrada sobre “La Revolución Francesa” .....	325
Ap. 2.4.	Alternativas correctas a cada una de las preguntas .....	351
Ap. 2.5.	Material utilizado para la valoración de las pruebas .....	351
Referencias	.....	363

## VOLUMEN 2

INTRODUCCIÓN	.....	381
Capítulo 1.	Evaluación del conocimiento: propósito, criterios, contexto y problemas .....	387
	<i>Jesús Alonso Tapia</i>	
1.1.	Propósito de la evaluación.....	389
1.2.	Criterios de conocimiento y aprendizaje .....	391
1.3.	Determinantes cognitivos del éxito y el fracaso .....	405
1.4.	Contextualización de la evaluación .....	413
1.5.	Evaluación y calificación: establecimiento del punto de corte .....	420
1.6.	Problemas pendientes y planteamiento de la investigación.....	426
Capítulo 2	Modelos de evaluación para las ciencias de la naturaleza .....	431
	<i>Jesús Alonso Tapia y Carmen Pérez de Landazabal</i>	
2.1.	Introducción.....	433
2.2.	Ejemplo 1: El aire y el agua .....	447
2.3.	Ejemplo 2: La corriente eléctrica.....	465
2.4.	Ejemplo 3: La reproducción de los seres pluricelulares.....	484
2.5.	Ejemplo 4: Nociones de Genética.....	503
2.6.	Ejemplo 5: Diversidad y unidad de estructura de la materia.....	525
2.7.	Ejemplo 6: Los cambios químicos.....	553
2.8.	Evaluación del conocimiento en Ciencias de la naturaleza en 1º y 2º de E.S.O.:.....	576

Conclusión:

Apéndices .....	585
Ap. 2.1. Bateria AP-N: El aire y el agua.....	587
Ap. 2.2. Bateria AP-N: L a corriente eléctrica.....	599
Ap. 2.3. Bateria AP-N: La reproducción de los seres pluricelulares .....	613
Ap. 2.4. Bateria AP-N: Nociones de Genética .....	625
Ap. 2.5. Bateria AP-N: Diversidad y unidad de estructura de la materia .....	637
Ap. 2.6. Bateria AP-N: Los cambios químicos .....	651
Ap. 2.7. Criterios de corrección.....	663
Ap. 2.8. Material utilizado para la valoración de la pruebas .....	667
Referencias .....	673

### VOLUMEN 3

INTRODUCCIÓN .....	695
Capítulo 1. Evaluación del conocimiento: propósito, criterios, contexto y problemas .....	701
<i>Jesús Alonso Tapia</i>	
1.1. Propósito de la evaluación .....	703
1.2. Criterios de conocimiento y aprendizaje .....	705
1.3. Determinantes cognitivos del éxito y el fracaso .....	719
1.4. Contextualización de la evaluación .....	727
1.5. Evaluación y calificación: establecimiento del punto de corte .....	734
1.6. Problemas pendientes y planteamiento de la investigación .....	740
Capítulo 2. Modelos de evaluación de los conocimientos matemáticos.....	745
<i>Jesús Alonso Tapia y Julio Olea Díaz</i>	
2.1. Introducción.....	747
2.2. Modelo 1: Números enteros: números negativos.....	761
2.3. Modelo 2: Proporcionalidad .....	782
2.4. Modelo 3: Numeros racionales.....	802
2.5. Modelo 4: Ecuaciones .....	821
2.6. Evaluación del conocimiento en Matemáticas en 1º y 2º de E.S.O.: .....	836

Conclusión:	
Apéndices .....	843
Ap. 2.1. Bateria AP-M: Números enteros .....	845
Ap. 2.2. Bateria AP-M: Proporcionalidad .....	863
Ap. 2.3. Bateria AP-M: Números racionales.....	877
Ap. 2.4. Bateria AP-M: Ecuaciones .....	893
Ap. 2.5. Criterios de corrección.....	909
Ap. 2.6. Material utilizado para la valoración de las pruebas .....	911
Capítulo 3. Un modelo para la evaluación colegiada de la capacidad de comprensión lectora al término de la E.S.O.....	919
<i>J. Alonso Tapia, M.A. Acera Andrés, L. Antolí Vaño, S. Callejo Fernández, M.T. Cantero Garrido, M.J. Díaz Jorge, P. Flores Boyero, J. Guía Esteban, P. Hernández García, M. T. Herrero García, R. Laguna Candelas, M.c. López González, M.L. López Herranz, S. Mansilla Izquierdo, A Seguela Arregui, M.c. Setién Rupérez, M.L. Torres Guerri, F. Truchero Delgado.</i>	
3.1. Introducción.....	921
3.2. Desarrollo y valoración del instrumento de evaluación.....	926
3.3. Conclusión.....	945
Apéndices .....	947
Ap 3.1. Bateria CL-4: Evaluación de la comprensión lectora al término de la E.S.O .....	949
Ap. 3.2. Alternativas correctas a cada una de las preguntas .....	983
Ap. 3.3. Baremos para la interpretación normativa de las puntuaciones .....	985
Referencias .....	987

## INTRODUCCIÓN

Todo profesor tiene una idea de qué es evaluar y de los fines para los que debe servir la evaluación. Para la mayoría implica básicamente hacer preguntas o proponer la resolución de tareas o problemas a los alumnos para determinar el grado en que han aprendido unos conocimientos o asimilado ciertas reglas y, de este modo, decidir si un alumno aprueba o no y, en este último caso, sobre qué aspectos del contenido a aprender es preciso seguir insistiendo. Toda evaluación, sin embargo, plantea a profesores y profesoras varios problemas. ¿Hasta qué punto la información obtenida constituye un indicador válido de lo que el sujeto sabe? ¿Qué significa "saber"? Supuesto que un alumno parezca no saber algo, ¿se deduce de la información obtenida qué tipo de ayudas es preciso proporcionarle para que pueda progresar? ¿Es correcto promocionar o no promocionar al sujeto en función de la información obtenida? ¿Qué características debe tener esta información para constituir un criterio de promoción válido?

El hecho de que los profesores evalúen a sus alumnos y decidan quienes pasan y quienes deben seguir trabajando la parte de la materia que parecen desconocer lleva consigo una respuesta a las cuestiones anteriores. Se trata, sin embargo, de una respuesta que muchas veces no deja satisfechos a los profesores ya que existen distintos hechos que ponen de manifiesto su inadecuación. Por un lado, el hecho de que, al poco tiempo de haber sido evaluados, muchos alumnos no recuerden gran parte de lo que parecían saber plantea el problema de hasta qué punto el haber sido capaz de recordar algo en el momento de la evaluación constituye un indicador válido de aprendizaje. En segundo lugar, el hecho de que muchos alumnos y alumnas, aun recordando principios y reglas, no sepan usar sus conocimientos cuando se encuentran en su vida cotidiana con situaciones en las que podrían serles útiles, muestra

la inadecuación de equiparar recuerdo a saber cuando lo que en el fondo se desea es que los alumnos "sean capaces de hacer algo con aquello que recuerdan". En tercer lugar, cuando se comprueba a través de las evaluaciones que los alumnos no saben algo, lo normal es decidir que sigan trabajando sobre ello. No obstante, a pesar de recibir "más de lo mismo" muchos alumnos no sólo no progresan, sino que su aversión hacia la materia o hacia las tareas en cuestión aumenta. Esto pone de manifiesto otro hecho problemático, a saber, que con frecuencia la forma en que se evalúa a los alumnos sólo permite saber si saben algo o no, pero no a qué se debe su falta de progreso en caso de que no respondan o no realicen las tareas de evaluación adecuadamente.

La incertidumbre de muchos profesores sobre la adecuación de la forma en que evalúan a sus alumnos no deriva sólo de los hechos anteriores. Dentro de nuestro actual sistema educativo, en los niveles obligatorios en que los alumnos tienen varios profesores, éstos deben evaluarles colegiadamente y decidir su promoción en base al grado en que, trabajando distintos contenidos, han desarrollado ciertas capacidades especificadas como tales en los objetivos del Diseño Curricular Base (DCB). Se trata de una situación nueva en relación con las prácticas tradicionales de evaluación en donde evaluar colegiadamente significaba en la práctica -como mucho- decidir si se aprobaba o suspendía a un alumno en función de la configuración de las notas individuales obtenidas en las distintas materias con independencia de lo que estas notas individuales significasen, hecho comprobado en un estudio reciente (Villa y Alonso-Tapia, 1996). Ante la demanda que plantea esta situación muchos profesores echan en falta orientaciones prácticas sobre cómo llevar a cabo el tipo de evaluación que se les propone.

A la luz de los hechos anteriores parece, pues, necesario desarrollar estrategias y modelos de evaluación que permitan a los profesores superar los problemas mencionados. Esto implica varias cosas. Por un lado, la información proporcionada por la evaluación debe poner de manifiesto no sólo lo que un alumno recuerda o sabe hacer mecánicamente sino el grado en que ha comprendido y asimilado unos conocimientos y en que el saber adquirido es funcional, esto es, es aplicado y utilizado espontáneamente en las situaciones adecuadas. Por otro lado, la información obtenida debe sugerir qué ayudas dar a los alumnos para que puedan progresar, para lo que es preciso que indique el origen de sus dificultades. Además, el planteamiento de la evaluación debe hacerse de modo que se evite la desmotivación que las formas tradicionales de evaluación y las decisiones que se toman en base a las mismas producen a menudo en los alumnos, para lo que es preciso que constituyan una oportunidad para aprender a partir de los propios errores y para interiori-

zar criterios que les permitan autoevaluarse. Finalmente, debe permitir la evaluación colegiada de las capacidades que constituyen los objetivos de referencia hacia los que debe orientarse la enseñanza, de acuerdo con el DCB, en los niveles educativos en que ello sea necesario. Sin embargo, con excepción de algunos trabajos incipientes (Frederiksen, Glaser, Lesgold y Shafto, 1990; Alonso-Tapia, Asensio y otros, 1993; Carpenter, Fennema y Romberg, 1993) apenas hay modelos que reúnan tales características, razón que nos ha movido a desarrollar el presente trabajo.

Dadas las características del tema que nos ocupa y el estado actual de los conocimientos sobre el mismo, ha sido preciso, en primer lugar, revisar qué supone el proceso de evaluación, qué decisiones implica y qué factores afectan a esas decisiones. Esta revisión, recogida en el primer capítulo, ha permitido esclarecer qué puede considerarse como indicador válido de conocimiento de los distintos contenidos curriculares y de la adquisición de capacidades cognitivas en el contexto de los mismos. Ha puesto de manifiesto los potenciales determinantes cognitivos del éxito y el fracaso, determinantes cuyo papel concreto es preciso determinar si se quiere proporcionar a los alumnos las ayudas adecuadas para que puedan progresar. También se han puesto de manifiesto los efectos del modo en que se contextualiza la evaluación en la consecución de los objetivos de la misma y los problemas que implica evaluar para calificar. En el contexto de los resultados de esta revisión se han constatado los problemas pendientes de solución y se han establecido los objetivos de la investigación.

El resto de los capítulos recoge los modelos y técnicas de evaluación desarrollados para ser utilizados en las distintas áreas curriculares. La estructura del segundo capítulo de cada volumen es similar, pero no idéntica. En todos ellos se comienza revisando los planteamientos más actuales sobre la enseñanza y la evaluación de la materia de que se trata. Después, en el contexto de estos planteamientos y del propósito de la evaluación, se desarrollan los distintos modelos de procedimiento para el diseño de las evaluaciones. Todos ellos incluyen la explicitación del tipo de reorganización de los esquemas conceptuales que se espera que los alumnos consigan y de las capacidades cognitivas que deben haber desarrollado trabajando con los contenidos a los que hacen referencia los distintos esquemas. Cada modelo se ilustra después con diferentes ejemplos.

A continuación se recogen los estudios empíricos realizados para comprobar la viabilidad de las técnicas desarrolladas en base a los modelos descritos. Estos estudios siguen un esquema similar. Incluyen la valoración de la adecuación de las pruebas a los objetivos perseguidos por parte de profe-

sores ajenos a la investigación, el análisis de la adecuación de las tareas y el nivel de los alumnos examinados en relación con los conocimientos y capacidades objeto de evaluación. Finalmente, se analiza mediante procedimientos matemáticos la adecuación de la estructura de las pruebas y se ilustra, en relación con las pruebas de Ciencias Sociales y Naturales, cómo establecer un punto de corte que considere la relevancia que los profesores han otorgado a las distintas tareas incluidas en las pruebas y el grado de dominio que han considerado necesario para decidir que se han conseguido los objetivos didácticos. Finalmente, se incluye una conclusión que resume los logros principales del trabajo expuesto en cada capítulo.

El último capítulo del volumen 3 tiene una estructura diferente, debido a que el trabajo realizado obedece a un propósito distinto. La normativa actual establece que los profesores de la E.S.O. deben evaluar colegiadamente el grado en que los alumnos manifiestan en las distintas áreas curriculares la adquisición de las capacidades establecidas en nuestro actual diseño curricular. La primera de estas capacidades es la de "comprender mensajes orales y escritos expresados en la propia lengua". Por este motivo, se ha desarrollado un modelo que sirve de guía para el diseño de técnicas que permitan la evaluación colegiada de tal capacidad. Dicho modelo se ha plasmado en una prueba, la CL-4, cuyas características y utilidad se han comprobado empíricamente con una muestra de 900 sujetos de BUP y E.S.O., prueba que se ofrece, además, estandarizada.

Como podrá fácilmente deducirse tras la lectura del trabajo que presentamos, pese a su extensión no constituye más que una aproximación al problema de la evaluación. Se han desarrollado muchas tareas nuevas, tareas que aunque utilizadas en formato cerrado, pueden utilizarse de forma abierta, como también se ilustra. Estas tareas tienen como una de sus características distintivas el haber sido diseñadas a partir de las aportaciones de la psicología cognitiva relativas a lo que puede considerarse como indicador válido de comprensión y de aprendizaje significativo. Así mismo, se han desarrollado modelos de procedimiento para el diseño de evaluaciones, modelos que sugieren qué conjuntos de tareas utilizar para poder concluir de modo razonable si se han reorganizado de modo adecuado los esquemas de conocimientos de los alumnos y, en caso negativo, decidir que ayudas proporcionarles. Sin embargo, la naturaleza de los contenidos sobre los que se trabaja impone restricciones específicas a la evaluación que exigen trabajar desde modelos distintos a los expuestos. Además, la evaluación se contextualiza de modos específicos que influyen en la idea que los alumnos se forman de lo que está en juego en el aprendizaje y que les lleva a establecer es-

---

trategias de trabajo y criterios de autoevaluación que, a menudo, no son los más adecuados. La investigación de la ubicación de la evaluación en contextos de aprendizaje como los que plantea la "evaluación de portafolios", descrita en el capítulo uno, es uno de los retos pendientes. Existen otros retos, como el que plantea la evaluación de las actitudes que se supone que el trabajo con los contenidos curriculares debe contribuir a desarrollar. Todo ello, no obstante, queda para futuros trabajos.



**Capítulo 1**

**EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO:  
PROPÓSITO, CRITERIOS,  
CONTEXTO Y PROBLEMAS.**

**Jesús Alonso Tapia**



---

## EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO: PROPÓSITO, CRITERIOS, CONTEXTO Y PROBLEMAS.

### INTRODUCCIÓN

Si queremos mejorar la forma en que evaluamos lo que nuestros alumnos saben y no saben en un momento dado, es necesario revisar qué es lo que supone todo el proceso de evaluación, esto es, qué decisiones implica, qué factores afectan a esas decisiones y qué efectos e implicaciones tiene evaluar de un modo u otro. Esta revisión es necesaria porque cualquier actividad evaluadora se realiza con un propósito, desde unos supuestos, en un contexto, siguiendo un proceso y utilizando unas determinadas técnicas, factores que pueden variar y que condicionan el tipo de información que se obtiene, el uso que puede hacerse de ella y, en consecuencia, el impacto que puede tener en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Es preciso, por tanto, conocer qué modos puede adoptar el proceso de evaluación y cuál es el impacto de cada uno de ellos, de forma que sea posible proponer modelos especialmente adecuados a los propósitos y necesidades que los profesores tienen al evaluar a sus alumnos. Examinaremos, pues, a continuación y por separado cada uno de los factores mencionados.

#### **1.1. Propósito de la evaluación.**

Evaluar el conocimiento que un alumno tiene sobre algo implica básicamente observar cómo actúa en una situación dada y comparar la información obtenida con algún criterio previamente establecido para emitir un juicio sobre la adecuación o inadecuación del conocimiento manifiesto en la información recogida. El profesor que recoge los cuadernos para corregir las multiplicaciones realizadas por sus alumnos, el que pregunta oralmente a un

alumno las clases de insectos o el que pone un examen con diferentes preguntas, valoran la respuesta del alumno decidiendo sobre su adecuación o inadecuación en base a algún criterio que ellos tienen en mente. Esa valoración, sin embargo, puede realizarse con diferentes propósitos. El que corrige el cuaderno normalmente lo hace para determinar si el alumno progresa y, en caso negativo, tratar de determinar qué tipo de ayuda proporcionarle para que pueda progresar. El que pone una prueba escrita puede hacerlo igualmente con el propósito de ayudar al alumno, pero también puede hacerlo simplemente con el fin de "avisar" globalmente al alumno de si progresa o no para que se esfuerce, con el fin de decidir si reúne las condiciones para pasar de curso, o con los tres propósitos mencionados al mismo tiempo. Finalmente, un profesor puede evaluar a un grupo de alumnos no tanto para decidir qué ayuda debe darse a cada uno de ellos en particular cuanto para determinar si debe introducir algún cambio en la forma de plantear y desarrollar la enseñanza.

Para que la evaluación que un profesor realiza le permita conseguir adecuadamente los objetivos que persigue, debe reunir ciertas condiciones que son diferentes según el propósito perseguido. Por un lado, si el propósito es indicar al alumno simplemente si progresa o no, o bien decidir si debe pasar o no de curso, basta con que la evaluación le proporcione información sobre si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje previstos para ese momento. Obviamente, para diseñar una evaluación que proporcione este tipo de información se requiere tener claro cuáles son los objetivos que el alumno debe conseguir y qué es lo que puede constituir un indicador válido de que se han conseguido, aspectos en los que la práctica evaluadora de muchos profesores muestra sesgos importantes, como hemos podido comprobar en un estudio reciente (Villa y Alonso-Tapia, 1996). Parece, pues, necesario clarificar ambos aspectos, punto sobre el que volveremos en breve.

Por otro lado, sin embargo, si lo que se desea es determinar qué tipo de ayudas necesita para poder progresar, conocer si un alumno ha alcanzado o no los objetivos de aprendizaje no es suficiente. En este caso se necesita saber, además, la razón de que no haya adquirido los conocimientos adecuados. Averiguar esto exige diseñar la evaluación de modo que proporcione información sobre el origen de los problemas que experimenta el alumno, origen que, de acuerdo con Mayer (1987), puede estar en insuficiencias o inadecuaciones de tipo conceptual -el alumno no conoce algún concepto o idea necesario para responder adecuadamente o, incluso, tiene ideas equivocada sobre algo-, de tipo procedimental y estratégico -el alumno desconoce los pasos precisos a dar para realizar una tarea determinada-, o de tipo auto-

rregulatorio -el alumno no supervisa si el proceso seguido y el producto logrado al realizar una tarea son adecuados o, en caso de hacerlo e identificar que no comprende algo o que un problema no está bien realizado, no sabe qué hacer para resolver la dificultad que ha encontrado. Ocurre con frecuencia, sin embargo, que muchos profesores no diseñan las evaluaciones de modo que proporcionen de forma rápida y fiable información sobre el origen de los problemas que experimenta el alumno, con lo que la posibilidad de proporcionarle las ayudas adecuadas es escasa. Este hecho puede deberse, al menos en parte, a un desconocimiento de procedimientos adecuados para obtener este tipo de información, por lo que parece necesario ofrecer modelos al respecto, lo que haremos más adelante.

## **1.2. Criterios de conocimiento y aprendizaje.**

Tanto si el propósito de la evaluación es decidir si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje como si, en caso negativo, se desea determinar qué ayudas proporcionar a los alumnos para que puedan progresar, el problema básico es determinar qué es lo que puede considerarse como criterio inequívoco de que se conoce algo. La respuesta a esta pregunta depende de qué es lo que se pretende que los alumnos conozcan. Por ello, vamos a examinar qué puede constituir un criterio en el contexto de lo que puede considerarse como objetivos de aprendizaje a distintos niveles de especificidad.

### *1.2.1. Indicadores de conocimiento de los distintos contenidos curriculares.*

#### *Hechos.*

Si el objetivo es, en primer lugar, que alumnos y alumnas conozcan una serie de hechos, lo fundamental es que sean capaces de recordarlos, ya que o se conocen o no, pero no cabe término medio. Sin embargo, todos tenemos la experiencia de saber que sabemos algo -un nombre, por ejemplo- aunque no seamos capaces de recordarlo en un momento dado y sí posteriormente, cuando algún indicio nos ha ayudado a ello. Este hecho sugiere que si el recuerdo de un hecho muestra que el sujeto lo conoce, el hecho de no recordarlo no significa necesariamente lo contrario. En consecuencia, si se desea saber si determinados hechos son conocidos, es preciso proporcionar indicios que puedan facilitar su recuerdo. En cualquier caso, el conocimiento de hechos tiene sentido sólo en la medida en que contribuye a otros aprendizajes, como la comprensión de conceptos y procedimientos y la adquisición de las

capacidades que constituyen los objetivos centrales de la educación dentro de cada etapa. Por ello, toda evaluación que se limite a determinar si el sujeto conoce o no unos determinados hechos es, de suyo, inadecuada.

### *Conceptos.*

Si, en segundo lugar, lo que importa es que el alumno llegue a comprender los numerosos conceptos con los que se encuentra a lo largo del currículo, aunque puede pedírsele que los definan o que reconozca cuál es su definición correcta dentro de un conjunto de definiciones dadas, esto no constituiría en ningún momento un criterio inequívoco y válido de comprensión. Las definiciones son "hechos" que están ahí y se pueden recordar, pero un concepto es algo más que una definición. Como ya hace tiempo señalaron Bruner, Goodnow y Austin (1954), un concepto es un regla de clasificación que "permite considerar como equivalentes cosas diferentes y, por tanto, discriminables, y responder frente a ellas en cuanto miembros de una clase, y no por lo que tienen de único" (op.cit., pág. 1). Esto no significa que los conceptos sean reglas formales que definen los atributos necesarios y suficientes para que un objeto pueda ser clasificado como tal. Excepto en unos pocos casos, como han señalado Smith y Medin (1981), la mayoría de los conceptos tienen una base probabilística o prototípica. Esto significa que las personas vamos aprendiendo poco a poco las características que definen los conceptos o bien, que tenemos a modo de "imágenes" o "ejemplos prototípicos" en nuestra mente que podemos utilizar para interpretar la realidad en función del grado en que los objetos, personas, etc. a categorizar poseen las características señaladas o se asemejan a los ejemplos que tenemos en mente.

El hecho de que los conceptos se basen, por un lado, en nuestra experiencia de la realidad y en la forma de representarnos esta experiencia -en acción, en imágenes o mediante símbolos (Bruner, Olver y Greenfield, 1966)- hace que, aunque utilicemos los mismos términos, las implicaciones que éstos tienen para cada uno de nosotros puedan ser diferentes. Por ejemplo, para un niño pequeño "estar vivo" es sinónimo de "moverse", por lo que el sol o una bicicleta pueden estar vivos, conocer, etc. (Piaget, 1926), mientras que para los mayores implica nacer, crecer, reproducirse y morir. De ahí que para evaluar el conocimiento conceptual sea conveniente examinar las distintas implicaciones que los conceptos tienen para cada sujeto observando cómo los usan y, si es posible, preguntando las razones de porqué lo hacen del modo en que lo hacen. Para poder determinar dicho uso, por otra parte, es preciso señalar que las distintas formas en que usamos los

conceptos tienen que ver con sus propiedades y funciones. (Alonso Tapia, 1983):

- a) Permiten identificar objetos, lo que supone atribuirles una serie de propiedades. Por ejemplo, determinar que lo que se acerca en la niebla es un autobús y no un tanque implica atribuir a ese objeto una serie de propiedades físicas y funcionales.
- b) La categorización de un objeto permite, además de identificarlo, anticipar acontecimientos en base a nuestro conocimiento sobre el comportamiento de esa clase de objetos. Categorizar una determinada configuración atmosférica como "tormenta en formación" permite predecir que lloverá.
- c) Los conceptos sirven, además, para dirigir nuestra conducta orientando nuestro modo de actuar frente a los objetos. Por ejemplo, conceptualizar un determinado líquido como "lejía" lleva a tomar diversas precauciones al manejarlo, ya que su contacto puede producir quemaduras.
- d) Finalmente, los conceptos se relacionan entre sí formando redes de significados que permiten entender distintas parcelas de la realidad y, en cierto modo, el conjunto de esta.

Las propiedades señaladas permiten que la comprensión de conceptos sea algo que se consigue gradualmente, en la medida en que se amplía, se modifica y se reorganiza la representación de las propiedades o atributos que llevan asociados y, en consecuencia, el uso que se puede hacer de los mismos. Por este motivo, es preferible evaluar el grado en que se comprende un concepto dado a través de tareas en las que se deba categorizar objetos, hacer predicciones o actuar frente a una situación a la que el concepto o conceptos en cuestión sean aplicables. También es posible utilizar tareas de construcción o completamiento de mapas conceptuales -representación gráfica de las relaciones entre distintos conceptos-, ya que permiten que el sujeto exteriorice el modo en que distintos conocimientos se hayan relacionados (Novak y Gowin, 1984), o incluyendo en la evaluación un conjunto de preguntas que permitan inferir la organización conceptual indirectamente.

Pese a lo que acabamos de decir, tratar de evaluar la representación que los alumnos tienen de un concepto dado pidiéndoles que resuelvan un problema puede inducirnos a conclusiones erróneas sobre la comprensión que

el alumno posee de dicho concepto. Resolver un problema de cualquier tipo implica, además de conceptualizarlo adecuadamente, conocer el procedimiento a seguir para resolverlo. Por ello, un alumno podría fracasar no por falta de comprensión del concepto sino por falta de conocimiento del procedimiento. Por ejemplo, conceptualizar un problema como "problema de áreas" es el primer paso para su solución, pero se requiere además conocer el procedimiento adecuado para el cálculo del tipo de área de que se trate. En consecuencia, si se utilizan problemas para evaluar el grado en que se comprende un procedimiento dado, es preciso evaluar por separado, además, el conocimiento que el sujeto posee de los procedimientos a aplicar.

### *Procedimientos.*

El conocimiento de procedimientos es, por otra parte, un objetivo importante dentro del planteamiento curricular, por lo que también es necesario evaluar la adquisición de los mismos por parte de los alumnos. Pero, ¿qué se puede considerar como criterio de que un alumno o alumna conocen realmente un procedimiento?

Los procedimientos son secuencias ordenadas de acciones o pasos que es preciso seguir para conseguir un objetivo. Conocer un procedimiento implica, pues, conocer la secuencia de pasos que lo integran. A veces, esta secuencia está claramente establecida, como ocurre con muchos problemas de matemáticas en los que basta con aplicar un algoritmo para alcanzar la solución. Otras veces, la secuencia no es clara. ¿Qué pasos, por ejemplo, debe seguir un alumno para realizar una redacción? No hay una solución única. Es estos casos el alumno debe "construir el procedimiento específico" utilizando otro procedimiento o estrategia de carácter más general, pero que también implica seguir unos pasos -buscar información sobre aquello de lo que se va a escribir, pensar qué puede saber de ello el destinatario y qué le puede interesar, pensar en el propósito que se persigue al escribir y tratar de concretarlo lo más posible, etc.-.

Conocer un procedimiento es también una cuestión de grado. Una persona puede describir el procedimiento a seguir para hacer un comentario de texto, pero no saber llevar sus ideas a la práctica por ser su conocimiento de cada paso más teórico que práctico. O puede saber resolver sistemas de ecuaciones, pero fracasar por aplicar los procedimientos útiles para resolver ecuaciones a situaciones en las que no son pertinentes o por hacerlo de forma desorganizada. O puede aplicarlo a la situación pertinente y hacerlo de forma organizada, pero muy despacio, por no haber automatizado la realiza-

ción de cada paso. O puede ser incapaz de corregir un error cometido en uno de los pasos por carecer de la comprensión suficiente de las razones que justifican un determinado paso, lo que le impide detectar el error. O puede aplicarlo sólo a situaciones paralelas a aquellas en las que ha recibido entrenamiento, pero ser incapaz de generalizar su aplicación a situaciones nuevas.

En consecuencia, la evaluación del grado en que los alumnos conocen los procedimientos que es preciso aprender en el contexto de cada una de las áreas curriculares debe hacerse atendiendo a las distintas facetas que definen el conocimiento de un procedimiento, esto es, preguntando qué sabe del mismo, observando si lo aplica siguiendo cada uno de sus pasos y si lo hace de forma precisa y automatizada, y examinando si es capaz de aplicarlo de forma generalizada a distintas situaciones. En concreto, Snow y Lohman (1989) señalan que para evaluar un procedimiento es preciso dar los siguientes pasos (Alonso Tapia, 1992a):

- Realizar un análisis de la tarea y determinar las acciones requeridas para su realización.- Por ejemplo, supongamos que tratamos de evaluar si el sujeto conoce el procedimiento adecuado para resolver problemas del tipo

$$x(x - 1)^2$$

Realizar adecuadamente este tipo de problemas requiere saber específicamente:

- 1- Que se trata de multiplicar una cantidad  $x$  por una diferencia al cuadrado, por lo que sólo hay que elevar al cuadrado lo que hay en el interior del paréntesis.
- 2- Que para hacer la multiplicación anterior, es mejor elevar primero la diferencia al cuadrado.
- 3- Que una diferencia al cuadrado es igual al cuadrado del primer término, más el cuadrado del segundo, menos el doble del primero por el segundo; alternativamente, debe saber que para multiplicar una diferencia (v.gr:  $x-3$ ) por otra diferencia ( $x-6$ ) es preciso multiplicar cada miembro de la primera expresión por los dos de la segunda y luego sumar algebraicamente los resultados.
- 4- Que para multiplicar una cantidad por una diferencia, hay que multiplicar la cantidad por cada uno de los miembros de la diferencia (propiedad distributiva).

5- Que el producto de potencias de igual base es igual a otra potencia con la misma base y cuyo exponente es igual a la suma de los exponentes.

- Describir las condiciones en las que debería realizarse cada acción.- Esto es necesario ya que el conocimiento de un procedimiento implica saber hacer algo cuando hay que hacerlo, esto es, en unas condiciones dadas. En el ejemplo anterior, esto significaría que el sujeto debería reconocer como condiciones adecuadas para el empleo de los conocimientos señalados expresiones como:

$$x(x-1)^2 \qquad 3x(x-2)^2 \qquad x[(x+4)-(x+2)]^2$$

y que debería reconocer como condiciones inadecuadas expresiones como:

$$x(x-1^2) \qquad 3x-2^2 \qquad x[(x+4)+(x+2)^2]$$

- Construir y presentar a los sujetos problemas en los que deban emplear tales procesos aislados o en combinación.- En relación con el ejemplo que venimos utilizando podrían servir ejercicios como:

$$a) 7 + (x-4)^2 \cdot 3x = ? \qquad b) x(x-1^2) = ? \qquad c) 2x/6(x-6)^2 = ?$$

- Determinar la precisión con que los alumnos son capaces de describir el procedimiento.- Ello permitirá contrastar la convergencia o divergencia entre lo que son capaces de decir sobre el procedimiento y el grado en que son capaces de aplicarlo. Esto puede hacerse pidiendo al sujeto que indique los pasos a seguir o, utilizando un formato de respuesta cerrada, presentándoles los pasos que supuestamente integran un procedimiento y pidiéndoles que indiquen si alguno de ellos no es correcto.
- Determinar si la ejecución es correcta o no y, en caso negativo, examinar si se dan imperfecciones o errores sistemáticos.- Este paso es clave, dado que este tipo de conocimiento se evalúa fundamentalmente con la finalidad de poder corregir al sujeto de modo efectivo, y esto se consigue más eficazmente si se conoce el origen de los errores. En los casos en que, como en el problema de matemáticas que estamos utilizando

como ejemplo, se hayan podido poner problemas similares en donde cada alternativa corresponde a un error típico, la información sobre la naturaleza y grado en que los errores se presentan de modo sistemático se obtiene por simple inspección de los resultados.

- Determinar la velocidad de realización de la tarea.- Se considera un paso clave, ya que se supone que el conocimiento de un procedimiento es tanto más efectivo cuanto más automatizada es su aplicación. Para ello puede utilizarse como índice el número de problemas realizados en un tiempo dado, etc., aunque los índices a escoger variarán según la naturaleza de la tarea.
- Examinar el grado en que la realización de los procesos evaluados se va produciendo de forma cada vez más integrada con otros procesos.- Para ello puede ayudar el examen de la progresión en la velocidad y de la fluidez y ausencia de problemas en la ejecución.
- Determinar el grado en que la destreza en cuestión se transfiere a actividades distintas.- Por ejemplo, aplicar los conocimientos adquiridos a tareas en que hay que elevar a potencias diferentes de dos o en los que hay que trabajar con fracciones.
- Examinar el grado en que las posibles deficiencias en los procesos autorregulatorios afectan a la ejecución.- Para ello, a ser posible, es preferible utilizar indicadores no verbales de los mismos (Meichenbaum y col., 1985) -por ejemplo, el tiempo en que el sujeto detiene la lectura cuando encuentra una inconsistencia o un error que demanda revisión-, dado que los procedimientos que implican algún tipo de autoinforme -pensamiento en voz alta, entrevistas posteriores a la tarea, cuestionarios, etc.- presentan algunas limitaciones, aunque no son insuperables.

Obviamente, la evaluación de los procedimientos implicados en la realización de tareas y en la solución de problemas propios de las distintas áreas requerirá partir de modelos específicos que permitan concretar los pasos anteriores. Pero las directrices señaladas por Snow y Lohman son válidas en principio para la evaluación de cualquier clase de procedimiento si bien, dependiendo del propósito específico de la evaluación, no siempre es preciso evaluar todos los aspectos indicados.

### *Actitudes.*

El trabajo dentro de cada una de las áreas del currículo tiene también como objetivo que los alumnos adquieran determinadas actitudes, objetivo que, en cuanto tal, debe ser objeto de evaluación. Ahora bien, ¿qué puede constituir un criterio de que se ha adquirido una determinada actitud? Para responder a esta cuestión hemos de tener presentes algunos hechos sobre la naturaleza, origen y forma de manifestarse las actitudes que pasamos a exponer.

Una actitud es una disposición a actuar de una determinada forma y con una cierta regularidad en relación con determinados objetos, personas, acciones, ideas, etc., debido a que éstos o las acciones a que nos referimos llevan asociados respuestas emocionales de agrado o desagrado, respuestas cuyo origen puede estar en el conocimiento que se posee sobre aquello que es objeto de la actitud.

Las actitudes se definen o identifican por el objeto o actividad en relación con el cual el sujeto experimenta las emociones positivas o negativas que influyen en su conducta. Por ejemplo, la disposición o tendencia a respetar las opiniones de los otros, aunque sean distintas -una de las actitudes cuya adquisición se pretende facilitar a partir del trabajo en grupo realizado en las clases- se define en función de la clase de acciones a las que se asocia la experiencia de agrado o desagrado -el respeto a las opiniones de los otros

. En cuanto disposición a actuar, las actitudes se concretan en las distintas manifestaciones de nuestro comportamiento: en la forma en que juzgamos y valoramos las cosas y los hechos, en lo que preferimos y elegimos, en lo que hacemos, en la persistencia e intensidad de nuestra conducta, en los recursos y esfuerzos que invertimos para conseguir algo, en nuestra forma de reaccionar ante los hechos, etc. (Triandis, 1991). Por ejemplo, la actitud de respeto a los otros puede manifestarse, entre otras formas, en que no les interrumpimos mientras están hablando; en que parafraseamos lo que han dicho al tiempo que les preguntamos si es eso lo que han querido decir; en que, cuando expresan una opinión diferente a la nuestra, en lugar de mostrar desacuerdo sin saber las razones por las que opinan de modo distinto, les preguntamos por qué dicen lo que dicen, etc., esto es, puede manifestarse en distintos aspectos de nuestra interacción con los otros. Pero también puede manifestarse esta actitud en los juicios que emitimos sobre tales formas de actuar, como cuando señalamos que las consideramos adecuadas, que preferimos que todos sean escuchados, etc.

Las actitudes pueden tener, pues, tres componentes. Primero, un componente cognitivo: valoramos algo porque conocemos lo que significa, esto es, porque tenemos razones para apreciarlo o rechazarlo (Kruglanski, 1989). Segundo, un componente afectivo: la respuesta afectivo-emocional asociada a la clase de objetos, acciones, etc. objeto de la actitud. Y, tercero, un componente comportamental: una forma de actuar en relación con aquello que es objeto de la actitud, la dedicación de tiempo y esfuerzo a un tipo de actividad, la declaración de preferencias, la declaración de juicios de valor, etc. (Eagly y Chaiken, 1993; Olson y Zanna, 1993). Decimos "pueden tener" y no "tienen" porque, de acuerdo con Olson y Zanna (1993), no siempre están presentes los tres componentes ni covarían de modo uniforme, debido a que las actitudes pueden adquirirse a partir de distintos tipos de información que no afectan de modo paralelo a los distintos modos de reaccionar de los sujetos.

Como señalan Zanna y Rempel (1988), las actitudes pueden haberse desarrollado, en primer lugar, a partir de información procedente de las emociones que intervienen en el condicionamiento de muchas conductas. En este caso podemos experimentar aversión o atractivo por algo sin saber por qué, debido probablemente a no haber sido conscientes de las experiencias que dieron lugar al aprendizaje de esa forma de reaccionar emocionalmente. Las actitudes pueden haberse desarrollado también a partir de la representación de tipo cognitivo de las características o propiedades de algo proporcionada por la información sobre las mismas. En este caso puede ocurrir que las actitudes no se manifiesten de modo regular en la conducta. Por ejemplo, podemos saber que el tabaco es malo para la salud, pero seguir fumando debido a otros factores. Finalmente, las actitudes pueden generarse a partir de la información proporcionada por nuestra propia conducta, como cuando vemos que actuar de determinado modo tiene determinadas consecuencias o, al menos, cuando atribuimos estas a un determinado modo de actuación.

Los hechos que acabamos de describir tienen implicaciones importantes a la hora de evaluar las actitudes a cuya adquisición se pretende que contribuya el trabajo académico. En las aulas se proporciona a los alumnos información sobre las razones por las que muchas cosas deben ser valoradas positiva o negativamente, conocimiento que se espera que influya en sus actitudes, lo que difícilmente puede ocurrir si no se posee. Por esta razón, si lo que se desea es conocer si los alumnos saben por qué se valora algo -no si ellos lo valoran- para, en caso negativo, poder corregir la base de conocimiento que debería servir para sustentar sus actitudes, parece necesario evaluar si poseen tales conocimientos, lo que puede hacerse del mismo modo que se evalúa cualquier otro tipo de conocimiento conceptual. No obstante,

reducir la evaluación de las actitudes a este punto es inadecuado, puesto que conocer las razones solicitadas no indica que el sujeto haya asumido ese valor. Por ejemplo, con el estudio de las ciudades, dentro del temario de Ciencias Sociales, se pretende contribuir a que los alumnos lleguen a valorar críticamente los factores que explican las desigualdades entre los servicios recibidos por localidades o zonas residenciales distintas. Sin embargo, tras estudiar el tema puede ocurrir que un alumno sostenga las dos afirmaciones siguientes, sin percibir la contradicción que implican, dependiendo del contexto, el momento y el modo en que se le pregunte:

"Es inaceptable que, en muchas ocasiones, los grupos que detentan el poder doten a unas zonas de mejores servicios que a otras: es algo que refleja falta de solidaridad".

"No creo que el estado deba invertir en obras de trasvase de aguas diciendo que es una cuestión de solidaridad el posibilitar que todas las localidades españolas tengan el agua asegurada: se deben respetar los recursos propios de cada región".

Por otra parte, en la medida en que una actitud implica una preferencia o inclinación más o menos estable hacia algo, puede obtenerse información sobre las actitudes a partir de la regularidad relativa con que los alumnos declaran preferir o rechazar determinados objetos, modos de actuación, etc. Esta forma de evaluar, siempre que se controle la tendencia a responder de modos valorados socialmente de forma positiva, constituye un indicador del grado en que el sujeto ha adquirido el componente valorativo de las actitudes, lo que puede ser útil para reexaminar la adecuación de las actividades académicas programadas para facilitar tal adquisición. Sin embargo, este componente puede no reflejar las preferencias que realmente influyen en la conducta, ya que no siempre somos conscientes de ellas. Por ejemplo, el alumno que comenta que prefiere participar en actividades competitivas antes que en debates sobre temas científicos manifiesta una actitud de rechazo hacia éstos que puede influir negativamente en la tendencia a participar en los mismos. Sin embargo, en la medida en que, aun sin ser consciente, éste alumno busque tener ascendencia y control sobre los demás y en la medida en que los debates científicos contribuyan en su caso a conseguir esta ascendencia, su comportamiento podría ser distinto del declarado.

El indicador más válido de las actitudes parece ser, pues, el hecho de que alumnos y alumnas manifiesten determinados patrones de conducta -elec-

ción, iniciación, persistencia, reiteración, intensidad, etc.- en relación con el objeto o actividad que definen la actitud. Parece ser el más válido porque reflejaría -sea el alumno consciente de ello o no- que la actitud que se ha pretendido que adquiera está presente en su conducta real. Por ejemplo, la frecuencia con la que un alumno o una alumna se plantean preguntas del tipo ¿por qué?, ¿cómo es posible? ¿cómo se explica? ¿cómo se hace? etc., en relación con un tipo de contenidos es indicador de una actitud de curiosidad, lo mismo que la frecuencia con que acude a una enciclopedia para buscar esa información. El problema con los indicadores comportamentales es que no es posible en muchos casos obtener la información necesaria, bien porque las situaciones que constituyen el contexto para la manifestación de las actitudes que interesa evaluar no se dan en la escuela, bien porque el número de alumnos no permite observarlos individualmente en grado suficiente como para garantizar una evaluación adecuada. No obstante, cabría la posibilidad de evaluar las actitudes observando la conducta de los sujetos en situaciones simuladas, si bien esta tecnología apenas ha empezado a desarrollarse.

### *1.2.2. Indicadores de adquisición de capacidades cognitivas en el contexto de los contenidos curriculares.*

En el apartado anterior hemos examinado qué es lo que puede constituir un criterio válido de aprendizaje teniendo en cuenta la naturaleza de los distintos contenidos curriculares cuyo conocimiento puede ser objeto de evaluación. Sin embargo, no se trata de que los alumnos adquieran conocimientos relativos a contenidos aislados. Los contenidos se trabajan en el contexto de un currículum elaborado en base a una serie de intenciones educativas que delimitan no sólo los contenidos que se deben conocer, sino también y principalmente, lo que el alumno debe ser capaz de hacer en relación con dichos contenidos. Hablar de lo que el alumno debe ser capaz de hacer puede hacer pensar en que lo que hay que evaluar es lo que se conoce como *objetivos de ejecución*, esto es, aquellos cambios que deben poder observarse en la conducta como resultado del proceso educativo. Sin embargo, no tiene por qué ser así. Es cierto que la evaluación de los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje sólo puede hacerse a partir de actividades y datos observables. Sin embargo, esto no significa que los objetivos deban confundirse con éstas. Lo que el alumno debe conseguir puede definirse, como han señalado Bruner y otros (1966) y Coll (1987) en términos de esquemas, *capacidades, habilidades o destrezas cognitivos* aplicables a una gran diversidad de situaciones. Como pone de manifiesto, por ejemplo, la defini-

**Cuadro 1.1. Objetivos generales de la  
Educación Secundaria Obligatoria (MEC, 1989).**

A) Relacionados con la adquisición y organización de esquemas de conocimiento y su aplicación al análisis de la realidad:	
Obj. 5.	Contribuir activamente y de forma autónoma al desarrollo y a la salud corporales, valorando los beneficios que suponen los hábitos de ejercicio físico, de higiene y alimentación, así como las repercusiones negativas para la salud de determinadas prácticas sociales. <i>(Presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de biología humana y materias relacionadas).</i>
Obj. 8.	Conocer las creencias, actitudes y valores propios del patrimonio cultural y de la tradición de nuestra sociedad, a fin de valorarlos críticamente para poder realizar opciones de valor que favorezcan el desarrollo integral. <i>(Presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de las Ciencias Sociales).</i>
Obj. 9.	Analizar los mecanismos básicos que rigen el funcionamiento del medio físico, valorar las repercusiones que tienen sobre el mismo las actividades humanas y contribuir activamente a la defensa, conservación y mejora del mismo. <i>(Presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de las Ciencias Naturales).</i>
Obj. 10	Interesarse por las aplicaciones del desarrollo científico y tecnológico, buscar informaciones contrastadas respecto a su incidencia sobre el medio físico y social y valorar... sus efectos sobre la calidad de vida. <i>(Presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de las Ciencias Experimentales).</i>
Obj. 11	Apreciar, disfrutar y respetar el patrimonio natural y cultural de la comunidad en que viven ... y de otras comunidades... y velar por su conservación. <i>(Presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de las Ciencias Naturales y Sociales).</i>
B) Relacionados con el desarrollo y utilización de capacidades generales de tipo básicamente cognitivo.	
Obj. 1.	Comprender y producir mensajes orales y escritos con corrección, propiedad, autonomía y creatividad..., utilizando el lenguaje para comunicarse con sus semejantes, atendiendo a las intenciones y contextos de comunicación más habituales... y para organizar los propios pensamientos. <i>(Esta capacidad debe trabajarse desde todas las áreas, si bien el peso específico corresponde a Lengua y Literatura).</i>

Cuadro 1.1 (Continuación).

Obj. 2.	Comprender y producir mensajes en distintos códigos verbales y no verbales. <i>(Esta capacidad debe trabajarse desde todas las áreas, si bien el peso principal por lo que a los códigos de tipo matemático se refiere corresponde a esta disciplina).</i>
Obj. 3.	Utilizar de forma autónoma y crítica las principales fuentes de información... con el fin de planificar actividades... confrontar informaciones... y adquirir nuevas informaciones. <i>(Esta capacidad debe trabajarse desde todas las áreas, ya que en todas ellas los alumnos han de realizar tareas que requieren la búsqueda y utilización de información).</i>
Obj. 4.	Elaborar y desarrollar estrategias personales de identificación y resolución de problemas en los principales campos del conocimiento mediante la utilización de unos hábitos de razonamiento objetivo, sistemático y riguroso, y aplicarlas espontáneamente a situaciones de la vida cotidiana. <i>(Esta capacidad debe trabajarse desde todas las áreas).</i>
C) Relacionados con el desarrollo y utilización de otras capacidades generales.	
Obj. 6.	Formarse una imagen equilibrada y ajustada de sí mismos, de sus características, posibilidades y limitaciones, y desarrollar un nivel aceptable de autoestima que les permita encauzar de forma equilibrada su actividad... y que contribuya a su bienestar. <i>(El desarrollo de esta capacidad se ve afectado por el conjunto de las actividades escolares).</i>
Obj. 7.	Analizar los mecanismos y valores básicos que rigen el funcionamiento de la sociedad, en especial los relativos a sus derechos y deberes como ciudadanos y trabajadores, elaborando juicios y criterios personales sobre ellos y actuar en consecuencia dentro de los diferentes grupos sociales. <i>(Esta capacidad, relacionada con la inserción social y laboral, presupone sobre todo el trabajo sobre los contenidos propios de las Ciencias Sociales).</i>
Obj. 12	Relacionarse constructivamente con otras personas, adoptando actitudes de flexibilidad, cooperación, participación interés y respeto, superando inhibiciones y prejuicios y rechazando todo tipo de discriminaciones... <i>(El desarrollo de esta capacidad se ve afectado por el conjunto de las actividades escolares, académicas y no académicas,).</i>

ción de los objetivos curriculares que los alumnos deben alcanzar al término de la Enseñanza Secundaria Obligatoria que presentamos en el Cuadro 1.1, con la enseñanza se pretende, en primer lugar, no sólo que las representaciones que los alumnos tienen de las cosas sean más precisas, sino que se rela-

cionen y organicen de acuerdo con esquemas que puedan usarse de forma adecuada y funcional. Pero, además, se pretende que los alumnos adquieran una serie de capacidades -cognitivas, de equilibrio emocional, de relación con otras personas, de toma de decisiones-, capacidades que deben manifestarse en el contexto de las distintas materias y actividades curriculares. Ahora bien, si lo que interesa es evaluar no sólo si los alumnos conocen contenidos específicos, sino si se está produciendo una reestructuración adecuada de sus esquemas conceptuales y si, en el contexto de la misma, están adquiriendo las capacidades de distintos tipos que se explicitan en el currículum, es preciso que las evaluaciones, puntuales o continuas, estén diseñadas de acuerdo con un *modelo teórico* que garantice que las inferencias sobre el grado en que los alumnos han alcanzado los objetivos señalados son plausibles, lo que es necesario para que las decisiones basadas en las mismas estén justificadas. La explicitación y validación de modelos de organización e integración del conocimiento relativos a los esquemas o modelos mentales que deben construir los sujetos y a las capacidades que deben desarrollar constituye el paso fundamental en el diseño de cualquier evaluación. Tales modelos deben referirse fundamentalmente a la forma de organización e integración tanto de los conocimientos de tipo conceptual como de los de tipo procedimental, de las condiciones en que unos y otros deben aplicarse y de las disposiciones actitudinales cuya adquisición debe haber generado (Novak y Gowin, 1984; Coll, 1987; Alonso Tapia, 1992a). Por ello, tendrán que ver obviamente con la naturaleza de la materia sobre la que versa la enseñanza.

Sin embargo, también deberán tener que ver con las capacidades, específicas y generales, que la instrucción debe tender a facilitar. Cuando se dice, por ejemplo, que al término de la Enseñanza Secundaria Obligatoria el alumno debe ser capaz de "Utilizar de forma autónoma y crítica las principales fuentes de información existentes en su entorno... con el fin de planificar sus actividades, confrontar informaciones obtenidas previamente y adquirir nuevas informaciones" (MEC, 1989, ESO I, pág. 78), para poder facilitar y evaluar su adquisición es preciso tener presente que esta capacidad integra múltiples habilidades de tipo cognitivo tales como:

- Ser capaz de "buscar" la información necesaria.
- Ser capaz de "leerla", cuando se presenta en textos, gráficos, tablas, soportes magnéticos, etc.
- Ser capaz de "contextualizarla" en función del momento, propósito y supuestos en que se produjo.
- Ser capaz de "interpretarla", deduciendo sus implicaciones.
- Valorarla desde un criterio sobre la confiabilidad de la fuente.

- Valorarla desde un criterio sobre el valor del contenido.
- Valorarla desde un criterio sobre su relevancia en función del propósito perseguido.

Esta secuencia de habilidades, cuya forma de concreción en el contexto de los distintos contenidos curriculares debe así mismo hacerse explícita, configura un modelo que debe guiar el trabajo tanto a la hora de la enseñanza como de la evaluación. Y lo mismo cabe decir del resto de las capacidades recogidas en el Cuadro 1.1. Debe partirse de modelos que especifiquen qué tipo de destrezas integran cada una de tales capacidades y qué tipos de tareas informan de la adquisición de las mismas, especificación que, en algunos trabajos recientes hemos realizado y fundamentado en relación con algunas de las capacidades cognitivas -razonamiento, solución de problemas, comprensión lectora y composición escrita-, bien sin ubicarlas en el contexto de los contenidos curriculares (Alonso Tapia, 1991), bien ubicándolas (Alonso Tapia, Asensio y otros, 1993) y con las capacidades de equilibrio emocional, de relación con otras personas, de toma de decisiones (Alonso Tapia, 1995).

### **1.3. Evaluar para ayudar: determinantes cognitivos del éxito y el fracaso.**

Cuando la evaluación se plantea no sólo para determinar si los alumnos han alcanzado los objetivos curriculares sino, además, para determinar qué ayudas necesitan en caso de fracaso, es preciso tener presente a la hora de diseñar las tareas de evaluación que deben proporcionar información sobre los posibles determinantes cognitivos del fracaso. Esto es, la evaluación no sólo debe poder decirnos si un alumno sabe o no sabe algo sino, en caso de que actúe de forma equivocada, a qué puede deberse su error.

De acuerdo con Mayer (1987), los determinantes de los errores de los alumnos pueden tener que ver con tres tipos de conocimientos, semánticos o conceptuales, procedimentales y autorregulatorios. ¿Qué implica cada uno de estos factores?

#### *1.3.1. Elaboración conceptual insuficiente.*

Cuando se plantea la evaluación de los conocimientos conceptuales de los alumnos a través de tareas de solución de problemas podemos encontrarlos con que los alumnos dan respuestas erróneas que no se deben necesariamente a que no hayan estudiado sino a que, probablemente debido al influjo de ideas ajenas al contenido estudiado, se han formado una representación

errónea que les ha llevado a cometer el error. Por ejemplo, un profesor de Ciencias Sociales puede plantear a sus alumnos las preguntas que presentamos en el Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Ejemplo de pregunta planteada para evaluar la adquisición de un modelo conceptual.

<i>Acabas de estudiar los factores que influyeron en que se produjese la Revolución Industrial. Supón que la industrialización rápida de un país ocurra siempre de modo semejante a como ocurrió en Gran Bretaña y que hay cuatro países que presentan las condiciones que aparecen en la tabla. Teniendo esto en cuenta y considerando sólo los factores de la tabla, ¿en cuál de estos países es más probable que se produzca una industrialización rápida? ¿Por qué razón? ¿Por qué es menos probable que se produzca en el resto de los países?</i>					
PAÍS CARACTERÍSTICAS	A	B	C	D	E
Personas en paro	Muchas	Muchas	Muchas	Pocas	Muchas
Dinero ahorrado	Mucho	Poco	Mucho	Mucho	Mucho
Energía (Carbón, etc.)	Abundante	Abundante	Escasa	Abundante	Abundante
Inversiones preferidas	Cultura (Teatros)	Maquinaria agrícola	Maquinaria agrícola	Maquinaria textil	Maquinaria textil

Una respuesta frecuente de los sujetos a tales preguntas es que la probabilidad de una industrialización rápida es mayor en el país D porque tiene pocas personas en paro. En este caso el origen del error radica en que la idea de paro se asocia a la de "situación negativa personal y socialmente" -quizá por influjo de la experiencia cotidiana-, y no a la de "mano de obra disponible si se necesita" y, por tanto, a la de condición facilitadora de los procesos de industrialización en condiciones semejantes a las que produjeron la Revolución Industrial. Esto es, ha habido una elaboración insuficiente del concepto de paro, haciendo que sus implicaciones semánticas hayan quedado restringidas. Esta falta de elaboración semántico-conceptual es muy frecuente, estando a la base de muchos de los errores que cometen los alumnos al ser evaluados, por lo que es preciso utilizar procedimientos que permitan su identificación cuando se prevé que pueda existir.

### 1.3.2. Conocimiento insuficiente o inadecuado de los procedimientos a aplicar.

Un segundo factor que influye en los errores de los alumnos y que es preciso evaluar si se desea proporcionarles las ayudas adecuadas es el haber

adquirido ideas incorrectas sobre alguno de los pasos que integran los procedimientos que han de aprender. Por ejemplo, en la siguiente ecuación:

$$\left(X - \frac{X}{2} - \frac{X}{4}\right) : 3$$

si sólo se obtiene información sobre el resultado y este es incorrecto, es imposible decir al sujeto qué debe hacer para no volver a hacerlo mal, ya que no podemos saber en qué paso se equivoca y cuál es la naturaleza de su error. Sin embargo, los alumnos cometen a menudo errores sistemáticos que se basan en una idea inadecuada, diferente en cada caso, sobre lo que conlleva el procedimiento a seguir. Los ejemplos recogidos en el Cuadro 1.3, correspondientes a dos alumnos que han realizado el mismo problema, ilustran este hecho.

Cuadro 1.3: Errores de procedimiento.

Resuelve la ecuación siguiente:

$$\left(X - \frac{X}{2} - \frac{X}{4}\right) : 3$$

a)

$$\begin{aligned} \left(X - \frac{X}{2} - \frac{X}{4}\right) : 3 &= \left(X : \frac{1}{3}\right) - \left(X : \frac{2}{3}\right) - \left(X : \frac{4}{3}\right) = \\ &= 3X - \frac{3X}{2} - \frac{3X}{4} = \frac{12X - 6X - 3X}{4} = \frac{3X}{4} \end{aligned}$$

b)

$$\left(X - \frac{X}{2} - \frac{X}{4}\right) : 3 = \left(\frac{4X}{4} - \frac{2X}{4} - \frac{X}{4}\right) : \frac{3}{4} = \frac{X}{4} : \frac{3}{4} = \frac{4X}{12} = \frac{X}{3}$$

Los ejemplos referidos muestran la importancia de identificar a través de la evaluación si la razón de que el alumno no consiga realizar adecuadamente la tarea está en el desconocimiento de los pasos que integran los procedimientos específicos que debe aprender. Sin embargo, la naturaleza de dicho ejemplo puede hacer pensar que tal identificación sólo es viable en tareas con objetivos claros para cuya realización es posible emplear un procedi-

miento de tipo algorítmico, lo que no es cierto. También es necesario evaluar en qué medida el desconocimiento de procedimientos de tipo estratégico, menos específicos, está a la base de los problemas que experimenta el alumno, para lo que se requieren dos cosas. Primero es preciso obtener información sobre lo que el alumno hace a lo largo del proceso de realización de la tarea, de modo que sea posible conocer el procedimiento que emplea de hecho. Pero, además, es preciso contar con modelos del proceso "experto" que permitan identificar en qué pasos el sujeto no actúa como sería deseable, sin lo cual difícilmente se le podría corregir. El siguiente ejemplo tomado de un alumno que tuvo que realizar una breve redacción sobre Castilla y León para leerla luego ante los alumnos de su clase puede servir para ilustrar este punto. El alumno aludido produjo la siguiente redacción:

*Castilla y León se encuentra en la submeseta septentrional. Tiene muchos castillos y otros monumentos históricos. El Duero atraviesa todo el territorio. Tiene nueve provincias, Ávila, Burgos, León, Palencia, Salamanca, Segovia, Soria, Valladolid y Zamora. Hay bastantes zonas montañosas, grandes llanuras y valles. A los castellano-leoneses les gusta comer bien. En Ávila hay murallas y en Segovia un acueducto romano. En las montañas hay ríos y se puede ir a pescar. Son buenos los vinos y los quesos.*

Es obvio que el texto presenta cierto desorden temático, algo sobre lo que cualquier profesor llamaría la atención del alumno. También es obvio que el texto, tal y como está escrito, lo más probable es que sea de escaso interés para los compañeros cuando escuchen su lectura. Sin embargo, sin saber exactamente qué proceso ha seguido el alumno al escribir su redacción y sin contar con un modelo que permita identificar qué pasos importantes del proceso de composición no se han dado en grado y modo suficiente, es difícil poder ayudarle. Sin embargo, si se hubiera pedido al chico que indicase las preguntas que se fuera planteando y que entregase los sucesivos borradores que hubiese escrito, habría sido posible averiguar en qué medida sigue los pasos que constituyen básicamente el procedimiento seguido por el experto (Bereiter y Scardamalia, 1987; Alonso Tapia, 1991) tales como:

- Concretar y especificar el propósito de la redacción.- Esto se puede ver en el hecho de que el sujeto se plantea o no cosas como ¿qué puede despertar el interés de mis compañeros por conocer Castilla y León? ¿por conocer un sitio cualquiera? ¿qué podría despertar mi interés?, así como en cambios en los sucesivos borradores atribuibles a este tipo de preguntas.

- Tratar de generar cosas que decir, sin empezar a escribir, teniendo en mente el propósito generado, sin conformarse con la primera idea que venga a la cabeza.- Este paso requiere formularse de modo reiterado preguntas como ¿qué más podría decir sobre...? y, si es preciso, buscar información en las fuentes documentales adecuadas. El hecho de que el alumno trate de generar cosas que decir puede constatarse a veces en las anotaciones previas que los alumnos hacen a modo banco de ideas, donde incluyen lo que se les va ocurriendo.
- Seleccionar si la forma en que se va a escribir es adecuada para el propósito que se persigue.- El grado en que el alumno realiza este paso puede verse en el hecho de que exprese cosas como ¿Cómo voy a contar las cosas? ¿Como en los libros de texto? ¿Son interesantes los libros de texto? ¿De qué otro modo podría hacerlo?
- Revisar de modo recursivo si el contenido es suficiente, si la estructura del texto es coherente, si hay adecuación entre lo escrito y el tipo de meta perseguido.- Esto puede verse si se examina no sólo el producto final, sino los posibles borradores que haya escrito el sujeto y los cambios que han quedado reflejados en los mismos.

Obviamente, los modelos desde los que se evalúa el grado en que los alumnos conocen procedimientos adecuados para afrontar tareas como la descrita pueden estar más o menos elaborados. En este último caso, tal vez no sean de mucha ayuda para identificar el origen de los problemas del alumno. No obstante, es imprescindible que los profesores intenten identificar desde los modelos que posean el origen de los problemas en la aplicación de conocimientos de tipo procedimental si se quiere ayudar a los alumnos a superarlos.

### *1.3.3. Supervisión y autorregulación de los procesos implicados en la comprensión, el aprendizaje y la solución de problemas.*

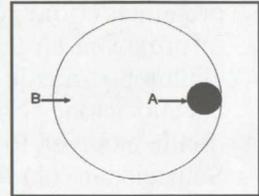
El último de los factores cognitivos señalados por Mayer como potencialmente responsables de los fracasos de los alumnos y cuyo influjo debe, por tanto, ser evaluado si se desea poder ayudarles, es el grado en que supervisan y regulan su propia actividad a la hora de afrontar la realización de tareas y solución de problemas. El influjo de este factor se manifiesta en los errores cometidos por dos alumnos al tratar de resolver el problema del Cuadro 1.4.

La evaluación del grado en que los errores de los alumnos se deben a falta de supervisión y autorregulación de la propia actividad mental puede ha-

Cuadro 1.4: Ejemplo de errores debidos a falta de supervisión y autorregulación de los procesos cognitivos.

Problema:

Si el radio del círculo B es cinco veces el del círculo A, ¿Qué fracción representa el área de la porción no sombreada respecto al área del círculo B?



Caso 1:

A:  $r_B = 5r_A$ ... Hay que hallar la diferencia de áreas... No sé seguir ...

P: ¿No sabes seguir? ¿Por qué? ¿Qué es lo que te crea dificultad, lo que no entiendes?

A: No sé.

P: ¿Cómo podrías averiguar qué es lo que te crea dificultad?

A: No sé.

P: Veamos, lee el problema de nuevo.

A: Si el radio del círculo B es cinco veces el del círculo A...

P: ¿Entiendes lo que significa "ser cinco veces..."

A: Sí, que la longitud de B es la de A multiplicada por 5.

P: Sigue.

A: ¿Qué fracción representa el área...

P: ¿Sabes a qué se refiere?

A: No.

P: Ves, releendo has averiguado qué es lo que no entiendes

En este primer caso, el bloqueo del alumno se debía a no haber sabido qué hacer para identificar el origen de su dificultad -podría haber releído paso a paso, tratando de ver qué es lo que no entendía-. La ayuda que precisa en primer lugar es, pues, aprender cómo identificar el origen de la propia dificultad.

Caso 2.

A: Una fracción implica dividir una área por otra. Necesito saber las áreas:  $a_A = \pi r_A^2$ ,  $a_B = \pi r_B^2$ , pero los radios no son los mismos. Tendrá que ver con la diferencia de radios. Si un radio es cinco veces mayor, el área de B también lo será. Y si el área de B es 5/5 y el de A 1/5, el área no sombreada será 4/5 de la total.

En este segundo caso, en el error del alumno han influido dos factores. En primer lugar, el alumno ha partido de una idea parcialmente equivocada. Es cierto que la diferencia de las áreas tiene que ver con la diferencia entre los radios, pero una vez que cada radio ha sido elevado al cuadrado, lo que supone no tener en cuenta un elemento específicamente matemático. Por otra parte, no ha supervisado si el resultado obtenido era aceptable estimando visualmente si A cabía cinco veces en B o más. En este caso el problema es más general, ya que supone una falta de supervisión de la propia actividad para, en caso necesario, realizar las acciones correctoras precisas.

cerse mediante distintos procedimientos cuya fiabilidad y utilidad ha sido examinada por Meichembaum, Burland, Gruso y Cameron (1985). Es posible, por ejemplo, pedir a los alumnos una vez que han terminado una tarea -por ejemplo, una redacción-, que describan lo que han ido pensando a lo largo de la misma que les ha llevado a hacerla así, o que contesten a un cuestionario relativo a tales pensamientos. También es posible observar a un alumno mientras trabaja -por ejemplo, mientras lee en voz alta- y pedirle que exprese en voz alta los pensamientos que le pasen por la cabeza. O bien observar el modo en que ejecuta una tarea y utilizar distintos indicadores observables que puedan servir como criterio de supervisión y autorregulación de su actividad o de falta de la misma. Los dos casos recogidos en el Cuadro 1.4 constituyen un ejemplo en el que se utilizan este tipo de indicadores. Otro ejemplo, ligado en este caso a la lectura, lo constituye la observación de la corrección espontánea de los errores que se cometen al leer en voz alta pues se ha comprobado que las personas que supervisan su comprensión vuelven a releer las palabras que han leído mal si el error cometido da como resultado una palabra semánticamente inaceptable, por lo que la ausencia de relectura en este caso es un indicador de falta de supervisión y autorregulación del proceso de comprensión. Finalmente, existen procedimientos pensados para evaluar no la supervisión y regulación de la adecuación del proceso de aprendizaje en un caso puntual, sino la regularidad con que supervisa y la capacidad de regular su actuación, capacidad que se basa en el conocimiento de las estrategias que se deben aplicar en un caso dado. Un ejemplo de estos procedimientos, útil para evaluar si los alumnos supervisan su comprensión al leer y si conocen estrategias adecuadas para resolver los problemas con que se encuentran, desarrollado por nosotros mismos (Alonso Tapia, Carriedo y Mateos, 1992), se presenta en el Cuadro 1.5.

La fiabilidad y utilidad de los procedimientos descritos varía, siendo preferible utilizar aquellos que se basan en indicadores directos de supervisión o de falta de la misma a los que se basan en lo que el sujeto es capaz de contar. En cualquier caso, sea cual sea el procedimiento que se utilice, es preciso identificar previamente, a partir del análisis del proceso a seguir para realizar el tipo de tarea de que se trate, qué puede servir potencialmente como indicador de supervisión y regulación de la propia actividad. Algunos indicadores son de tipo general, esto es, significan lo mismo con independencia del tipo de tarea. Por ejemplo, no saber por qué no se comprende un texto o por qué no se sabe hacer un problema que se supone que el sujeto debería ser capaz de realizar es un indicador de que se desconocen las estrategias para

Cuadro 1.5. Ejemplo de tareas para evaluar la supervisión  
y auto-regulación de la comprensión.

Batería SURCO (Alonso Tapia, Carriedo y Mateos, 1992)

<p><b>Texto.</b></p> <p>Un año fue tan abundante la cosecha de arroz que la gente creyó que no habría graneros suficientes para almacenarlo, por lo que a toda prisa se pusieron a construir nuevos trojes.</p>
<p><b>a. Prueba de detección de fallos de comprensión.</b></p> <p>Si hay algo que no comprendes al leer el texto, indícalo escribiendo la pregunta que harías a tu profesor para que te explicase lo que no entiendes.</p>
<p><b>b. Prueba de conocimiento de estrategias para regular la comprensión.</b></p> <p>Seguramente desconoces el significado de la palabra <i>trojes</i>. ¿Cuál crees que sería la mejor forma de llegar a conocer su significado?</p> <p>a) No haría nada por averiguarlo pues no es una palabra importante para comprender el texto.</p> <p>b) Buscaría el significado de esa palabra en el diccionario.</p> <p>c) Me imaginaría su significado por lo que dice el resto del texto.</p> <p>d) Seguiría leyendo para ver si más adelante dice el texto cuántos trojes construyeron.</p>
<p><b>c. Prueba que implica el uso de estrategias para regular la comprensión.</b></p> <p>¿Qué significa <i>trojes</i>?</p> <p>a) Graneros.</p> <p>b) Sacos de arroz.</p> <p>c) Casas de campo.</p> <p>d) Carros de acarreo.</p>

identificar la razón específica de la dificultad que se está experimentando. Así mismo, el hecho de que un sujeto acepte una respuesta a un problema que no guarda proporción a simple vista con los datos, como le ocurre al segundo sujeto con el problema de los círculos, es un indicador de falta de supervisión de la adecuación del proceso seguido. Desconocer qué estrategia

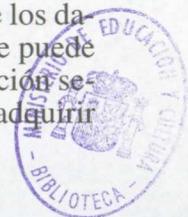
se debería utilizar para resolver un problema dado en una situación concreta, aspecto que se evalúa en el ejemplo del Cuadro 1.5, es un indicador de que el sujeto tendrá problemas para autorregular su actividad en esos casos. Otros indicadores, sin embargo, estarán más ligados a la naturaleza específica de las tareas a realizar -composición escrita, solución de problemas de distintas materias, etc.-, por lo que deberán ser los profesores los que determinen qué es lo que puede constituir un indicador aceptable de que los problemas de los alumnos se deben a la falta de supervisión y regulación de los procesos de comprensión, aprendizaje y solución de problemas.

## **1.4. Contextualización de la evaluación.**

### *1.4.1. Problemas y principios de actuación.*

Cuando los profesores evalúan a sus alumnos lo hacen teniendo presentes los objetivos curriculares que se pretende que alcancen los alumnos -recordar esto o aquello, saber hacer tal o cual cosa, etc. Para ver si estos objetivos se han alcanzado, los profesores proponen las tareas que consideran que constituyen indicadores apropiados. Eventualmente, estas tareas se seleccionan en el contexto de un diseño de recogida de información que permite inferir si se han producido cambios significativos en los esquemas de conocimiento y capacidades del sujeto. No obstante, la selección y propuesta de tareas se hace en base a lo que el profesor considera que sería importante haber aprendido, no en base a lo que los propios alumnos consideran que constituye un indicador de lo que han aprendido y del interés que despierta en ellos ese aprendizaje. Este hecho puede dar lugar a que los alumnos se vean abocados a hacer cosas cuya relevancia para su propio desarrollo personal no son capaces de descubrir, lo que a su vez hace que afronten la realización de los ejercicios de evaluación y, previamente, el estudio necesario para afrontarla sin la motivación adecuada, lo que puede impedir una adecuada elaboración de la información que facilite su transferencia.

En este contexto, los criterios de evaluación que utiliza el profesor y los que utilizan los propios alumnos para evaluar si han progresado de modo relevante son distintos, como lo muestra el hecho frecuente de que muchos alumnos, incluso habiendo aprobado y sacado buenas notas, digan que no han aprendido nada realmente válido. Debido a ello, el significado de los datos de la evaluación planteada por el profesor puede ser engañoso. Se puede pensar que un alumno, dados sus logros, está progresando en la dirección señalada por los objetivos educativos entre los que se incluyen: a) el adquirir



un concepto de sí mismo positivo y realista, algo que depende en parte de que experimenten que progresan y son competentes; b) el adquirir actitudes de curiosidad y valoración positiva del estudio, lo que depende en buena medida de que lo que se estudia se perciba como algo relevante para el desarrollo personal; y, c) el que sepan pensar y transferir sus conocimientos a situaciones nuevas, capacidad que requiere haber elaborado los nuevos conocimientos hasta haber tomado conciencia de su funcionalidad. Sin embargo, como no se dan las condiciones necesarias, en realidad no se está produciendo tal progreso.

Para evitar el problema señalado parece necesario conseguir que la evaluación realizada por los profesores reúna varias condiciones. La primera condición es que tenga lugar una vez que, tras exponer y comentar con los alumnos los objetivos de aprendizaje, éstos hayan comprendido su relevancia, hayan asumido la necesidad de esforzarse por trabajar en la dirección señalada y hayan interiorizado qué es lo que deben considerar como indicadores de progreso. La segunda condición es que, una vez que el alumno haya realizado las tareas que proporcionan la información sobre la que se apoya el proceso evaluador, las tareas realizadas por el alumno o alumna sean valoradas de forma que no perciba la situación de evaluación como un juicio, sino como una situación en la que se va a recibir ayuda para aprender. Ahora bien, ¿Cómo conseguir que la evaluación reúna las características señaladas?

Obviamente, para que los alumnos afronten la realización de las tareas de evaluación esperando aprender algo sobre su progreso personal en relación con aspectos que consideren relevantes, lo primero que se requiere es que el profesor haya ayudado a los alumnos, a lo largo del proceso de enseñanza, a descubrir las razones por las que estar informado de una serie de hechos, comprender una serie de conceptos, ser capaz de aplicar una serie de procedimientos y asumir una serie de actitudes es relevante para su desarrollo personal, así como los criterios que pueden poner de manifiesto la adquisición de tales conocimientos y destrezas. Sin embargo, puede ocurrir, como hemos comprobado en un estudio reciente realizado con profesores de enseñanza secundaria (Villa y Alonso Tapia, 1996), que la forma de plantear la evaluación esté diciendo al alumno que lo que cuenta es el recuerdo o la aplicación de ciertas reglas manifiestas en tareas en las que se muestrean más o menos aleatoriamente sus conocimientos. Por ello, para evitar este problema es preciso, además, que la evaluación tenga las siguientes características:

- 1) Por un lado, que el profesor o profesora seleccionen como tareas para la evaluación aquellas que, por poner en juego capacidades cuya

adquisición resulte realmente útil, puedan ser percibidas por los alumnos como relevantes para su desarrollo personal. Por ejemplo, es más fácil que un alumno perciba la relevancia de haber trabajado los contenidos de historia relativos a la Revolución Industrial si se le pide la aplicación del modelo de cambio a una situación nueva para hacer algún tipo de predicción basada en dicho modelo -algo que requiere pensar, que pone de manifiesto la utilidad de conocer el modelo y que sirve para poner de manifiesto el progreso en la adquisición de las habilidades cognitivas implicadas-, que si simplemente se le pide que recuerde lo que ocurrió.

- 2) Por otro lado, que los profesores faciliten la percepción de la relevancia de la tarea haciendo explícitas las razones de por qué se ponen las tareas que se ponen. Pedir a los alumnos que apliquen el modelo mencionado sin haber hecho explícito qué es lo que se espera que ponga de manifiesto puede resultar contraproducente, pues es una tarea más difícil que el simple recuerdo de hechos. Es evidente que hacer explícitas las razones señaladas pertenece a la contextualización de la evaluación, no al diseño de la misma. Sin embargo, en la medida en que puede afectar positivamente a la actitud con que los alumnos afrontan la realización de las tareas propuestas, en especial si éstas son congruentes con los objetivos cuya consecución se ha considerado relevante a lo largo del trabajo en clase, constituye un elemento necesario para evitar que los alumnos afronten con actitudes negativas la realización de las mismas -alguno podría pensar: "¿Para qué necesito saber esto?!"-, lo que puede dar lugar a resultados que conduzcan a una imagen distorsionada del progreso del alumno.
- 3) Además, en la medida en que la evaluación se plantea con el objetivo de proporcionar al alumno las ayudas que le permitan progresar y en que una de estas ayudas pasa por facilitarle su autoevaluación, esto es, la apreciación de los aspectos en que ha y no ha progresado y del grado en que lo ha hecho utilizando criterios de valoración asumidos personalmente y compartidos con el profesor, y dado que el progreso no es cuestión de todo o nada, es necesario que el diseño de la evaluación incluya un abanico de tareas graduadas en dificultad y que permitan detectar el progreso en distintas direcciones. Es importante que se dé esta condición porque si el nivel de las tareas es muy fácil o muy difícil, ni los profesores conocerán hasta donde han progresado sus alumnos ni tampoco ellos mismos lo sabrán, lo

que dificultará el establecimiento posterior de objetivos adecuados sobre los que trabajar. Pero, además la percepción de la dificultad de las tareas en el momento de tener que hacerlas puede dar lugar a la desmotivación y bloqueo de los alumnos, impidiéndoles pensar, lo que puede ser un factor adicional que contribuya a ocultar los progresos reales.

Por otra parte, para que el alumno perciba las situaciones de evaluación no como un juicio, sino como situaciones de las que puede recibir ayuda para aprender, son necesarias dos cosas. Por un lado, que el diseño de las tareas permita averiguar los factores que están en el origen de las dificultades lo mismo que la naturaleza de los progresos, factores que hemos descrito anteriormente. Pero además es necesario, por otro lado, que los profesores comuniquen a sus alumnos los aspectos en que han progresado y aquellos en que no lo han hecho, que les ayuden a ver tanto las razones de sus progresos como de las dificultades que han experimentado y, en este último caso, que les indique qué pueden hacer para afrontar estas dificultades. Obviamente, estas acciones del profesor no forman parte directamente del diseño de la evaluación. Sin embargo, el que los profesores den a sus alumnos de modo habitual la información señalada tras la realización de las tareas de evaluación puede contribuir a que los alumnos afronten la realización de tales tareas de modo más positivo, evitando así que los datos de la evaluación proporcionen una imagen distorsionada de sus capacidades.

#### *1.4.2. Evaluación de portafolios.*

Conseguir que la evaluación se realice en un contexto que reúna el conjunto de características señaladas parece que puede verse facilitado en la medida en que los exámenes tradicionales sean sustituidos por lo que se conoce como "Evaluación de portafolios" (Portfolio assessment)<sup>1</sup>. Este tipo de evaluación, como cualquier evaluación cuyo objetivo primario sea proporcionar al alumno las ayudas que le permitan progresar y sólo secundariamente calificarle, implica recoger información de lo que el alumno conoce y es capaz de hacer que permita identificar, en caso de falta de progreso, las razones de la misma. Por ello, como cualquier evaluación, requiere tener presente, a la hora de valorar los datos proporcionados por el alumno, qué es lo que puede constituir un criterio de que se conocen hechos, de que se com-

<sup>1</sup> Una amplia bibliografía comentada sobre recursos para realizar la evaluación a partir de portafolios se encuentra en el trabajo: "Portfolio Resources Bibliography", publicado por el Northwest Regional Educational Laboratory, -The test Center-, Portland, Oregon, a fin de 1994.

prenden conceptos, de que se dominan procedimientos y de que se están adquiriendo actitudes. Requiere así mismo conocer adecuadamente qué es lo que puede considerarse como indicador de las razones por las que no progresa, a saber, las posibles insuficiencias de elaboración conceptual, de dominio de los pasos que integran los distintos procedimientos y de conocimientos autorregulatorios.

Sin embargo, esta forma de evaluar busca implicar al alumno en el proceso de evaluación de los progresos que ha logrado en el contexto de un proyecto de desarrollo personal, proyecto negociado y aceptado periódicamente a partir de las propuestas del profesor o profesora, de forma que el alumno perciba la relevancia de la evaluación, interiorice los criterios de progreso y sea su primer evaluador (Tierney, Carter y Desai, 1991; Yancey, 1992; Graves y Sunstein, 1992; Seldin, 1993). Su principal objetivo es, pues, evitar el problema que planteábamos en el punto anterior, a saber, que se pueda pensar equivocadamente que el alumno progresa en su capacidad de aprender a aprender y de aprender a pensar, en la adquisición de una actitud de curiosidad y valoración positiva del estudio y el aprendizaje, y en la capacidad de establecer metas personales de aprendizaje que faciliten su desarrollo y la adquisición de un concepto de sí mismo positivo y realista, objetivos de fondo de toda la tarea educativa.

Para conseguir el objetivo señalado, la evaluación de portafolios, de la que existen distintas variantes, se configura en torno a una serie de características básicas que no están presentes habitualmente en las formas de evaluación habituales. Estas características tienen que ver con los siguientes aspectos de la evaluación:

- la contextualización de la evaluación;
- el proceso de recogida de información;
- el rol desempeñado por profesor y alumno en el proceso de evaluación;
- la forma de llegar a la calificación a partir del proceso de evaluación.

La *contextualización* es uno de los aspectos principales de este tipo de evaluación. Tradicionalmente, los alumnos se encuentran con un currículum hecho, traducido en contenidos, objetivos y actividades cuyo significado e implicaciones para el desarrollo personal muchas veces no comprenden. Esto hace que estudien solamente para aprobar en la mayoría de los casos. Por el contrario, el contexto en el que se plantea la evaluación de portafolios es distinto. Al comienzo de cada trimestre, los profesores exponen a los alumnos el sentido del trabajo a realizar, tratando de que descubran en qué sentido puede servir para su desarrollo personal. Por ejemplo, el profesor puede

plantear una serie de problemas de comunicación ligados a la comprensión lectora y a la expresión por escrito, de forma que los alumnos vean la relevancia que tiene adquirir ciertas destrezas implicadas en los procesos mencionados. Como la consecución de estas destrezas pasa por la lectura y la composición, profesor y alumno negocian los tipos de objetivos específicos a conseguir y los trabajos a realizar -tipos y número de lecturas, redacciones, etc.-. Además, el profesor señala que va a ir haciendo explícitos los criterios a través de los que los alumnos pueden evaluar su progreso a medida que las explicaciones y el trabajo en clase lo demanden, al tiempo que subraya a sus alumnos la importancia de que ellos mismos sean sus primeros evaluadores, puesto que deben ser los primeros interesados en su desarrollo personal.

El *proceso de recogida de información* lo realiza el propio alumno en el contexto del propio proceso de aprendizaje. Esto significa que no se requiere la realización de tareas distintas de las programadas para el aprendizaje, y que es el propio alumno, no el profesor, quien incluye en su portafolios las producciones que realiza día a día, las experiencias y reflexiones que le han sugerido las lecturas, los problemas que considera como indicadores de progreso y las razones por las que los valora del modo en que lo hace, los trabajos de investigación realizados, las reacciones y reflexiones que su realización le ha sugerido, etc. Se insiste en que no se incluyan sólo los trabajos finales, sino cualquier documento que pueda informar del proceso seguido a lo largo de una composición, de un problema o de la producción de cualquier documento.

El *rol desempeñado por profesor y alumno* también cambia. La evaluación va a ser un proceso interactivo en el que el profesor sugiere y negocia objetivos y pautas de actuación, observa la actuación "en el contexto de los objetivos del alumno", pide a éste razones y aclaraciones de por qué hace lo que hace, realiza sugerencias desde sus conocimientos de experto, sin perder de vista que el alumno tiene que decidir y actuar, y facilita la autoevaluación del propio alumno haciéndole preguntas como: ¿Dónde has encontrado dificultades?, ¿Qué has hecho para superarlas?, ¿Qué has aprendido?, ¿En qué has cambiado?, ¿Qué has hecho que te haya ayudado a aprender?, etc. El alumno, por su parte, debe expresar en qué considera que ha progresado y por qué, y en qué no ha ocurrido así y por qué. Se trata, pues, de una evaluación básicamente cualitativa, centrada en la ayuda al alumno orientada a facilitar que cada vez vaya asumiendo en mayor medida la gestión de su propio aprendizaje en el contexto de proyectos asumidos y orientados al desarrollo personal.

La evaluación, sin embargo, a menudo debe concluir en algún tipo de re-

sumen o calificación que cumpla la función no tanto de ayudar al alumno cuanto de informar a los padres y demás personas implicadas en el proceso educativo, demostrando la eficacia de lo que se hace. Cuando concluir del modo indicado es necesario, la *forma de llegar a la calificación* -que no tiene por qué ser un número, sino que puede ser un perfil cualitativo descriptivo de los progresos del alumno-, implica así mismo un proceso interactivo y peculiar. En este proceso, *el alumno*, conociendo los criterios de evaluación (cualitativos) y calificación (cuantitativos):

- Selecciona de entre sus materiales los que considera como indicadores principales de progreso, y los incluye en el portafolio de calificación, distinto del portafolio de trabajo (showcase portfolio).
- Los presenta a sus compañeros e intercambia con éstos las sugerencias pertinentes, a fin de recibir la evaluación cualitativa que puedan hacerle.
- Incluye notas autoevaluativas junto a cada uno de los materiales incluidos en el portafolio de calificación.
- Presenta el trabajo al profesor.

Por su parte, *el profesor*, desde los criterios establecidos:

- Examina si hay evidencia de mejora.
- Examina si hay evidencia de esfuerzo.
- Examina la calidad de la autoevaluación (base objetiva).
- Examina la variabilidad de proyectos incluidos.
- Examina la presentación.
- Examina las metas futuras.
- Informa al alumno de la puntuación por criterios
- Proporciona comentarios cualitativos orientados a facilitar el progreso.

Aunque la evaluación de portafolios puede facilitar la implicación del alumno en el proceso de evaluación y contribuir a que perciba la relevancia de la misma, a que interiorice los criterios de progreso y sea su primer evaluador en la medida en que se trata de un proceso planteado en el contexto de un proyecto de desarrollo personal, sin embargo, plantea algunos problemas.

En primer lugar, la evaluación de portafolios tiene sentido en el contexto de una forma de enseñar organizada en torno al trabajo por proyectos organizados en base a objetivos y criterios de progreso compartidos. Sin embargo, este contexto es prácticamente inexistente en la mayoría de nuestras aulas,

aunque podría organizarse la actividad académica de este modo, en la medida en que profesores, padres y autoridades educativas conociesen sus beneficios.

En segundo lugar, el proceso de evaluación y calificación requieren más tiempo y dedicación del profesor que lo que consumen las formas tradicionales de evaluación, aunque si hay que valorar el coste temporal en función de sus beneficios, probablemente este sea un problema menor.

En tercer lugar, aunque el objetivo de la actividad educativa es conseguir que cada alumno progrese el máximo posible para él, no que progrese más o menos que otros, en la medida en que la evaluación tiene como función también el facilitar la toma de decisiones de promoción, decisiones que encierran cierto carácter selectivo, parece necesario que puedan tomarse a partir de datos comparables. Sin embargo, el hecho de que los proyectos, objetivos y productos de cada alumno sean diferentes dificulta la comparación. No obstante, el problema de la comparabilidad no estriba tanto en que los datos en los que se basa la comparación sean los mismos, sino en que los profesores hayan interiorizado el modelo de competencias que los alumnos deben desarrollar y en que sean capaces de reconocer en los distintos productos indicadores cualitativos y cuantitativos de dichos progresos, de forma que sus decisiones sean equitativas.

Finalmente, un problema en parte relacionado con el anterior es el de la comunicación de los datos de la evaluación a otros profesores, a padres y a las autoridades implicadas ya que, si no se quieren utilizar calificaciones de tipo numérico sino descripciones cualitativas comparables, es preciso elaborar perfiles a partir de los que organizar la comunicación, perfiles cuya descripción sea entendida de modo similar por aquellos que lean el informe. Si bien este problema no es irresoluble, la elaboración de tales perfiles está en sus comienzos, como muy bien han señalado Graves y Sunstein (1992).

El conjunto de problemas descritos sugiere que, para que la evaluación de portafolios llegue a ser la forma de contextualizar la evaluación que promete ser, se requieren modelos que faciliten la solución de los mismos o que minimicen su impacto, modelos que están aún por desarrollar. Este hecho hace que la evaluación de portafolios constituya actualmente una línea prometedora de investigación, muy productiva, que merece la pena explorar.

### **1.5. Evaluación y calificación: establecimiento del punto de corte.**

Sea cual fuere el método de evaluación empleado, el análisis de la dificultad de las tareas utilizadas en la evaluación y de la naturaleza de los erro-

res cometidos por los alumnos permite saber en qué puntos debe incidir la instrucción para ayudarles. Sin embargo, los profesores necesitan también decidir si los alumnos deben aprobar o no, para lo que es preciso determinar en qué grado han sido alcanzados los objetivos educativos en relación con el tema o temas objeto de evaluación. La cuestión en este caso es determinar cómo puede utilizarse la información proporcionada por pruebas como la utilizada con tal fin.

La pauta de actuación más habitual de los profesores es conceder una determinada puntuación por cada pregunta resuelta, agregar estos datos y aprobar cuando el resultado es igual o superior al 50% de la puntuación posible. Este modo de actuar, sin embargo, encierra como poco tres problemas. En primer lugar, una misma calificación puede corresponder a grados de aprendizaje cualitativamente distintos. En consecuencia, un alumno podría aprobar habiendo obtenido sus puntos en preguntas fáciles y poco relevantes mientras que otro podría obtener sólo esa nota pese a haber conseguido un mayor desarrollo conceptual y un mayor desarrollo de sus capacidades. Por otra parte, como hemos podido observar en un estudio previo (Alonso Tapia y Corral, 1992), una calificación de aprobado no refleja necesariamente que los alumnos hayan conseguido el porcentaje de dominio de todos los tipos de conocimientos y capacidades evaluadas que los profesores consideran necesario para que el alumno pueda afrontar sin problemas aprendizajes posteriores. Finalmente, cabe la posibilidad de que la prueba no evalúe algunas de las capacidades consideradas especialmente relevantes por no contener preguntas diseñadas con tal fin.

La solución de los problemas mencionados requiere diversas medidas. En primer lugar, para evitar que las decisiones basadas en calificaciones no se realicen sólo a partir de la evaluación de algunas capacidades o al grado de adquisición de aspectos parciales del esquema conceptual que se desea que los alumnos construyan, es preciso asegurarse antes de realizar la evaluación de que el diseño utilizado considera los distintos tipos de capacidades y conceptos más relevantes cuya adquisición es necesario examinar. De no ser así, se estaría calificando a los alumnos asumiendo un grado de consecución o no consecución de los objetivos curriculares sin base suficiente. Cabría objetar que es imposible evaluar todas las capacidades que los alumnos deben adquirir. Sin embargo, en la medida en que las diferentes capacidades se trabajan en relación con los distintos bloques de contenido y no sólo con uno, su evaluación debe asegurarse mediante un diseño de evaluación que abarque el conjunto de la materia y que distribuya las tareas relativas a cada capacidad a lo largo de los distintos temas, lo que podría hacerse

en base a una planificación del tipo de la que se presenta en el Cuadro 1.6. En este se recogen algunas de las habilidades que implica el pensamiento científico y a las que hacen referencia los objetivos señalados en el DCB. Todas ellas pueden utilizarse para evaluar las adquisiciones logradas en cada tema y, en la medida en que el profesor realice algún tipo de evaluación continua a partir de las actividades desarrolladas por el alumno día a día, deberían emplearse. Sin embargo, para evitar incrementar innecesariamente el trabajo del alumno cuando se le evalúa mediante exámenes, es posible en poner en cada examen sólo las tareas correspondientes a los puntos marcados en la planificación inicial, lo que aseguraría posteriormente emitir un juicio sobre adquisición de "capacidades" objetivamente fundamentado.

Cuadro 1.6: Ejemplo de un posible patrón de distribución de la evaluación de habilidades y capacidades a lo largo de los distintos temas de una materia.

Tema:	T 1	T 2	T 3	T 4	T n
HABILIDAD					
Categorización	•	•	•	•	•
Organizar la información en tablas	•		•		•
Organizar la información en gráficos		•		•	
Leer la información de tablas		•	•	•	•
Leer la información de gráficos	•	•		•	•
Relacionar datos (p. correlacional)	•		•		•
Realizar inferencias y predicciones		•	•	•	
Detección datos en contra de supuestos.	•	•		•	
Control de variables	•		•		•
Uso de conocimientos para la comprensión	•	•	•	•	•
Uso de conocimientos para la comunicación		•		•	•
Valorar acciones para conseguir objetivos	•		•		•

En segundo lugar, dado que el aprendizaje no es cuestión de todo o nada y que la adquisición de conocimientos y capacidades sigue procesos distintos en cada alumno debido a las diferentes experiencias de aprendizaje, lo normal es que toda evaluación se realice sobre conjuntos de conocimientos y capacidades heterogéneos cuya relevancia para el aprendizaje posterior pue-

de ser muy variable. Por este motivo, a la hora de tratar de agregar los datos parece necesario, primero agregar por separado los datos correspondientes a capacidades o categorías conceptuales diferentes, y obtener de este modo un perfil de puntuaciones que muestre los puntos fuertes y débiles del alumno. El punto de corte dentro de cada categoría o punto del perfil dependería del grado de dominio que el profesor o conjunto de profesores que participen en la evaluación consideren necesario que el alumno consiga. Este perfil le permitiría establecer los objetivos en relación con los que éste debe trabajar y determinar los tipos de ayudas a proporcionar al alumno.

Posteriormente, las puntuaciones de este perfil podrían agruparse en tres puntuaciones, una para los conocimientos de tipo factual, otro que refleje la reorganización conceptual y otra que recoja la evaluación de procedimientos y capacidades, o bien podría darse una calificación única. La primera posibilidad vendría apoyada por el hecho de que la adquisición de los tres tipos de conocimientos mencionados obedece a procesos que, aunque relacionados, son distintos (Glaser y Bassok, 1989), lo que puede dar lugar a que, al menos en los sujetos que no son expertos, la relación entre las puntuaciones correspondientes a cada uno de ellos sea más bien baja. De optarse por esta posibilidad, los alumnos deberían superar el punto de corte en cada una de las tres escalas para poder aprobar. La segunda posibilidad, que sería optar por una calificación única, se justificaría sobre todo cuando se tratase de promocionar al alumno a un curso superior.

Sin embargo, tanto si se opta por la primera o por la segunda de las posibilidades mencionadas, ocurre que el conocimiento de los distintos hechos, la comprensión de las distintas categorías conceptuales y la adquisición de los diferentes procedimientos y capacidades no tiene por qué ser igualmente relevante. Por este motivo, aunque se han propuesto distintos procedimientos para establecer el punto de corte, procedimientos revisados por Sephard (1980) y Rivas y Alcantud (1987), estamos de acuerdo con estos últimos autores en la necesidad de ponderar las distintas categorías del perfil de puntuaciones en función de su relevancia para el aprendizaje posterior, algo que deberían estimar los profesores como mínimo en función de la validez que los logros en cada categoría tengan para predecir el éxito o el fracaso en niveles superiores trabajando dentro de un proyecto curricular dado, aunque también podrían hacerlo de modo más objetivo mediante un diseño longitudinal que fuese estudiando la validez predictiva de los resultados de la evaluación.

Para establecer el punto de corte, Rivas y Alcantud parten del razonamiento siguiente. Dada la heterogeneidad de conocimientos y capacidades

normalmente evaluados, dependiendo del tipo de ponderación que se hiciese de los logros en cada categoría de conocimientos o capacidades, podríamos encontrarnos con los cuatro casos siguientes:

		Pct (Punto de corte total)	
		$\geq Pc_i(1)$	$\leq Pc_i(2)$
$Pc_i$ (Punto de corte en la Categoría i)	$\geq Pc_i(1)$	P (1,1)	P (1,2)
	$\leq Pc_i(2)$	P (2,1)	P (2,2)

Los sujetos de la casilla 1,1 superarían tanto el punto de corte total como el de la categoría y los de la casilla 2,2 estarían por debajo. En ambos casos, no habría problema fuese cual fuese el criterio de ponderación utilizado. Si lo habría, sin embargo, en el caso de los sujetos de las otras dos casillas, los que no superarían el punto de corte total pese a superar el nivel necesario en una categoría dada y aquellos en los que, debido a la compensación proporcionada por las puntuaciones en las restantes categorías, superarían el punto de corte total pero no el de la categoría. En ambos casos, se podría cometer un error de decisión aunque de naturaleza distinta: aprobar al alumno cuando, en función de la relevancia parcial de esa categoría no se debiera hacerlo o suspenderle cuando se debiera aprobarle. Es preciso, pues, minimizar estos errores, lo que puede hacerse por distintos procedimientos aunque, como hemos señalado, lo que parece más sencillo para los profesores es ponderar las puntuaciones en cada categoría en función de la relevancia que estimen que tiene para el aprendizaje posterior.

Una forma de hacer operativa la ponderación referida, ya se hiciese en relación con hechos, conceptos, procedimientos o capacidades por separado, o para obtener una nota única o, incluso, si se tratase de integrar las notas procedentes de distintas materias, respondería a la ecuación

$$Pc_t = r_1D_1 + r_2D_2 + \dots + r_nD_n$$

donde  $Pc_t$  sería el punto de corte total,  $r_n$  sería la proporción que la relevancia de conocer o dominar una categoría representa en relación con la relevancia total de los contenidos evaluados, y  $D_n$  sería el grado de dominio a lograr en cada categoría o, planteado de otro modo, el punto de corte particular de la misma. Por ejemplo, si en una evaluación hubiese cinco categorías en rela-

ción con las cuales el profesor o conjunto de profesores hubiesen hecho una estimación de la relevancia de cada una de ellas para el aprendizaje posterior -imaginemos que ese nivel, en una escala de 0 a 3, ha sido 1, 3, 1, 2, 3-, y del nivel de éxito en las tareas que pudiera considerarse como un indicador suficiente de dominio -imaginemos que equivale a obtener las siguientes puntuaciones: 6, 7, 6, 8, 5-, el punto de corte estimado sería:

$$P_{C_i} = 0,1 \times 6 + 0,3 \times 7 + 0,1 \times 6 + 0,2 \times 8 + 0,3 \times 5 = 6,4$$

Posteriormente, la calificación de cada alumno se obtendría del mismo modo, multiplicando su nota en cada categoría por los índices de relevancia, y comparando su puntuación con el punto de corte establecido.

Otra forma de hacer operativa la ponderación señalada sería estimar directamente la relevancia en una escala de 0 a 1, y utilizar la ecuación siguiente, donde  $n$  sería el número de categorías:

$$P_{C_i} = \frac{r_1 D_1 + r_2 D_2 + \dots + r_n D_n}{n}$$

Esta ecuación, proporciona un punto de corte numéricamente diferente a la anterior, pero los resultados que se obtienen al comparar los resultados de los alumnos, una vez ponderadas sus puntuaciones, son semejantes.

Obviamente, el procedimiento propuesto conlleva la posibilidad de que un profesor dado se equivoque a la hora de estimar los niveles de dominio y relevancia necesarios. Una forma de evitar este error es partir no de la estimación realizada individualmente, sino de la realizada por varios profesores. Otra, más complicada pero más fiable, supondría la validación experimental de la adecuación de las decisiones tomadas a través de un estudio longitudinal algo que, aunque no es imposible de realizar, creemos que está en la mayoría de los casos fuera del alcance de los profesores. Por este motivo, creemos que podría bastar con que corrigieran los posibles sesgos contrastando sus métodos de evaluación con otros colegas que emitiesen su juicio sobre la relevancia de las tareas seleccionadas y sobre el grado de dominio necesario en el contexto del planteamiento curricular dentro del que se está trabajando, antes de ponderar las puntuaciones del modo descrito.

## 1.6. Problemas pendientes y planteamiento de la investigación.

### 1.6.1. Problemas pendientes.

En los apartados anteriores ha quedado de manifiesto que el planteamiento de la evaluación del conocimiento y el aprendizaje debe reunir ciertas condiciones para poder cumplir adecuadamente con sus funciones.

Ante todo es preciso partir del hecho de que todo proceso de evaluación se sitúa en el contexto de un planteamiento curricular en el que los alumnos han de aprender hechos, comprender conceptos e integrarlos en esquemas o redes que permitan una representación adecuada de distintos aspectos de la realidad, llegar a dominar procedimientos tanto de tipo general -estratégicos- como específicos, asumir determinadas actitudes fundamentadas en los conocimientos adquiridos en clase y adquirir capacidades cognitivas de tipo general, desarrolladas a través del trabajo realizado en las distintas áreas y aplicables a situaciones diversas.

La necesidad de que la evaluación deba tener en cuenta los diferentes aspectos señalados implica, en primer lugar, que no es adecuado centrar la evaluación básicamente en uno u otro de los componentes señalados con detrimento de los demás. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de un trabajo reciente (Villa y Alonso Tapia, 1996), esto es lo que ocurre cuando se evalúa a alumnos de BUP y FP. Tras examinar más de 2000 preguntas realizadas por 40 profesores de distintas áreas a lo largo de un año se encontró que el 66% de las preguntas planteadas en el ámbito de las Ciencias Sociales, por ejemplo, se centra en el recuerdo y un 28,5% en la comprensión de conceptos, estando prácticamente ausente la evaluación del conocimiento de procedimientos y del uso de los conocimientos adquiridos. En Ciencias Naturales la situación es similar: el 47,5 de las preguntas son de recuerdo y el 48% evalúan la comprensión de conceptos, habiendo sólo un 2,3% de preguntas centradas en la aplicación de los conocimientos. En cuanto a Física y Química, un 72% de las cuestiones piden a los alumnos la solución de problemas mediante la aplicación de reglas, algo que puede hacerse mecánicamente, y lo mismo ocurre con las matemáticas, donde las cuestiones del tipo mencionado llegan al 77%. En ambos casos, el porcentaje de preguntas centradas en la comprensión oscila en torno al 10%. La situación parece más equilibrada en Lengua y Literatura, donde el 37% de las cuestiones son de recuerdo, el 30% de comprensión y el 30% de aplicación de conocimientos. Creemos que la razón de estas descompensaciones estriba fundamentalmente en el desconocimiento de modelos de tareas que permitan hacer un tipo de

evaluación distinta a la habitual en cada una de las áreas, por lo que el primer problema a resolver es diseñar estos modelos, objetivo para el que es preciso tener presentes las condiciones señaladas para la evaluación de hechos, conceptos, procedimientos y actitudes en los apartados correspondientes.

En segundo lugar, la necesidad de que la evaluación permita saber no sólo si se han adquirido conocimientos aislados de distintos tipos, sino también si el trabajo curricular ha permitido una adecuada reestructuración conceptual, hace necesario diseñar las evaluaciones de modo que, tomadas por separado y en conjunto, constituyan indicadores válidos de aquella. Esto requiere que el diseño de la evaluación se ajuste a un modelo teórico que garantice la validez de las inferencias que, a partir de los indicadores observables, se realicen sobre el cambio y la organización de las representaciones construidas por el alumno. Algo que puede ayudar a la consecución de este objetivo es partir del mapa conceptual que se espera que el alumno construya a través de la actividad instruccional, de modo que las tareas de evaluación cubran al máximo el mismo y, si esto no es posible, que se garantice que se centran en los aspectos más representativos del mismo. Sin embargo, tanto la selección de los contenidos sobre los que se centran las tareas de evaluación que hemos podido observar como la naturaleza de las mismas tareas -a menudo limitadas a detectar lo que los alumnos recuerdan-, en muchos casos no permiten inferir si se ha producido o no la reestructuración conceptual deseada. Creemos que este hecho, en los casos en que se produce, se debe no sólo al desconocimiento de tareas que permitan evaluar adecuadamente la adquisición de los distintos tipos de conocimientos, sino también a que no se afronta el diseño de las evaluaciones con una conciencia clara del tipo de reorganización conceptual que se busca. Por este motivo, consideramos que el segundo problema a resolver es la construcción de diseños de evaluación que cumplan con la condición señalada y que puedan ofrecerse a los profesores como prototipos a partir de los cuales puedan diseñar sus propias evaluaciones.

En tercer lugar, la necesidad de evaluar en qué grado los alumnos han adquirido las capacidades de tipo general a que hacen referencia, por ejemplo, los objetivos recogidos en el Cuadro 1.1., exige identificar las habilidades que conlleva la adquisición de cada una de las capacidades allí descritas y diseñar tareas que permitan su evaluación al tiempo que se evalúa los distintos tipos de conocimientos. Sin embargo, el examen de las evaluaciones recogidas para realizar el estudio anteriormente citado nos permitió comprobar que tales evaluaciones están planteadas más para evaluar conocimientos específicos de cada área que capacidades generales. Por este motivo, el tercer problema cuya solución es preciso afrontar es el de diseñar modelos que

faciliten a los profesores la comprensión de cómo pueden plantear una evaluación para que cumpla con las funciones señaladas. Este problema presenta, además, una dificultad añadida al menos a los profesores de Enseñanza Secundaria, dificultad que deriva del hecho de tener que evaluar a los alumnos colegiadamente en base al grado en que han adquirido y son capaces de utilizar las capacidades mencionadas en el contexto de los contenidos curriculares. En otro estudio reciente (Villa y Alonso Tapia, en prensa) hemos comprobado que, al menos en los centros en los que no está implantada la actual reforma educativa, lo que se hace en las juntas de evaluación es poner en común las notas y ver si procede alguna modificación, sin tener en cuenta qué capacidades están detrás de las mismas. La falta de tradición en la evaluación colegiada de capacidades que esta práctica refleja sugiere la necesidad de ofrecer a los profesores modelos que muestren como pueden coordinarse datos procedentes de la evaluación de las capacidades de los alumnos obtenidos a partir de su actuación en contextos de contenidos diversos, modelos cuya elaboración constituye un cuarto problema a resolver.

En el caso de que la evaluación se realice con el propósito de proporcionar a los alumnos las ayudas necesarias para poder progresar, a los problemas anteriores se añade el de seleccionar las técnicas y procedimientos de evaluación adecuados para determinar no sólo si un alumno es capaz o no de hacer algo, sino, en este último caso, a qué se debe. Como se ha podido comprobar en los apartados en que hemos descrito los posibles factores responsables de las dificultades experimentadas por los alumnos, obtener esta información requiere en buena medida partir de la evaluación de cómo los sujetos aplican sus conocimientos a la solución de problemas de distintos tipos y preguntar por las razones de su forma de actuar, o bien diseñar tareas que permitan inferir estas razones de la propia ejecución del sujeto. Sin embargo, ni las técnicas mayoritariamente utilizadas ni los tipos de preguntas que se realizan reúnen estas condiciones, por lo que facilitan la identificación de las razones de las dificultades de los alumnos. Dado que este hecho puede deberse a la falta de modelos de cómo se puede hacer este tipo de evaluación, el quinto problema a afrontar es el desarrollo de modelos de exploración de las razones de los problemas de los alumnos que puedan servir como prototipo para el trabajo de los profesores.

Finalmente, hemos señalado que la contextualización adecuada de la evaluación es un requisito fundamental para facilitar que los alumnos interioricen los criterios de evaluación, se autoevalúen personalmente y utilicen la información procedente de la evaluación como base para el establecimiento de nuevos objetivos personales de trabajo percibidos como relevan-

tes y cuya consecución permita el desarrollo personal. Sin embargo, aunque no hay estudios publicados sobre este punto, la información que hemos recogido preguntando a una gran cantidad de alumnos sugiere que la contextualización de la evaluación de acuerdo con las condiciones que hemos enumerado anteriormente es más la excepción que la regla. Por este motivo, el sexto tipo de problemas a afrontar es el desarrollo de modelos que muestren como contextualizar las evaluaciones para que sirvan a los propósitos señalados. Además, en el caso de que el desarrollo de estos modelos se intente hacer en el contexto de la evaluación de portafolios, es necesario resolver los problemas puntuales que plantea este tipo de evaluación y que señalábamos anteriormente, a saber: la modificación del planteamiento instruccional, la posibilidad de contar con el tiempo necesario para su realización, la comparabilidad de los resultados y el desarrollo de modelos para la comunicación de los resultados.

### *1.6.2. Planteamiento de la investigación.*

Considerando los problemas pendientes de solución que hemos enumerado en el apartado anterior, en el presente trabajo se afronta la tarea de abrir líneas de trabajo que permitan responder a algunos de ellos. Con este fin, hemos tratado de conseguir los siguientes objetivos en relación con las áreas del currículo en las que hemos trabajado, a saber, Lenguaje, Sociales, Naturales y Matemáticas:

#### a) Objetivos teóricos:

- Desarrollar modelos para la evaluación de algunas de las capacidades cognitivas que se pretende que adquieran los alumnos y que posibiliten su evaluación colegiada.
- Desarrollar modelos del tipo de reorganización de los conocimientos cognitivo-procedimentales que se espera que adquiera el sujeto, modelos que deben facilitar el diseño global del proceso de evaluación.
- Diseñar tareas que permitiesen identificar de modo adecuado la comprensión de los conceptos, dominio de los procedimientos y la adquisición de las habilidades implicadas en los modelos anteriores, así como el origen de las dificultades de los alumnos.
- Desarrollar las tareas y los modelos de evaluación señalados en el contexto del actual planteamiento curricular, de modo que puedan servir como criterio del grado de consecución de los objetivos señalados.

### b) Objetivos empíricos:

- Determinar la validez de contenido de las tareas y los modelos propuestos, presentándolas a una muestra de profesores de las materias sobre las que versen acompañadas de un cuestionario en el que deberán responder, en relación con cada tarea/elemento y con el diseño de evaluación en su conjunto, a cuestiones relacionadas con su relevancia para evaluar los objetivos curriculares y con el grado de dominio considerado necesario para poder admitir que se han alcanzados los objetivos curriculares perseguidos.
- Determinar la adecuación de los procedimientos de evaluación para los propósitos para los que se pretende que sirvan mediante los análisis estadísticos pertinentes (análisis del índice de dificultad de las tareas, de la capacidad discriminativa de las pruebas, de la homogeneidad de las tareas que, desde el modelo teórico, se suponga que midan los mismos objetivos, de la fiabilidad de los datos, etc.), tras la aplicación de las pruebas a una muestra de alumnos pertenecientes a aulas escogidas aleatoriamente de entre los colegios de Madrid (población de referencia).
- Determinar, a partir de los análisis anteriores y en la medida en que lo permita la naturaleza del modelo de evaluación utilizado, las posibles razones de los errores de los alumnos, y describir su situación en relación con los objetivos a alcanzar tras el trabajo con los contenidos evaluados.
- Validar empíricamente, en los casos en que sea posible, el modelo teórico que haya servido de base para el diseño de las pruebas.

Como podrá comprobarse, el conjunto de modelos e instrumentos que hemos diseñado y puesto a prueba constituyen tan sólo el punto de partida de un trabajo que no ha hecho más que comenzar, ya que es posible diseñar modelos distintos de los que aquí se proponen. Además, en el presente trabajo no se afronta el problema de crear modelos de actuación que sirvan para contextualizar adecuadamente la evaluación, ni se ofrecen modelos para la evaluación de las actitudes. Pero nuestro propósito no es abordar todos los problemas sino abrir vías de reflexión que permitan orientar futuros trabajos encaminados a mejorar la actividad evaluadora. En los próximos capítulos pasamos, pues, a describir los modelos desarrollados y los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO 2**

### **MODELOS DE EVALUACIÓN PARA LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA.**

**J. Alonso Tapia y C. Pérez de Landazábal.**



## MODELOS DE EVALUACIÓN PARA LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA.

### 2.1. Introducción

#### 2.1.1. Objeto de la evaluación.

Al igual que en los capítulos anteriores, hemos de comenzar recordando que la evaluación tiene lugar en el contexto de un planteamiento curricular que define los objetivos que los alumnos han de conseguir trabajando los contenidos propios de cada área. Por lo que a las Ciencias de la Naturaleza se refiere, esto significa que al término de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), tras haber trabajado los bloques de contenido que se enumeran en el Cuadro 2.1, los alumnos han de haber alcanzado los objetivos que se enumeran en el Cuadro 2.2 (MEC, 1989).

Cuadro 2.1: Bloques de contenido del área de Ciencias de la Naturaleza. (Educación Secundaria Obligatoria).

1. Diversidad y unidad de la materia.	10. Interacciones entre los componentes abióticos y bióticos del medio natural.
2. La estructura de las sustancias.	11. Los cambios en el medio natural. Los seres humanos, principales agentes del cambio.
3. La energía	12. La salud como manifestación del equilibrio del sistema humano.
4. Los cambios químicos.	13. La fuerzas y los movimientos.
5. La Tierra en el Universo.	14. Electricidad y magnetismo.
6. El aire y el agua.	15. Las ondas en la naturaleza.
7. Las rocas.	
8. Los seres vivos: diversidad y unidad.	
9. La mujer y el hombre, seres vivos.	

Si se analizan detenidamente los objetivos mencionados, se puede comprobar que la consecución de los mismos implica fundamentalmente *construir un conjunto de representaciones* sobre la organización y funcionamiento del mundo físico, los seres vivos y el cuerpo humano (Objetivo 2.1), representaciones que constituyen los modelos desde los que conceptualizar, explicar y valorar los fenómenos naturales, las aplicaciones tecnológicas y los hábitos sociales y personales que pueden alterar la naturaleza o perjudicar a la salud (Objetivos 2.2, 2.3, 8, 9.1), modelos que deben fundamentar,

además, la adopción de actitudes encaminadas a preservar la naturaleza y cuidar la propia salud (Objetivos 9.2, 10.3) y que constituyen uno de los elementos necesarios para comprender los mensajes científicos expresados en distintos lenguajes y para comunicar las propias ideas relativas a los fenómenos estudiados (Objetivos 1.1, 1.2).

La funcionalidad de las representaciones señaladas y sus posibilidades de aplicación y utilización para comprender la información, plantear y resolver problemas y comunicarse, dependen, sin embargo, no sólo de lo fielmente que se ajusten a la realidad, sino de que se hayan aprendido ciertos *procedimientos* y adquirido ciertas *capacidades*: los modos de razonar, enfocar y resolver problemas propios del pensamiento científico (Objetivos 3, 4, 5, 6.1, 7) y un conocimiento adecuado de los distintos lenguajes en que este pensamiento se expresa (Objetivo 1). Se espera que todo ello permita el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia y sus logros y hacia el uso de los modos de pensamiento que implica (Objetivos 10.1, 10.2).

Cuadro 2.2: Área de Ciencias de la Naturaleza:  
Resumen de los objetivos generales de la E.S.O.

1. • Comprender mensajes científicos sencillos expresados verbalmente, mediante lenguaje matemático o mediante otros sistemas de representación (gráficos, tablas, etc.).
  - Expresar mensajes científicos sencillos utilizando el lenguaje verbal de forma precisa y rigurosa, el lenguaje matemático u otras sistemas de representación (gráficos, tablas, etc.).
2. • Comprender las ideas básicas de las Ciencias de la Naturaleza.
  - Aplicar la concepción científica del mundo a la explicación de los fenómenos naturales.
  - Aplicar la concepción científica del mundo al análisis de algunas aplicaciones tecnológicas.
3. • Desarrollar y aplicar estrategias personales a la resolución de problemas.
  - Utilizar las estrategias de exploración propias de la investigación científica:
    - Identificar el problema.
    - Analizar sus elementos.
    - Recabar la información disponible.

- Formular hipótesis.
  - Recoger datos para contrastar las hipótesis.
  - Analizarlos de forma apropiada.
  - Formular conclusiones.
  - Explorar soluciones alternativas, etc.
4. • Participar en la planificación y realización de experiencias científicas en equipo asumiendo responsabilidades en la realización de las tareas.
    - Valorar las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos con una actitud flexible y de colaboración.
  5. • Elaborar informes sobre las actividades de investigación distinguiendo los datos de las interpretaciones.
  6. • Utilizar con soltura y precisión los instrumentos más corrientes de medida y observación.
    - Respetar las normas de seguridad y conservación en su uso.
  7. • Utilizar las fuentes habituales de información científica para recabar información, contrastarla y evaluarla.
  8. • Utilizar los conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano:
    - para desarrollar hábitos de cuidado y salud corporal.
    - para valorar críticamente las prácticas sociales susceptibles de provocar trastornos y enfermedades.
  9. • Utilizar los conocimientos sobre los elementos físicos y los seres vivos para valorar y las consecuencias negativas que puede acarrear su deterioro y extinción.
    - Mostrar una actitud positiva hacia las iniciativas dirigidas a su conservación y mejora.
  10. • Interesarse y valorar positivamente el trabajo científico y la formación personal en dicho ámbito.
    - Utilizar en las actividades cotidianas las actitudes propias del pensamiento científico.
    - Adoptar una actitud crítica ante las aplicaciones de la Ciencia peligrosas para la Humanidad.

Teniendo presentes los objetivos señalados, los profesores deberían evaluar, por un lado, si los alumnos han construido una representación integrada y funcional de las distintas realidades y fenómenos que se estudian en los distintos bloques de contenido, así como de los modelos causales que expli-

can el modo en que interactúan y cambian. Y, por otro lado, del grado en que afrontan la búsqueda de explicación y solución de problemas razonando de acuerdo con las pautas que describen el pensamiento científico. ¿Cómo puede hacerse esto?

Dar respuesta a la pregunta anterior requiere que se defina previamente, por un lado, el tipo de información que es preciso recoger y los métodos más adecuados para ello, aspectos que no son del todo independientes, ya que las distintas técnicas suelen ser apropiadas para recoger unos tipos de información más que otros. El problema que dicha definición plantea ha sido abordado, sin embargo, de formas muy diferentes, hecho puesto de manifiesto por Doran, Lawrenz y Helgeson (1993), en la que puede considerarse la revisión más completa de los trabajos sobre evaluación del aprendizaje de las Ciencias. Tras examinar las evaluaciones nacionales del progreso educativo llevadas a cabo en Estados Unidos (NAEP, 1975, 1978, 1987a, 1987b, 1992), las llevadas a cabo en el Reino Unido entre 1980 y 1984 (Russell et al., 1988; Schofield et al., 1988, Archenhold et al., 1988, Johnson, 1989), los de la Asociación Internacional para la Evaluación de los Logros Educativos (Klopfer, 1973; IEA, 1988), así como diversos estudios realizados en distintos estados de Estados Unidos, trabajos todos ellos realizados con grupos de alumnos entre 9 y 17 años de edad, estos autores señalan que, en gran medida, el tipo de tareas y técnicas empleadas en la evaluación sigue siendo de tipo *tradicional*, esto es, considerando que mediante la evaluación es posible determinar lo que un alumno conoce, la forma en que utiliza su conocimiento y el grado en que generaliza y extiende su uso a situaciones nuevas, la evaluación sigue centrándose en el primero de estos aspectos. Por otra parte, el tipo de instrumentos utilizados más frecuentemente -preguntas del tipo verdadero falso, de opción múltiple, de completamiento y preguntas abiertas de respuesta breve- no permiten saber con seguridad si los alumnos comprenden realmente o no aquello que parecen conocer.

Sin embargo, también están surgiendo enfoques alternativos orientados a determinar la comprensión real que los alumnos alcanzan de aquello que estudian, el uso que son capaces de hacer de ello y el grado en que son capaces de generalizar su conocimiento a diferentes contextos y situaciones. Tanto en la revisión citada de Doran y col. (1993), como en el trabajo recién publicado de Tamir (1996) se pone de manifiesto el interés creciente por evaluar en qué medida los alumnos han adquirido e interiorizado las habilidades necesarias para "hacer ciencia", habilidades que constituyen los objetivos 3, 4, 5, 6 y 7 de nuestro actual currículo, recogidos en el Cuadro 2.2. Los enfoques adoptados para evaluar tales habilidades son fundamentalmente cinco, según Tamir (1996):

1. La observación y el registro sistemático de las actividades del alumno realizados de forma continua por el profesor.
2. La valoración de los informes realizados por los alumnos sobre sus experiencias de laboratorio.
3. La valoración de los proyectos de investigación diseñados por los alumnos.
4. Pruebas de papel y lápiz -abiertas o de opción múltiple- planteadas sobre experiencias realizadas en el laboratorio o sobre aspectos relacionados con las mismas.
5. Exámenes prácticos en los que, supuesto un problema, el alumno ha de formular hipótesis, diseñar experimentos, llevarlos a cabo, registrar la información y extraer las conclusiones pertinentes.

Para poder evaluar adecuadamente al alumno desde los distintos enfoques mencionados el proceso a seguir exige que se den varias condiciones. En primer lugar, es necesario partir de un modelo teórico que permita definir una serie de categorías de observación a partir del mismo. Uno de los modelos más utilizados ha sido el propuesto por Lunetta y Tamir (1979). Este modelo incluye cuatro categorías de actividades, cada una de las cuales lleva asociada una serie de habilidades o destrezas más específicas, y para cuya evaluación desarrollaron el Inventario de Resultados de Laboratorio que se presenta en el Cuadro 2.3. Este tipo de inventario puede utilizarse para recoger información que permita ayudar a los alumnos a superar sus dificultades.

Cuadro 2.3. Inventario de resultados de laboratorio (Tamir, 1996).

1. Planificación y diseño de experimentos.

- 1.1 Formula una pregunta o define un problema a investigar.
- 1.2 Predice los resultados del experimento.
- 1.3 Formula hipótesis a comprobar en la investigación.
- 1.4 Diseña procedimientos de observación y medida.
- 1.5 Diseña el experimento:
  - 1.5.1 Identifica la variable dependiente.
  - 1.5.2 Identifica la variable independiente.
  - 1.5.3 Diseña la forma de controlar los efectos.
  - 1.5.4 Ajusta el diseño a la hipótesis a comprobar.

- 1.5.5 Completa el diseño incluyendo la réplica del experimento.
- 1.6 Prepara los aparatos necesarios.

## 2. Ejecución del experimento.

- 2.1 Realiza las observaciones y medidas pertinentes.
    - 2.1.1 Realiza observaciones de tipo cualitativo.
    - 2.1.2 Realiza observaciones y medidas de tipo cuantitativo.
  - 2.2 Manipula adecuadamente los aparatos.
  - 2.3 Registra los resultados y describe las observaciones incluyendo dibujos si es necesario.
  - 2.4 Ejecuta cálculos numéricos si es necesario.
  - 2.5 Explica o justifica la técnica experimental.
  - 2.6 Trabaja de acuerdo con su propio diseño.
  - 2.7 Supera los obstáculos y dificultades por sí mismo.
  - 2.8 Coopera con otros cuando es necesario.
  - 2.9 Mantiene el laboratorio en orden y actúa de acuerdo con las normas de seguridad.
3. Análisis e interpretación de los resultados.
- 3.1 Transforma los resultados de acuerdo con los procedimientos estándar.
    - 3.1.1 Organiza los datos en tablas o diagramas.
    - 3.1.2 Representa los datos gráficamente.
  - 3.2 Interpreta los datos, determinando sus implicaciones y extrayendo conclusiones.
    - 3.2.1 Determina las relaciones de tipo cualitativo.
    - 3.2.2 Determina las relaciones de tipo cuantitativo.
  - 3.3 Determina la precisión de los datos experimentales.
  - 3.4 Comenta las suposiciones que subyacen al experimento y las limitaciones del mismo.
  - 3.5 Señala la posible generalización de los resultados, tal vez proponiendo un modelo.
  - 3.6 Explica los hallazgos de la investigación.
  - 3.7 Formula nuevas preguntas o plantea nuevos problemas a partir de los resultados.

4. Aplicación de los resultados.
  - 4.1 Hace nuevas predicciones a partir de los resultados.
  - 4.2 Formula nuevas hipótesis basándose en los resultados obtenidos.
  - 4.3 Aplica la técnica experimental utilizada a un nuevo problema.
  - 4.4 Sugiere ideas y formas para continuar la investigación.

Si el objetivo es, además, calificar a los alumnos con fines de promoción, es preciso determinar, en segundo lugar, un sistema de puntuación. Por este motivo se han desarrollado distintos sistemas de puntuación, algunos de los cuales han sido incluidos en las revisiones de Doran y col. (1993) y Tamir (1996) ya citadas. Sin embargo, todo sistema de puntuación es, en principio, arbitrario, debiendo demostrarse posteriormente su validez y utilidad como base para tomar las decisiones que han motivado su desarrollo. Por ello, pese a la probable utilidad de los enfoques de evaluación citados para ayudar a los alumnos, su uso con fines de calificación no debe aceptarse sin más, ya que conlleva ciertos problemas apuntados en el trabajo ya citado de Doran y col.:

- Puede que realmente no constituyan una evaluación más precisa de las habilidades de los alumnos: es preciso que haya estudios que lo demuestren.
- Normalmente son más costosos en tiempo, dinero y recursos humanos.
- Algunos estudios sobre su fiabilidad y validez sugieren que pueden ser menos fiables y válidos que los tests tradicionales.
- Es posible que los alumnos lleguen a aprender las destrezas implicadas sin comprender realmente por qué actúan como actúan, como ocurre a veces con las respuestas a las preguntas de opción múltiple.
- Es posible que los que fracasan en las pruebas tradicionales también fracasen al ser evaluados mediante los enfoques citados, ya que los resultados del trabajo en laboratorio dependen no sólo de las destrezas que se pretende evaluar, sino de los conocimientos de tipo conceptual que son principalmente el objeto de las pruebas tradicionales.
- Se requiere un cambio en la forma de enseñar de los profesores, cambio sin el cual no sería justo evaluar a los alumnos de acuerdo con los enfoques señalados.

Teniendo presentes las dificultades señaladas, conviene citar otras líneas de evaluación en el área de las ciencias que constituyen alternativas interesantes a los formatos descritos. Quizás la principal es el *desarrollo de preguntas de opción múltiple con valor diagnóstico*. Puesto que las preguntas de opción múltiple presentan numerosas ventajas en términos de capacidad de cubrir una amplia gama de contenidos en poco tiempo, en términos de objetividad y de facilidad de corrección y puntuación, parece interesante intentar evitar que evalúen sólo recuerdo. Una forma de hacerlo es construir las utilizando como distractores errores de concepto frecuentes, por ejemplo, los que suelen producirse como resultado de las ideas previas de los alumnos, de los sesgos frecuentes en los procesos de razonamiento, o los que ponen de manifiesto las respuestas de los alumnos cuando se les hacen preguntas de tipo abierto. La importancia y utilidad potencial de esta línea de evaluación, adoptada en el presente trabajo, ha sido subrayada también por Tamir (1996). Este autor señala, además, que si, en la medida en que sea posible, se pide a los alumnos que señalen el grado de confianza que tienen en la respuesta escogida o, eventualmente, que justifiquen por qué la escogen, mejora notablemente la calidad de la evaluación. Por otra parte, el uso de pruebas de este tipo puede ajustarse mejor al tipo de enseñanza que se imparte actualmente en la mayoría de nuestros centros en los primeros cursos de la Enseñanza Secundaria, donde el trabajo de laboratorio es escaso.

Otro tipo de técnica que Tamir considera especialmente útil para evaluar la comprensión de conceptos son los *mapas conceptuales* (Novak y Gowin, 1984), cuyas características y posibilidades de utilización hemos descrito en un trabajo reciente (Alonso Tapia, 1995). Se trata de una técnica que trata de evaluar la comprensión de conceptos mediante la construcción de una red proposicional que manifieste las relaciones entre los mismos, red que se expresa gráficamente. Este tipo de técnica tiene, sin embargo, por lo menos dos limitaciones importantes (Tamir, 1996, pág. 105). Por un lado, se requiere familiarizar a los alumnos con sus características, lo que requiere preparación y entrenamiento y restringe, por tanto, sus posibilidades de utilización a los alumnos que están familiarizados con la técnica. Por otro lado, la expresión de las relaciones entre conceptos mediante dos o tres palabras no permite conocer de modo preciso el tipo de representación subyacente, representación que puede ser errónea.

En cualquier caso, creemos que la mejora de la evaluación pasa no sólo por resolver el problema de la técnica a utilizar sino, por decidir a) en qué contenidos centrar la evaluación y qué tareas proponer, ya que las tareas son las que ponen en juego las habilidades de los alumnos, b) qué extensión debe

tener la evaluación según se realice para determinar qué ayudas precisa el alumno o para decidir si debe aprobar o no, c) cómo diseñarla y cómo utilizar la información para ayudarle a que interiorice los criterios de progreso y sea capaz de autoevaluarse y autorregular su aprendizaje, y d) cómo hacerlo de forma que resulte motivadora. De hecho, como el mismo Tamir indica (1996, pág. 97), quizás la mejor forma de determinar el grado en que los alumnos comprenden los conceptos de la ciencia y las razones por las que es preciso proceder de un modo determinado al diseñar o realizar un experimento y al extraer conclusiones del mismo es la entrevista piagetiana (Piaget, 1926; Alonso Tapia, 1995), como ya hemos señalado en otras ocasiones, aunque su aplicación en las aulas es problemática debido al tiempo que exige, lo que hace que se sugieran otras técnicas. Sin embargo, creemos que el principal problema de la evaluación en el área de las ciencias está en la carencia de modelos que muestren como las tareas utilizadas ligán contenidos, habilidades y capacidades permitiendo inferir qué es lo que realmente comprende el alumno, qué destrezas es capaz de poner en juego, en qué medida es capaz de distinguir cuándo y por qué debe ponerlas en juego, objetivo que tratamos de abordar a continuación.

### *2.1.2. Desarrollo del modelo de evaluación.*

*Primer paso: Especificar el tipo de reorganización conceptual que se espera.*

En la medida en que la adquisición o no de los objetivos señalados se va concretando en los conocimientos propios de cada uno de los temas y en los modos de proceder del alumno frente a los problemas que se plantean en relación con tales contenidos, el primer paso para determinar si se han conseguido los objetivos señalados es especificar el tipo de reorganización conceptual que se espera. Por este motivo, en cada uno de los ejemplos del modelo que proponemos se comienza por exponer el mapa conceptual que recoge la reorganización conceptual esperada.

*Segundo paso: Determinar qué es lo que puede considerarse como criterio de comprensión.*

El segundo paso es determinar qué es lo que puede considerarse como criterio de comprensión. Recordar hechos, conceptos o definiciones no es suficiente para poder determinar si un alumno posee una representación adecuada y funcional de los mismos, como ya hemos señalado en los capítulos

anteriores. Por ejemplo, un alumno conoce de memoria los conceptos de tensión (V), resistencia (R) e intensidad (I) eléctricas así como la expresión que relaciona estas tres características de la corriente:  $I = V / R$ . Sin embargo, dado un circuito compuesto por una pila y el conductor que une sus bornes, puede pensar que modificando la resistencia mediante un incremento de la longitud del conductor se modifica la diferencia de potencial generada por la pila. A esta conclusión puede haber llegado despejando V en la fórmula:  $V = I \times R$ , lo que sugiere que al incrementar R se puede incrementar V. Esto supone que no ha entendido que la fórmula no es matemática pura, sino un modelo útil para representar un fenómeno físico en el que V y R son independientes entre sí (V depende del generador y R de las características del conductor y del circuito eléctrico), siendo I la única variable dependiente. Lo mismo ocurre al alumno que, aun recordando perfectamente las definiciones de aceleración y velocidad, piensa que, si la aceleración de un tren es cero, su velocidad también lo es, lo que implica que confunde ambos conceptos.

Los ejemplos anteriores no son algo aislado. Diversos trabajos, entre los que se encuentran los recopilados por Driver, Guesne y Tiberghien (1985), Hierrezuelo y Montero (1988), así como los trabajos de síntesis de Pozo y otros (1991) han puesto de manifiesto que hay muchas representaciones de los alumnos sobre los fenómenos físicos y químicos que no sólo antes, sino incluso después de la instrucción, no corresponden a la realidad. Estos trabajos, junto a otros, también han puesto de manifiesto las posibles razones de tal resistencia al cambio, razones que tienen que ver con la experiencia previa de los alumnos en relación con los fenómenos estudiados. Esta experiencia produce representaciones de la realidad que afectan a su modo de explicar gran cantidad de fenómenos, como son los relativos al movimiento, al concepto de fuerza, a los conceptos de calor y temperatura y a las relaciones entre los procesos y estados a los que se refieren, a la concepción de la energía y de la corriente eléctrica, a las ideas sobre la naturaleza de la materia y su conservación en las transformaciones químicas, a la naturaleza y dinamismo de los gases, etc. En consecuencia, parece necesario evaluar la comprensión de los fenómenos estudiados y la funcionalidad de los conocimientos adquiridos sobre los mismos mediante tareas que impliquen categorizar y explicar fenómenos, por ser más aptas para permitir el acceso a las representaciones de los alumnos, como hemos señalado en el primer capítulo.

El método que reúne de forma ideal las características anteriores es, a nuestro juicio, el método clínico piagetiano anteriormente citado. Este método implica proponer a los alumnos tareas a resolver, observar su actuación,

preguntarles después por las razones de su forma de actuar, proponerles situaciones que desafíen las creencias que manifiestan sus contestaciones y observar si sus respuestas reflejan con regularidad razones o pautas de actuación que señalen el tipo de representación subyacente. En el capítulo sobre evaluación de las C.C.S.S. ilustrábamos el tipo de información que puede proporcionar el empleo de este procedimiento. Sin embargo, también señalábamos su dificultad de utilización en clases con numerosos alumnos. Por este motivo, el modelo de evaluación que hemos desarrollado implica fundamentalmente el uso de preguntas de opción múltiple. No obstante, como ocurría en los modelos análogos propuestos para evaluar el conocimiento en el caso de las Ciencias Sociales, debido al tipo de tareas que proponemos, al conjunto de las mismas incluidas en cada ejemplo y a los distractores seleccionados es posible, como mostraremos, evaluar realmente el grado de comprensión y reorganización conceptual logrado por los alumnos, así como la capacidad de resolver problemas aplicando un razonamiento riguroso.

Obviamente, por tratarse de tareas de opción múltiple, cabe siempre que el azar desempeñe un cierto papel en la información que obtenemos, como ya señalábamos en el capítulo citado. Sin embargo, teniendo en cuenta el propósito para el que se ha diseñado este modelo de evaluación y los medios que hay para controlar los efectos del azar, esto no resulta problemático. Por un lado, como ya hemos señalado en el capítulo anterior, aunque no es posible saber si un alumno ha acertado una pregunta concreta por casualidad, sí es posible determinar la probabilidad de que cada pregunta se acierte por azar y utilizar este conocimiento para corregir el efecto del azar en el conjunto de la prueba. Por otro lado, si una parte significativa del grupo eligiese una de las alternativas incorrectas, dado que éstas se han diseñado para poner de manifiesto errores conceptuales frecuentes, este hecho informaría al profesor de la dirección en que debe dirigir sus esfuerzos para ayudar a los alumnos a superar la dificultad. Más aún, dado que este tipo de pruebas se pueden comentar con los alumnos una vez realizadas para que comprendan la razón de que determinadas alternativas sean incorrectas, si un profesor comenta la prueba, incluso los alumnos que han contestado correctamente por casualidad pueden llegar a caer en la cuenta de lo que ignoran.

*Tercer paso: Seleccionar las tareas para la evaluación de la comprensión que deben utilizarse en el proceso de evaluación.*

El tercer paso es determinar la selección de tareas a incluir en el proceso de evaluación, lo que equivale a decidir la extensión con que se evalúa el ma-

pa conceptual. Respecto a este punto, si bien en los ejemplos que proponemos para 7º de EGB/ 1º de ESO se incluyen tareas que permiten evaluar todos los componentes del mapa conceptual, en los de 8º de EGB/2º de ESO no es así. La razón es que en estos casos la selección de tareas, por lo que a los conceptos evaluados se refiere, se ha hecho en base a estudios previos que habían puesto de manifiesto qué conceptos eran los que los alumnos solían tener más dificultades para entender. Debido a la mayor dificultad, parecía necesario mostrar cómo se pueden evaluar para que los profesores puedan saber si es necesario proporcionar ayudas adicionales para su comprensión, lo que nos ha llevado a dar prioridad a la evaluación de los mismos.

*Cuarto paso: Determinar qué puede constituir un indicador válido de la adquisición de procedimientos y capacidades.*

El cuarto paso es determinar qué es lo que puede constituir un indicador de que se han adquirido los procedimientos y capacidades cuyo desarrollo constituye un objetivo instruccional. Los criterios de adquisición y dominio de un procedimiento o una capacidad dados varían según sea la capacidad evaluada, como hemos puesto de manifiesto en un trabajo reciente (Alonso Tapia, 1995, cap. 3). Por este motivo y teniendo en cuenta, además, que cada uno de los diseños realizados sólo evalúa alguna de las capacidades objeto de interés, justificaremos en el apartado correspondiente a cada diseño lo que consideramos que puede constituir un criterio de adquisición de las mismas. No obstante, anticipamos que su evaluación debe hacerse mediante tareas que permitan poner de manifiesto no sólo si un alumno recuerda los pasos a dar, sino cómo actúan y por qué lo hacen así.

*Quinto paso: Decidir las tareas para la evaluación de procedimientos a incluir en el proceso de evaluación.*

El problema que se plantea a los profesores en este punto es que no se pueden evaluar a un tiempo todos los tipos de procedimientos y capacidades que señala el DCB, al igual que ocurría en el caso de las pruebas de Ciencias Sociales. No obstante, la evaluación del conjunto de las capacidades, en la medida en que se trabajan en los distintos bloques de contenido y no sólo en uno, debe asegurarse mediante un diseño de evaluación que abarque el conjunto de la materia y que distribuya las tareas relativas a cada capacidad a lo largo de los distintos temas, lo que podría hacerse, como señalábamos en el primer capítulo, siguiendo el esquema del Cuadro 1.6, en el que se recogen

algunas de las habilidades que implica el pensamiento científico y a las que hacen referencia los objetivos señalados en el DCB. Todas ellas pueden utilizarse para evaluar las adquisiciones logradas en cada tema y, en la medida en que el profesor realice algún tipo de evaluación continua a partir de las actividades desarrolladas por el alumno día a día, no sólo pueden utilizarse, sino que deberían emplearse. Sin embargo, para evitar incrementar innecesariamente el trabajo del alumno cuando se le evalúa mediante exámenes, es posible poner en cada examen sólo las tareas correspondientes a los puntos marcados en la planificación inicial, lo que aseguraría posteriormente la posibilidad de emitir un juicio sobre adquisición de "capacidades" objetivamente fundamentado.

En nuestro caso, las tareas seleccionadas para formar parte de las pruebas de Ciencias de la Naturaleza lo han sido pensando fundamentalmente, en primer lugar, en evaluar si los alumnos han logrado la reorganización conceptual que se buscaba y, en segundo lugar, si su pensamiento reunía algunas de las características principales del pensamiento científico, como la capacidad de predecir el comportamiento de un fenómeno a partir de una explicación o modelo hipotético del mismo y la capacidad de controlar variables a la hora de poner a prueba una hipótesis. En algunas de las pruebas se ha tratado de examinar, además, la capacidad de comprender y razonar a partir de la información contenida en textos, gráficos y tablas y la de transformar la información expresada en un lenguaje (ej. simbólico: fórmulas) a otro lenguaje (ej. gráfico). Nuestro propósito al actuar así ha sido mostrar cómo podrían diseñarse tareas que permitiesen evaluar las capacidades mencionadas y que sirviesen de prototipo para el diseño de tareas análogas en cada uno de los restantes temas. Por otra parte, hay algunas capacidades como las relativas al diseño de experimentos, redacción de informes, etc., para los que este tipo de pruebas no es adecuado, ya que requieren un formato abierto para poder observar cómo trabaja el sujeto por lo que, obviamente, las evaluaciones que hemos diseñado no las consideran.

### *2.1.3. Metodología empleada en la contrastación del modelo.*

A fin de poner de manifiesto la viabilidad del modelo que sugerimos, se han construido un total de seis pruebas, tres para 7º de EGB/ 1º de ESO y otras tres para 8º de EGB / 2º de ESO. Cada una de ellas se ha aplicado a una muestra de alumnos que oscila entre 150 y 280 sujetos. Posteriormente, tanto las pruebas como los resultados se han analizado siguiendo los mismos pasos.

En primer lugar, se ha realizado un estudio empírico de la *validez de contenido* de las pruebas, esto es, "del grado en que el contenido de las tareas de una prueba y la prueba en su conjunto es considerado adecuado por distintos profesionales para evaluar la adquisición de los objetivos perseguidos al enseñar". La razón de este estudio radica en lo siguiente. Al seleccionar los contenidos para los distintos modelos de evaluación ha sido preciso tener presente no sólo los objetivos del planteamiento curricular expuesto en el DCB y las indicaciones sobre secuenciación publicadas posteriormente (B.O.E. de 25-3-1992), sino también el nivel y modo en que los alumnos están trabajando actualmente tales contenidos, dado que el nuevo diseño curricular aún no se ha implantado en los cursos estudiados. Este hecho ha afectado sobre todo a los temas seleccionados y a los esquemas conceptuales que se espera que los alumnos construyan en relación con los mismos, esquemas que hemos tenido como horizonte de la evaluación. Por ello, aunque las pruebas han sido diseñadas teniendo presentes los objetivos y contenidos curriculares del área de Ciencias de la Naturaleza, podría ocurrir que distintos profesionales no considerasen las tareas incluidas en nuestras pruebas y éstas en su conjunto como criterio válido para evaluar los objetivos educativos, lo que hacía necesario el estudio señalado. Pese a todo, creemos que el hecho mencionado no afecta al valor de nuestro trabajo ya que lo que pretendemos es ofrecer modelos prototípicos que sugieran cómo evaluar, modelos que -obviamente- deben concretarse de modo distinto según varíen los objetivos y contenidos objeto de evaluación.

Para realizar esta evaluación, utilizando el protocolo incluido en el Apéndice 2.7 pedimos a los profesores que contestasen a las dos preguntas siguientes:

- a) ¿Cuál es la *relevancia* de cada pregunta y de la prueba en su conjunto para evaluar los conocimientos y capacidades que los alumnos de 7º de EGB /1º de ESO deberían demostrar en relación con el tema?  
Para evaluar la relevancia de una pregunta, bastaba con marcar con una X el valor elegido en una escala de 0 (irrelevante) a 3 (imprescindible) en la casilla correspondiente a la tarea o pregunta evaluada, y en una escala de 1 a 7 en la casilla correspondiente a la valoración de la prueba considerada en su conjunto.
- b) ¿Cuál es el nivel *dominio* que un alumno debe alcanzar para que pueda considerarse que el *grado de aprendizaje* demostrado es *suficiente* como para que ese alumno pueda proseguir sus estudios sin dificultad?

Para evaluar el grado de dominio de cada tarea, se pedía a los profesores que se situasen en el siguiente supuesto: "Si cada objetivo de aprendizaje fuese medido por cien preguntas del mismo contenido (aunque variase la presentación de las mismas), (usted) consideraría que un alumno que resolviera correctamente X (100, 80, 60, etc) preguntas de las planteadas dominaría suficientemente ese objetivo como para darlo por superado". En cuanto al grado de dominio de la prueba en su conjunto, se pedía a los profesores que declarasen el porcentaje de dominio que consideraban necesario.

Serán, pues, los resultados empíricos encontrados en cada caso los que nos dirán hasta qué punto nuestras pruebas, con independencia de que sean adecuadas teóricamente para evaluar los conocimientos y capacidades de los alumnos, son consideradas de igual modo por los profesionales de la materia.

En segundo lugar se ha determinado el *índice de dificultad* de cada pregunta y el porcentaje de alumnos que ha escogido cada alternativa, para analizar posteriormente las razones de los errores cometidos con más frecuencia. Consideramos este paso de particular importancia, pues es el que permite determinar qué ayudas es preciso proporcionar a los alumnos para que puedan progresar, lo que constituye el objetivo primario de la evaluación.

En tercer lugar, se han agregado las puntuaciones en escalas y subescalas del modo anteriormente especificado, para obtener un *perfil de resultados* que nos indique el grado de *reestructuración conceptual* y de adquisición de las diferentes capacidades evaluadas.

Finalmente, de acuerdo también con el procedimiento anteriormente descrito, se ha establecido el *punto de corte* a utilizar en las situaciones en que se requiera calificar a los alumnos.

## 2.2. Ejemplo 1: El aire y el agua.

### 2.2.1. Objetivos instruccionales y esquema de conocimientos a adquirir.

El primero de los temas seleccionados para desarrollar el modelo de evaluación que proponemos para el área de Ciencias de la Naturaleza es "El aire y el agua". La razón de esta elección es que se trata de un tema ampliamente tratado durante la Enseñanza Primaria en el área de Conocimiento del Medio buscando que los alumnos lleguen a identificar los distintos fenómenos atmosféricos, las características básicas de los climas de nuestro país y el impacto de las actividades humanas en el medio, más que la comprensión de

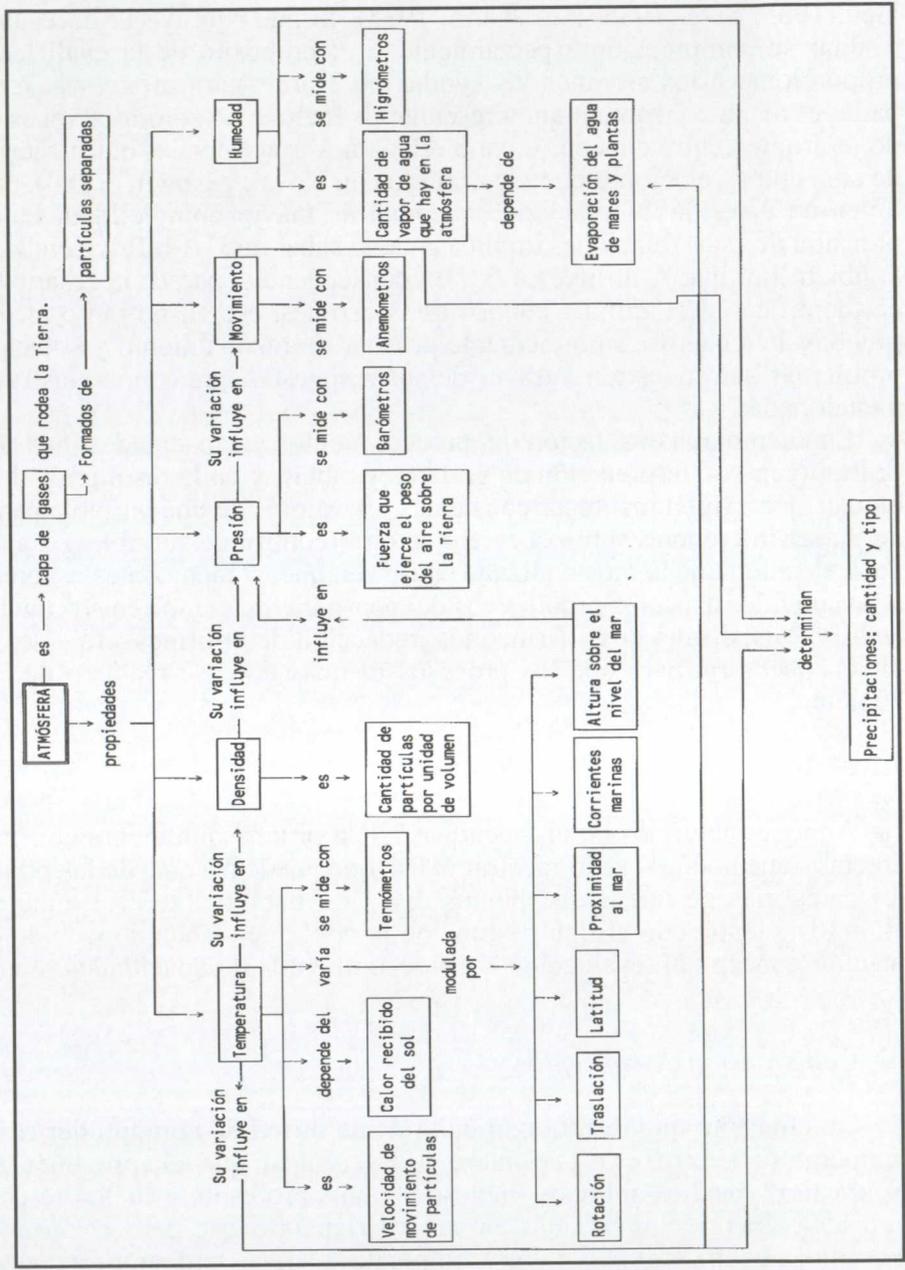
las razones profundas -no observables a simple vista- que influyen en la variación de los distintos fenómenos estudiados. Por el contrario, el estudio de este tema durante el primer ciclo de la E.S.O. pretende que el alumno busque respuestas a preguntas como:

- ¿Por qué los hombres tratan continuamente de predecir el tiempo?
- ¿De qué manera influye el tiempo en la vida cotidiana?
- ¿Qué es lo que hace que cambie el tiempo?
- ¿Por qué en unos sitios llueve más y en otros menos?
- ¿Qué es lo que hace que llueva menos y haya menos agua?
- ¿Por qué hay épocas de sequía?
- ¿Por qué en unos sitios hace más calor y en otros menos?
- ¿Por qué en lo alto de las montañas el aire es más fresco?
- ¿Por qué a veces hay granizo, nevadas, heladas, ciclones, etc.?
- ¿Cómo comprobar si es cierto que el tiempo cambia por las razones que me dicen?
- ¿Qué variables miden los meteorólogos para predecir el tiempo?
- ¿Podemos nosotros influir en el tiempo?

Un análisis detenido de los contenidos de los libros de texto de este nivel relativos a este tema pone de manifiesto que se pretende que los alumnos construyan: a) un esquema conceptual acorde con las explicaciones de la ciencia acerca de la naturaleza y propiedades del aire y el agua, b) un modelo causal básico capaz de explicar las variaciones en el tiempo, los ciclos climáticos, el ciclo del agua y c) un modelo que explique los efectos de la atmósfera, el clima y el agua sobre los seres vivos y que, por tanto, permita predecir lo que puede ocurrir si se alteran la composición de la atmósfera, el clima o la disponibilidad de los recursos hídricos.

En la Figura 2.1 se recoge lo que sería el esquema conceptual correspondiente a los dos primeros puntos, la concepción de la atmósfera, de los factores que determinan su estado en un punto y momento dados y las variaciones del mismo, y de las consecuencias que estas variaciones tienen en el ciclo del agua en cuanto que afectan al régimen de precipitaciones y a la forma de las mismas. Como puede deducirse, tener una representación acorde con este mapa implica comprender los conceptos de gas, temperatura, calor, rotación, traslación, corriente marina, densidad, volumen, presión, humedad, vapor de agua, evaporación y precipitaciones, entre otros. Se sabe, sin embargo, que alguno de estos conceptos tales como temperatura, calor, densidad, latitud y vapor de agua no son fácilmente comprendidos (Erickson y Tiberg-

Figura 2.1: Mapa conceptual básico del tema "El aire y el agua" para alumnos de 12-13 años.



hien, 1985; Seré, 1985; Nussbaum, 1985), lo que subraya la necesidad de evaluar su comprensión especialmente si el propósito de la evaluación es proporcionar a los alumnos las ayudas necesarias para progresar. Por otra parte, el mapa conceptual que presentamos incluye no sólo relaciones de tipo jerárquico entre conceptos, sino relaciones transversales entre categorías de conceptos, relaciones que, de acuerdo con Novak y Gowin (1984), constituyen un nivel de integración conceptual de mayor complejidad. La comprensión de estas relaciones implica no sólo saber que "A influye en B", sino también "por qué A influye en B". En consecuencia, parece necesario tratar de identificar si el alumno conoce éstas razones, eso sí, no tanto mediante pruebas de recuerdo, sino mediante pruebas de razonamiento y solución de problemas que muestren a través de sus respuestas que conoce las razones mencionadas.

En cuanto a la evaluación del procedimientos y capacidades, nos hemos centrado en la interpretación de gráficos y tablas, y en la resolución de problemas que exigen mantener constantes los valores de una variable para poder hacer inferencias sobre el efecto de otra (control de variables). La razón de la elección que hemos realizado estriba en que, si bien con estas tareas no se evalúan los aspectos productivos del pensamiento científico -formulación de hipótesis, diseño de experimentos, redacción de informes, etc.-, son condición necesaria para que los procesos mencionados se realicen de forma eficiente.

### *2.2.2. Tareas y criterios de evaluación.*

Aunque incluimos en el Apéndice 2.1 la prueba finalmente construida, creemos que puede ser útil mostrar el uso que puede hacerse de las principales categorías de tareas que hemos diseñado para evaluar y ayudar a los alumnos, atendiendo al tipo de función para el que se han concebido -evaluación conceptual, evaluación de procedimientos o capacidades, o ambas cosas.

#### *Comprensión de conceptos.*

Un concepto que resulta particularmente difícil de comprender es el de temperatura. Hierrezuelo y Montero (1988) señalan que a la pregunta "¿Qué es el calor? muchos alumnos -incluso algunos profesores- suelen responder con ideas incorrectas basadas en su experiencia diaria pero erróneas. Por ejemplo, suelen confundir calor y temperatura: "Es la temperatura que hace"

o "la temperatura que tenemos", etc. Por este motivo, es importante acceder a la representación que los alumnos tienen de estos conceptos. Esto puede hacerse formulando la pregunta mencionada y, en caso de que el alumno responda "Es la temperatura que hace", profundizar en la representación que puede haber tras esta respuesta preguntando:

- Cuando sientes frío, ¿tienes temperatura o no la tienes? ¿Por qué piensas eso? ¿Y calor? ¿Tienes calor o no lo tienes? ¿Por qué piensas eso?
- Cuando pones un objeto al sol, ¿Varía el calor de este cuerpo o no varía? ¿Por qué piensas eso? ¿Y su temperatura, varía? ¿Por qué piensas eso?
- Cuando las bolas de granizo caen en los charcos de agua, ¿varía el calor del agua? ¿Por qué piensas eso? ¿Y su temperatura, varía? ¿Por qué piensas eso? Y en el hielo, ¿qué varía, el calor o la temperatura? ¿Por qué piensas eso?

Esta forma de preguntar, en la que el mismo esquema se aplica a referentes distintos y en la que se pide justificación de la respuesta permite ver tanto en la regularidad de éstas como en la de las justificaciones el tipo de representación que tiene el sujeto y corregirle si es preciso. Sin embargo, debido al tiempo que este procedimiento consume, es posible pedir al sujeto que elija entre una representación correcta, formulada de modo distinto al que aparece en los libros de texto, y representaciones que recojan errores de concepto frecuente, como hemos hecho en las preguntas 2 y 3 de nuestra prueba. La comprensión de la naturaleza de conceptos como atmósfera, humedad del aire y presión atmosférica se ha evaluado del mismo modo.

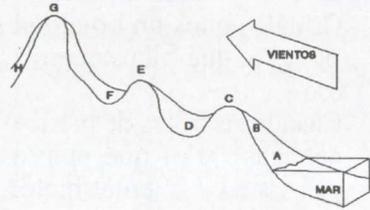
### *Comprensión e interpretación de gráficos.*

La comprensión del fenómeno al que hace referencia un concepto es incompleta si no se conocen y comprenden las relaciones con los fenómenos a los que hacen referencia otros conceptos. Evaluar la comprensión de estas relaciones puede hacerse al tiempo que el sujeto ha de aplicar sus conocimientos a la interpretación de un texto, una tabla o un gráfico. Con este objetivo hemos diseñado preguntas como la del Cuadro 2.4, para cuya solución correcta el alumno debe conocer la relación entre temperatura, proximidad al mar y altura sobre el nivel del mar:

Cuadro 2.4: Aplicación del conocimiento de relaciones a la interpretación de gráficos.

Señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre el gráfico de la derecha es correcta.

- La temperatura media en la zona C es menor que en la zona F.
- La temperatura media en la zona A es mayor que en la zona F.
- La temperatura media en la zona F es igual que en la zona D.



Obviamente, esta pregunta se puede plantear en forma abierta, pidiendo al sujeto que vaya comparando cada punto con todos los demás y diciendo en cuál de ellos es más probable que la temperatura sea mayor y que señale el porqué. No obstante, actuar así cuando se tienen muchos alumnos y cuando los aspectos a evaluar son muchos es prohibitivo. Por otra parte, el diseño de las alternativas hace que no sea necesario utilizar preguntas abiertas, ya que es posible inferir directamente qué factor no está siendo considerado por el alumno.

#### *Razonamiento y solución de problemas.*

Una de las capacidades que deben desarrollar los alumnos es la de pensar críticamente. Esta capacidad exige saber buscar información para saber si lo que nos dicen o pensamos es falso. Esto implica, cuando lo que se afirma es una relación entre distintos factores, observar si al variar uno, varía el otro, pero controlando el valor de otros factores que también podrían influir en éste último. Por ello, con el propósito de evaluar esta capacidad hemos construido preguntas como la que recogemos en el Cuadro 2.5. Como puede verse, contiene una pregunta abierta, pero no es preciso que sea así. Por ejemplo, proponiendo como alternativas cerradas en el caso de la pregunta sobre el papel de la temperatura B/D, C/D y A/B, en caso de que los alumnos escojan C/D sabemos de modo inmediato que no están controlando la altura sobre el nivel del mar, lo mismo que si escogen A y B.

### Conocimiento de hechos.

Finalmente, el mapa conceptual incluye como objetivos el reconocimiento de los aparatos utilizados para medir las distintas variables estudiadas, así como el conocimiento de su función. Para ello se han creado las preguntas 28 y 29 de la prueba incluida en el apéndice, preguntas que miden directamente estos conocimientos.

Cuadro 2.5: Capacidad de controlar variables para poder falsar hipótesis.

*En clase has oído que la presión atmosférica varía en función de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura. Teniendo esto presente, examina los datos de la siguiente tabla y responde a las preguntas que siguen:*

- *¿Qué datos sobre presión deberías buscar y examinar como mínimo para intentar comprobar si es falso que la presión depende de la temperatura? ¿A/C? ¿A/D? ¿B/C? ¿B/D? ¿C/D? ¿Por qué piensas así?*
- *¿Y para comprobar si es falso que la presión depende de la altura sobre el nivel del mar? ¿A/C? ¿A/D? ¿B/C? ¿B/D? ¿C/D? ¿Por qué piensas así?*

Lugar	A	B	C	D
Altura sobre el nivel del mar	600 m.	100 m.	600 m.	100 m.
Temperatura	25°	10°	10°	25°
Presión atmosférica	?	?	?	?

### 2.2.3. Contraste del modelo.

#### 2.2.3.1. Muestra.

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 278 alumnos de 7° de EGB, niños y niñas, procedentes de cuatro colegios de Madrid y su área metropolitana, todos ellos centros concertados. Los cinco profesores que impartían clase a los grupos de alumnos examina-

dos valoraron, a su vez, la relevancia de las tareas propuestas y el grado de dominio de las mismas que era deseable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

### 2.2.3.2. Validez social del contenido del modelo.

La Tabla 2.1 recoge los datos correspondientes a la valoración de la relevancia de las tareas de la prueba y de ésta en su conjunto realizada por los cinco profesores en cuyas clases se aplicó, así como el grado de dominio que consideran que los alumnos deben alcanzar en relación con los contenidos y capacidades evaluados.

Como puede comprobarse, los profesores han otorgado a la prueba en promedio una puntuación en relevancia -5,4- que equivale al 80% del máximo posible -7-. Esto significa una valoración muy positiva de la relevancia de la prueba considerada globalmente. No obstante, hay una gran heterogeneidad en la valoración de las tareas por separado. En general, las tareas cuya solución pone de manifiesto el conocimiento del concepto y efectos de la temperatura (2, 3, 7, 20, 21 y 23) han sido consideradas como relevantes. No ocurre lo mismo con las preguntas relativas a las causas de las variaciones de temperatura (6, 8, 9, 18, 22 y 24), donde tres preguntas (9, 18 y 24) no superan el valor 1,6 intermedio entre irrelevante y poco relevante. Se da la coincidencia de que las tres preguntas implican razonar aplicando los conocimientos que se supone al alumno a la interpretación de gráficos para predecir un posible fenómeno. Las tareas diseñadas para analizar la forma de razonar para falsar hipótesis (preguntas 10, 11, 12, 16 y 17) han sido consideradas en conjunto como irrelevantes o poco relevantes. Las preguntas relativas al concepto, causas y consecuencias de la humedad del aire son bien valoradas. En cuanto las preguntas relativas a la presión, la 5 (concepto) y la 7 (efecto sobre la circulación del aire) son bien valoradas, pero las preguntas 15 y 19 que implican predecir donde será mayor la presión atendiendo a los factores que influyen en la misma son consideradas como poco relevantes. La pregunta 25 que implica conocer la veracidad o falsedad de ciertos hechos relativos a los efectos del relieve es considerada como irrelevante. Finalmente, las preguntas consideradas como menos relevantes son las diseñadas para ver si los alumnos conocen que para saber si una relación postulada es falsa es preciso observar lo que ocurre cuando se controla el efecto de otros factores manteniéndolos constantes. También consideran como poco relevantes las preguntas relativas al conocimiento de los instrumentos de medida de los fenómenos atmosféricos.

Tabla 2.1: Prueba: "El aire y el agua".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.4	.89	77.50	14.43
2	2.0	.70	58.75	33.51
3	2.2	.83	63.75	37.94
4	2.2	.83	76.25	6.29
5	2.2	.83	81.25	7.50
6	1.8	.83	70.00	7.07
7	2.2	.44	77.50	10.40
8	2.0	.00	75.00	7.07
9	1.6	.89	62.50	22.54
10	1.4	.89	70.00	9.12
11	1.4	.89	65.00	7.07
12	1.4	.89	72.50	13.22
13	1.8	.44	81.25	6.29
14	1.8	.44	87.50	8.66
15	1.6	.54	73.75	16.00
16	1.0	.70	62.50	12.58
17	1.0	.70	62.50	12.58
18	1.6	.89	58.75	23.22
19	1.6	.89	71.25	15.47
20	2.0	.00	71.25	10.30
21	2.2	.44	82.50	6.45
22	2.0	.00	63.75	23.93
23	1.8	.44	71.25	11.08
24	1.2	.83	45.00	26.45
25	1.2	.83	47.50	25.00
26	1.4	.54	67.50	25.00
27	1.8	1.09	75.00	17.32
28	1.6	1.14	53.75	26.88
29	1.6	1.14	53.75	26.88
30	1.8	1.09	71.25	19.31
Prueba	5.4	1.14	64.00	5.47

En cuanto al dominio que los profesores consideran que es necesario que los alumnos tengan de los distintos conceptos, procedimientos y capacidades evaluados, tan sólo cuatro preguntas no superan el 55% (24, 25, 28 y 29); ocho más (2, 3, 9, 11, 16, 17, 18 y 22) oscilan entre el 58 y el 65%. El resto supera este nivel. Además, los profesores consultados consideran en promedio que los alumnos deben superar el 64% de las preguntas de la prueba tomada en conjunto para poder considerar que su conocimiento de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluados es suficiente.

Los resultados sobre la relevancia de las distintas tareas y el dominio que consideran necesario sugieren que los profesores conceden más importancia a las tareas que evalúan la comprensión a través de preguntas directas -las que implican reconocer la paráfrasis de la definición de un concepto como correcta o incorrecta-, algo menos a las tareas que evalúan dicha comprensión mediante tareas que implican hacer predicciones aplicando el conocimiento de los conceptos a situaciones dadas, y mucho menos a las que implican analizar gráficos y, sobre todo, razonar para falsar hipótesis. Dado que desde un punto de vista teórico éstas tareas responden claramente a los objetivos curriculares relacionados con el conocimiento de procedimientos y el desarrollo de capacidades, creemos que esta discrepancia puede deberse al hecho de que actualmente no se suele trabajar este tipo de objetivos, algo que parecen reflejar, como veremos, los resultados sobre el índice de dificultad de las distintas tareas y las puntuaciones medias en cada una de las subcategorías de puntuaciones de la prueba.

### 3.2.3.3. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

Desde un punto de vista teórico, la prueba sobre el tema "El aire y el agua" es apta para evaluar si los alumnos han alcanzado los objetivos que el DCB sugiere en relación con el mismo. Por este motivo y con independencia de la opinión de los profesores sobre la relevancia de la prueba, opinión que es bastante positiva en cualquier caso, merece la pena saber cuál es el estado actual de los conocimientos de los alumnos al respecto. Para ello, teniendo en cuenta que se trata de una prueba objetiva, hemos estudiado, en primer lugar, el porcentaje de alumnos que escoge las distintas alternativas a cada pregunta, así como el índice de dificultad de éstas y, en segundo lugar, las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en cada una de las categorías establecidas para evaluar los distintos objetivos de aprendizaje, resultados que se recogen en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Prueba: "El aire y el agua". Frecuencia de elección de cada alternativa.

N: 278	Alternativas			0	ID	Elemento	Alternativas			0	ID
	a	b	c				a	b	c		
1	14	14	250		89.9	16	134	70	59	11	48.9
2	68	66	137	7	24.4	17	59	62	133	20	48.5
3	177	67	32	2	24.1	18	62	108	70	34	39.4
4	11	200	62	5	71.9	19	78	34	123	39	44.9
5	249	17	10	2	89.5	20	134	32	107	1	11.6
6	20	185	66	7	66.5	21	66	178	30		24.4
7	30	63	175	10	62.9	22	116	61	90	7	32.8
8	47	59	171	1	61.5	23	32	104	135	3	37.9
9	70	150	51	7	53.9	24	107	84	68	15	39.0
10	57	128	79	14	28.4	25	71	96	98	9	35.0
11	61	68	134	15	21.9	26	164	58	47	5	59.8
12	61	88	117	12	31.6	27	63	76	130	5	47.4
13	165	16	93		60.2	28 <sup>1</sup>					
14	209	23	40	2	76.2	29	109	27	92	46	35.5
15	55	74	140	5	20.0	30	170	41	53	10	62.0

NB: 0 = No han contestado la pregunta. ID= Índice de dificultad (% de aciertos).

<sup>1</sup> Un error en una de las alternativas de esta pregunta ha hecho que no podamos presentar los resultados. Actualmente el error ha sido corregido, por lo que la pregunta se ha incluido en el Apéndice para que pueda ser utilizada.

Como puede comprobarse, nueve elementos tienen un ID inferior al 33,3% (Med.= 24.35); otros dieciséis lo tienen entre 33.4 y 66.6 (Med.= 50.20), y los cuatro restantes lo tienen superior al 66.7% (Med.= 81.87). La prueba, pues, en conjunto resulta adecuada, pues presenta una dificultad intermedia (46.4%). No obstante, hay una serie de elementos cuya dificultad es particularmente elevada, lo que hace necesario averiguar a qué se debe analizando las alternativas escogidas, con el fin de decidir que tipo de ayudas proporcionar a los alumnos. Estos elementos son los siguientes:

- 2 y 3.- Se trata de las preguntas relativas a los conceptos de calor y temperatura. Las alternativas escogidas muestran que los alumnos confunden estos conceptos, considerando el calor como el resultado del cambio de temperatura y ésta una medida de la cantidad de calor que hace en un lugar. Estos resultados coinciden plenamente con los encontrados por otros autores (Erickson y Tiberghien, 1985), autores que sugieren que los mismos son inducidos por el lenguaje cotidiano.
- 10, 11 y 12.- Las tres preguntas implican leer el mismo gráfico y razonar, controlando dos variables. Es posible que la dificultad que comportan se deba a la necesidad de que sean dos las variables a controlar. Esta posibilidad se ve apoyada por el hecho de que las preguntas 16 y 17, que evalúan la misma capacidad pero en las que sólo es preciso controlar el efecto de una variable, presenten un índice de dificultad intermedio, adecuado por tanto al nivel de los alumnos.
- 15.- La razón que explica la elevada dificultad de esta alternativa es que los alumnos parecen haber entendido al revés las relaciones entre temperatura y presión y, especialmente, altura sobre el nivel del mar y presión, ya que esta alternativa ha sido elegida por el 50% de los sujetos.
- 20.- Es la pregunta más difícil de toda la prueba. Las dos alternativas incorrectas han sido escogidas en porcentajes muy parecidos (48,9% y 39%), y ambas recogen ideas que los alumnos suelen formarse a partir de su experiencia antes de la instrucción sobre la naturaleza de la atmósfera y el origen de las nubes. La primera es que si no hay nubes es porque en la atmósfera sólo hay aire y no vapor de agua, y la segunda, que lo que hace unirse a las partículas de vapor es el viento, y no el frío.
- 21.- Como en el caso anterior, una creencia previa muy extendida, la de que la lluvia se produce porque las nubes cargadas de agua chocan entre sí, opción escogida por el 64,9% de los alumnos, es la responsable principal de la elevada dificultad de esta pregunta.

En conjunto, los resultados relativos al análisis de las alternativas escogidas en los elementos más difíciles ponen de manifiesto que los alumnos evaluados presentan tres tipos de problemas. Primero, como ya habían puesto de manifiesto otros estudios, debido a las ideas previas sobre algunos fenómenos como el calor, la temperatura, la composición de la atmósfera y el origen de la lluvia, responden a las preguntas correspondientes en base a estas ideas, lo que muestra que la enseñanza, por la razón que sea, no ha sido suficiente para corregirlas. Parece necesario, por tanto, que los profesores busquen medios para facilitar su comprensión.

En segundo lugar, la dificultad de las preguntas sobre falsación de hipótesis cuando hay que razonar controlando dos variables ha sido muy grande. Puede que esto se deba a la complejidad que encierran, pero también al hecho más que probable de que en clase no se hayan planteado problemas semejantes. En consecuencia, antes de considerarlas como inapropiadas para este nivel de edad, parece necesario comprobar si trabajando en clase en la solución de problemas análogos puede ayudarse a los alumnos a razonar con el nivel de complejidad requerido.

Finalmente, muchas de las preguntas que implican interpretar gráficos han resultado más bien difíciles. Sin embargo, la diferente naturaleza de los conceptos implicados en su interpretación así como el tipo de razonamiento pedido no nos permite saber el peso que la presentación gráfica de la información tiene en la interpretación de la pregunta. Pensamos, teniendo en cuenta los resultados de preguntas análogas, que la dificultad en estos casos se debe más bien a los conceptos implicados y a la complejidad de los procesos de razonamiento exigidos que al propio gráfico. En cualquier caso, se trata de posibilidades que sería preciso examinar mediante preguntas abiertas.

#### 2.2.3.4. Calificación y punto de corte.

##### *Establecimiento de categorías.*

A fin de determinar el punto de corte con vistas a una posible calificación hemos seguido el procedimiento descrito y justificado en el primer capítulo. En primer lugar, hemos establecido un perfil de puntuaciones agrupando los elementos que evaluarán un mismo concepto o capacidad, agrupación que se recoge en la Tabla 2.3 juntamente con la nota media correspondiente a cada categoría. Estas medias pueden compararse con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores a fin de determinar los aspectos en que el grupo en su conjunto se enfrenta con dificultades en relación con las cuales se le deben proporcionar las ayudas adecuadas. Esta tabla incluye también la fiabilidad de las escalas derivables si se desean obtener puntuaciones separadas para el conocimiento de hechos, conceptos y procedimientos, así como las puntuaciones medias correspondientes a estas escalas.

##### *Capacidad discriminativa.*

Un dato que hemos proporcionado en la Tabla 2.3 y que no hemos comentado son los índices de fiabilidad de algunas de las escalas construidas

mediante la agregación de diferentes elementos. Una práctica habitual al construir tests es calcular la consistencia interna de las pruebas de evaluación. Es un dato que nos dice hasta qué punto los elementos que se agregan están midiendo lo mismo por lo que, cuando tales índices son bajos -como ocurre con los índices correspondientes a algunas de nuestras escalas-, se dice que la prueba no es fiable, lo que implica una connotación negativa. Sin embargo, creemos necesario señalar que el cálculo de la fiabilidad tiene sentido cuando se espera que los diferentes elementos midan lo mismo. No es este nuestro caso, pues aunque los elementos agregados formen parte de un mismo esquema conceptual, el hecho de que los distintos conceptos integrantes del mismo sean altamente específicos conlleva la posibilidad de que se adquieran unos y no otros, lo que hace que, si se agregan los datos correspondientes a cada uno de ellos, se estén agregando, en realidad, entidades heterogéneas, lo que explica el bajo nivel de los índices encontrados. Obviamente, la agregación de datos tiene más sentido cuando éstos corresponden a elementos similares que miden una misma variable. Sin embargo, también pueden agregarse datos heterogéneos cuando los componentes del conjunto medido -en este caso, los conocimientos relativos a los conceptos que integran un esquema conceptual- también lo son. La única condición es que su aportación a la nota final tenga valor discriminativo, esto es, contribuya de modo regular y sistemático a distinguir el nivel de aprendizaje de los alumnos. La forma de controlar si esta condición se da es calcular la correlación de cada componente con el total, correlaciones que mostramos en la Tabla 2.4.

Como puede comprobarse, la correlación de los distintos elementos con cada categoría supera ampliamente en la mayoría de los casos el valor estándar 0.25, lo que muestra que su contribución a la valoración de la misma es aceptable. A su vez, la contribución de cada categoría a la valoración del subesquema conceptual al que pertenece y a la del esquema total sobre el aire y el agua, es también alta, excepto en caso de los conceptos de calor y temperatura, donde la dificultad de la pregunta debido a las concepciones previas erróneas de los alumnos impide que el nivel sea el adecuado, y en el de conocimiento de instrumentos de medida, probablemente porque se trata de conocimientos factuales a los que no se presta excesiva atención durante la enseñanza. En consecuencia, se puede considerar adecuada la agrupación de elementos en categorías y el uso de estas como base de la calificación.

Tabla 2.3: Prueba "El aire y el agua".  
 Categorías que integran el perfil de puntuaciones: Composición  
 y puntuaciones medias.  
 Fiabilidad de la prueba y de la subescala de integración conceptual.<sup>1</sup>

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Concepción de la atmósfera.	1, 20, 26.	274	5.37	2.20
b) Esquema relativo a la temperatura:		274	3.57	1.48
- Concepto de calor y temperatura:	2 y 3.	278	2.42	2.96
- Causas de los cambios de temperatura:	6, 8, 9, 18, 22 y 24.	274	4.87	2.22
- Consecuencias de la temperatura:	7, 20, 21, 23, 25.	274	3.43	2.21
c) Esquema relativo a la humedad del aire.		274	6,31	2.80
- Concepto de humedad del aire:	4.	278	7.19	4.50
- Causas de los cambios de humedad:	13, 14, 25, 27.	274	5.47	2.60
d) Esquema relativo a la presión atmosférica:		274	5.86	2.14
- Concepto de presión atmosférica:	5.	278	8.95	3.06
- Causas de los cambios de presión:	15, 19, 25.	274	2.78	2.71
e) Esquema relativo a la densidad:				
- Conceptos de volumen, peso y densidad:	30.	274	6.20	4.86
f) Conocimiento de hechos:				
- Conocimiento de instrumentos de medida:	28 <sup>2</sup> , 29.	274	3.35	4.73
Integración del esquema conceptual:				
Fiabilidad: $\alpha = .67$	a+b+c+d+e	274	5.46	1.63
Fiabilidad: $\alpha = .65$	a+b+c+d+e+f	274	5.11	1.53
g) Razonamiento: control de variables:		274	3.81	2.52
Fiabilidad: $\alpha = .28$				
- Control de variables con dos factores:	16, 17.	274	4.87	4.06
- Control de variables con tres factores:	10, 11, 12.	278	2.73	2.64
<b>PRUEBA COMPLETA</b> Fiabilidad: $\alpha = .58$		274	4.59	1.35

1. Las puntuaciones directas se han transformado en puntuaciones en una escala de 10 puntos para que puedan compararse fácilmente. 2. Este elemento no se ha incluido en los análisis por un defecto de diseño ya corregido.

Tabla 2.4: Prueba "El aire y el agua". Índices de homogeneidad.

Elemento	Índice	Escala de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte.
1	.46	A) Concepción de la atmósfera	13	.62	E) Causas de los cambios de humedad
20	.47		14	.44	
26	.75		25	.58	
			27	.52	
2	.69	B) Concepto de temperatura	15	.56	F) Causas de los cambios de presión.
3	.68		19	.62	
			25	.64	
6	.40	C) Causas de los cambios de temperatura	16	.81	G) Control de variables con 2 factores
8	.59		17	.81	
9	.52				
18	.43				
22	.32				
24	.46				
7	.50	D) Consecuencias de los cambios de temperatura	10	.56	H) Control de variables con 3 factores
20	.42		11	.62	
21	.48		12	.60	
23	.56				
25	.50				

Correlación de cada subescala con el subesquema al que pertenece y con el total de la prueba.

	Esquema	Total
Concepción de la atmósfera (A):		0.47
	<i>temperatura</i>	0.56
Concepto de temperatura (B):	0.27	0.14
Causas de los cambios de temperatura (C):	0.77	0.58
Consecuencias de los cambios de temperatura (D):	0.68	0.56
	<i>humedad del aire</i>	0.57
Concepto de Humedad del aire:	0.52	0.40
Causas de los cambios de humedad (E):	0.92	0.49
	<i>presión</i>	0.44
Concepto de presión atmosférica:	0.42	0.21
Causas de la presión atmosférica (F):	0.93	0.40
Concepto de volumen y densidad:		0.35
	<i>control de variables</i>	0.38
Control de variables: 2 factores (G):	0.72	0.32
Control de variables: 3 factores (H):	0.74	0.24
Conocimiento de instrumentos de medida:		0.12

### *Establecimiento del punto de corte.*

Una vez de terminada la capacidad discriminativa de la prueba, a fin de determinar el punto de corte, se han ponderado las notas correspondientes al nivel de dominio en función de la proporción que la relevancia de las mismas representaba respecto a la relevancia total atribuida a la prueba, y se han sumado, obteniéndose así la calificación criterio.

Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 2.5. Un análisis detenido de los mismos pone de manifiesto lo siguiente. En primer lugar, vemos que en todos los casos las puntuaciones medias están por debajo del nivel de dominio exigido en cada categoría, siendo especialmente bajas las puntuaciones correspondientes a las categorías "esquema de conocimientos relativos a la temperatura", esquema relativo al "conocimiento de los instrumentos de medida" y "control de variables con 3 factores". En segundo lugar, los alumnos evaluados presentan un nivel de rendimiento, una vez ponderadas las puntuaciones en las distintas categorías en función de su relevancia, bastante por debajo del punto de corte. En consecuencia, teniendo en cuenta que el nivel de dominio señalado por los profesores sugiere que los conocimientos y capacidades a que hacen referencia las distintas categorías constituyen aspectos importantes del currículum, el hecho de que tanto la media ponderada total como la media de las puntuaciones en cada categoría estén casi dos puntos por debajo del nivel exigido muestra la necesidad de buscar qué tipo de ayudas o planteamientos instruccionales podrían mejorar estos resultados o bien, si la mayoría de los alumnos fuese incapaz de mejorarlos, la necesidad de revisar el nivel de objetivos y de dominio de los mismos deseable para este nivel escolar.

Finalmente, queremos hacer una consideración de tipo metodológico. Debido a que existe una correlación positiva entre las valoraciones de relevancia y dominio, la estimación del punto de corte por el procedimiento de ponderación no ha diferido de la que se obtendría utilizando simplemente la media de los niveles de dominio exigidos en cada categoría. Por otra parte, el hecho de que al estimar la relevancia los profesores se vean influidos probablemente por el peso que suelen dar en sus clases a los distintos conceptos y capacidades, peso que suele reflejarse en lo que los alumnos aprenden, ha podido influir en que las diferencias entre la media real, obtenida sin ponderar, y la media ponderada han sido casi nulas. Ambos hechos pueden hacer pensar que para determinar el punto de corte y calificar a los alumnos bastaría con decidir la nota correspondiente al nivel de dominio que se desea. De hecho, es probable que los profesores que decidan utilizar como punto de

Tabla 2.5: Prueba "El aire y el agua". Ponderación de las diferentes categorías de puntuación.

PUNTUACIONES CATEGORÍAS	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva- lente	(c) Relevan- cia: Pro- porción del total	(c x b) Nota pon- dera- da.	(d) Media real	(c x d) Media real ponde- rada
Esq. Atmósfera	70.00	7.0	.148	1.03	5.37	.79
Esq. Temperatura	65.19	6.5	.141	.91	3.57	.50
Esq. Humedad del aire	73.50	7.3	.135	.98	6.31	.85
Esq. Presión atmosférica	68.43	6.8	.127	.86	5.86	.74
Esq. Densidad/volumen	71.25	7.1	.138	.98	6.20	.85
Esq. Instrumentos de medida	53.75	5.3	.123	.65	3.35	.41
Control de variables 2f	62.50	6.2	.107	.66	4.87	.52
Control de variables 3f	69.16	6.9	.077	.53	2.73	.21
Dominio medio exigido:	66.72	6.6				
Punto de corte:				6.60		
Medias (real y ponderada):					4.59	4.87

corte la superación del nivel de dominio deseable establecido de antemano, usen este criterio sin ponderar las puntuaciones obtenidas en las distintas categorías, dado que es un procedimiento que no encierra complicación alguna. Sin embargo, cuando lo que se ponderan son las puntuaciones de los sujetos individualmente, las discrepancias entre su nota y la nota media pueden ser mayores, dependiendo de lo desiguales que sean sus conocimientos y capacidades, por lo que sería conveniente ponderar las puntuaciones como lo hemos hecho, pues el nivel de precisión de la medida sería mayor, al menos en los casos en que lo que esté en juego sea pasar de curso.

## 2.3. Ejemplo 2: La corriente eléctrica.

### 2.3.1. *Objetivos instruccionales y esquema de conocimientos a adquirir.*

El segundo de los temas seleccionados para desarrollar el modelo de evaluación que proponemos para el área de Ciencias de la Naturaleza es "La corriente eléctrica", tema que forma parte del bloque "Electricidad y magnetismo" incluido en el DCB (MEC, 1989). Con su estudio se pretende que alumnos y alumnas se planteen y busquen respuestas a preguntas como:

- ¿Por qué lucen las bombillas?
- ¿Por qué funcionan los aparatos que conectamos a un enchufe?
- ¿Por qué lucen los faros de las bicicletas si éstas no llevan pilas?
- ¿Por qué, si se parte un cable eléctrico, los aparatos conectados a él ya no funcionan?
- ¿A qué nos referimos con expresiones como "la corriente eléctrica", "te va a dar la corriente", etc?
- ¿Cómo se produce la corriente eléctrica?
- ¿Por qué las pilas producen corriente eléctrica?
- ¿Por qué en las baterías pone el signo (+) en uno de los bornes y el signo (-) en el otro?
- ¿Por qué se gastan las pilas?
- ¿Por qué a veces observamos que varía la intensidad con que luce una bombilla?
- ¿A qué nos referimos con expresiones como "alta tensión" cuando hablamos de los cables de la "luz"?
- ¿Por qué en las bombillas aparecen expresiones como "voltios y watos"?
- ¿A qué hace referencia en el recibo de la luz la expresión "energía consumida"?
- ¿Cómo puede medirse la corriente eléctrica?
- ¿Por qué los cables eléctricos están recubiertos con fundas de plástico?
- ¿Por qué los cables eléctricos se hacen de cobre y no de otros materiales?
- ¿Por qué son tan gruesos los cables que conducen la corriente desde las centrales eléctricas?
- ¿Por qué algunos aparatos eléctricos llevan ventiladores?
- ¿Por qué la corriente eléctrica unas veces produce luz, otras calor y otros movimiento de motores?
- ¿Por qué se denomina "resistencia" a los alambres enrollados que se ponen al rojo en las estufas?

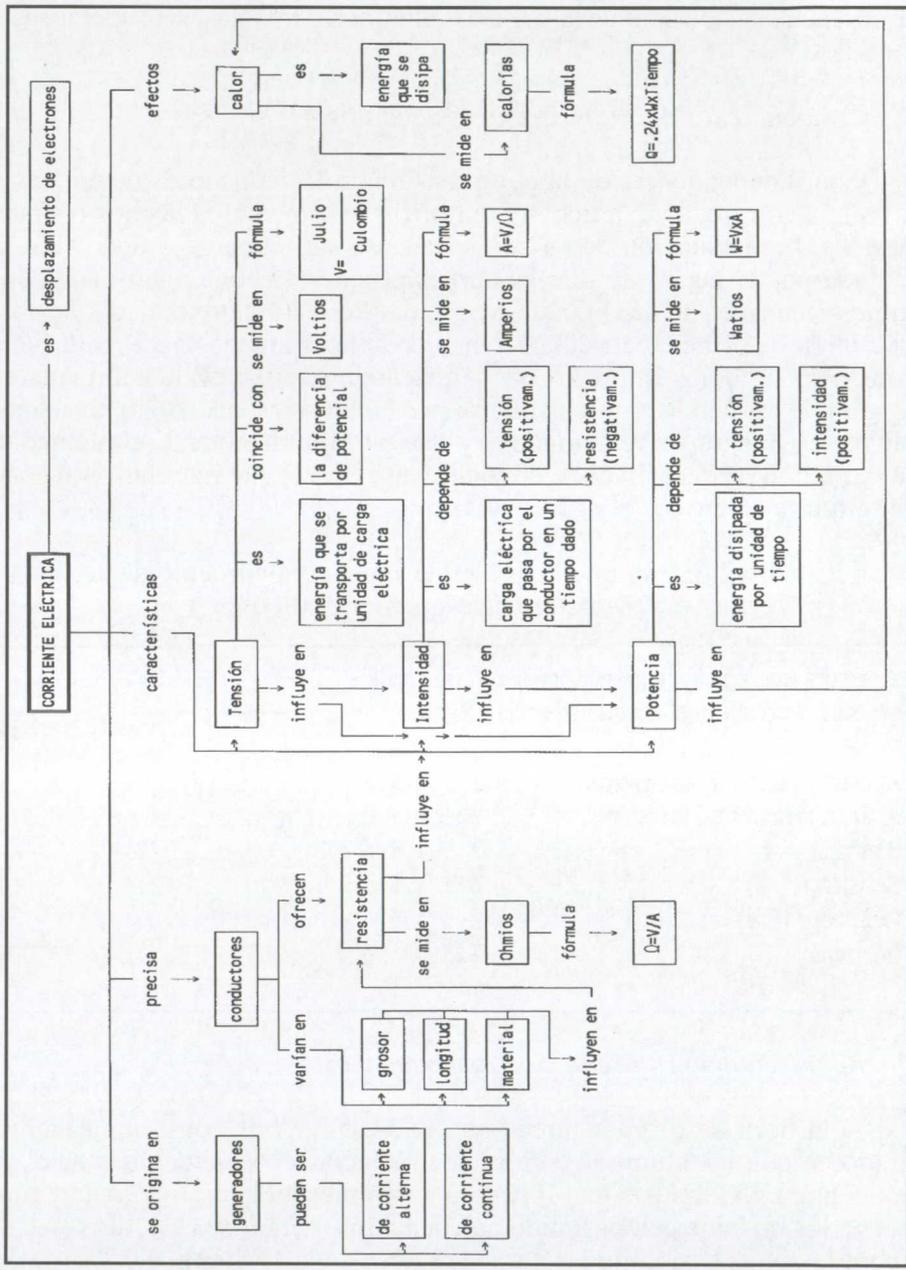
El análisis de los contenidos de texto de este nivel relativos a este tema pone de manifiesto que se pretende que el alumno llegue a comprender a un nivel básico la naturaleza y las propiedades de la corriente eléctrica, de modo que pueda responderse a las preguntas anteriormente planteadas. El mapa conceptual que presentamos en la Figura 2.2. recoge el tipo de reorganización conceptual que se busca que los alumnos consigan elaborar. Como puede verse, no se busca sólo la comprensión de unos conceptos y las relaciones de tipo jerárquico existentes entre los mismos, sino de las relaciones entre los fenómenos a los que hacen referencia -dependencia de la intensidad eléctrica respecto a la tensión y la resistencia, de la potencia respecto a la tensión y la intensidad, del calor respecto a la potencia, etc.-. Como ya hemos señalado al comentar el ejemplo relativo al aire y al agua, se trata de relaciones de tipo transversal, de acuerdo con la terminología de Novak y Gowin (1984), que constituyen un nivel de integración conceptual de mayor complejidad que la mera comprensión de relaciones jerárquicas, y que exigen conocer no sólo si "A influye en B" sino "por qué A influye en B". En consecuencia, será necesario tratar de identificar si el alumno conoce las razones aludidas. En resumen, se trata fundamentalmente de que el alumno construya representaciones de los fenómenos mencionados y de las propiedades de la corriente eléctrica señaladas que le permitan explicar lo que ocurre en las situaciones y problemas de la vida cotidiana en que interviene la corriente eléctrica; que le permitan diseñar, construir, representar gráficamente e interpretar circuitos eléctricos sencillos y que le permitan utilizar en estos los instrumentos elementales de medida de las características de la corriente.

Por otra parte, el DCB señala que el trabajo sobre los contenidos del tema debe posibilitar el desarrollo de la capacidad de observar, razonar y experimentar para resolver problemas relativos a los fenómenos eléctricos; de la capacidad de utilizar distintas fuentes de información -dibujos, diapositivas, gráficos, etc.- relativas al funcionamiento de los circuitos eléctricos y al consumo de electricidad, de tal manera que los conocimientos que adquiera no sean sólo teóricos, sino que adquieran cierta funcionalidad.

### *2.3.2. Tareas y criterios de evaluación.*

En el Apéndice 2.2 incluimos el conjunto de tareas que integran la prueba construida para evaluar los conocimientos a que se hace alusión en el mapa conceptual y las capacidades anteriormente referidas. No obstante, mostramos a continuación el uso que puede hacerse de las principales categorías

Figura 2.2. Mapa conceptual básico del tema "La corriente eléctrica"



de tareas diseñadas para evaluar a los alumnos y ayudarles a superar sus dificultades.

*Conocimiento de datos, hechos y símbolos.*

Con independencia de la comprensión de los conceptos de un tema, los alumnos con frecuencia deben memorizar ciertos datos, hechos o símbolos básicos. La evaluación de su conocimiento, sin embargo, puede verse dificultada por el hecho de que las tareas propuestas contengan más o menos indicios capaces de facilitar su evocación. Por este motivo, dado que los conocimientos sobre electricidad se han de aplicar muchas veces a la interpretación de símbolos impresos, se ha diseñado para su evaluación la tarea de lectura de esquemas gráficos que se presenta en el Cuadro 2.6, tarea que incluye seis preguntas relacionadas y que permite detectar si el alumno tiene integrado un primer nivel de conocimientos del esquema relativo al concepto "circuito eléctrico".

Cuadro 2.6: Ejemplo de pregunta sobre conocimiento de hechos y lectura de esquemas gráficos.

Rodea con un círculo el número que corresponde a cada elemento en el circuito de la derecha.		
Aparato para medir la intensidad	1 2 3 4 5 6	
Aparato para medir la tensión	1 2 3 4 5 6	
Bombilla	1 2 3 4 5 6	
Resistencia	1 2 3 4 5 6	
Generador (Pila)	1 2 3 4 5 6	
Interruptor	1 2 3 4 5 6	

*Representación y predicción de fenómenos.*

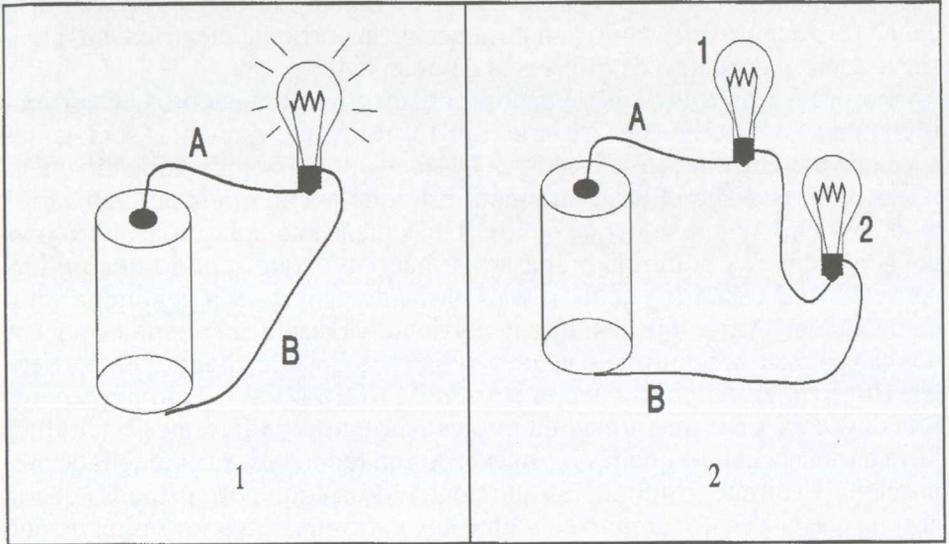
A la hora de diseñar tareas que pudiesen servir como indicadores del grado en que los alumnos comprenden los conceptos recogidos en el mapa conceptual y en que se han formado una representación integrada y funcional de los mismos hemos tenido en cuenta los numerosos estudios realizados sobre la comprensión de las características de la corriente eléctrica y de los

circuitos eléctricos. Estos estudios, muchos de los cuales han sido revisados por Shipstone (1985) y Hierrezuelo y Montero, (1988), coinciden en señalar que los alumnos -incluso del primer curso de ingeniería-tienen especial dificultad para comprender tanto la naturaleza de la corriente eléctrica -su intensidad-como el concepto de diferencia de potencial.

Respecto a la *intensidad* de la corriente en circuitos sencillos de corriente continua, los trabajos de Osborne (1981), utilizando esquemas semejantes a los que presentamos en la Figura 2.3 y que también hemos utilizado en las tareas propuestas, han puesto de manifiesto que los alumnos utilizan varios modelos para explicarse lo que ocurre. Unos piensan que la corriente sólo va del generador a la bombilla o aparato donde "se agota", con lo que no hay corriente en el cable de vuelta. A esta forma de pensar se la denomina "modelo unipolar". Otros piensan que la corriente va desde el generador por los dos cables hasta la bombilla o aparato. Es el "modelo de choque" de corrientes. Un tercer grupo piensa que la corriente fluye por todo el circuito en una sola dirección, pero que a medida que va pasando por diferentes bombillas, se va gastando, con lo que las últimas brillaran menos. Es el "modelo de atenuación". El último grupo de los que tienen ideas equivocadas piensa que la energía que hay en un circuito en el que hay varios aparatos se comparte, con lo que todos funcionan igual, aunque no obstante, se gasta, esto es, no se conserva. A estos alumnos hay que añadir los que admiten el modelo científico, esto es, la corriente va en un sólo sentido dentro del circuito y, además, no se gasta sino que se conserva. En cuanto a la *diferencia de potencial*, es el concepto peor comprendido. Normalmente los alumnos piensan que es una propiedad o efecto de la corriente que "va con ella", y no una causa de la misma. En consecuencia, si no hay corriente creen que no hay tensión (Von Rhöneck, 1981), y que si disminuye la intensidad de la corriente, disminuye la tensión.

Las representaciones equivocadas que los alumnos suelen formarse en relación con los conceptos mencionados afectan a su representación de lo que ocurre en distintos puntos de un circuito eléctrico en función de que éste sea en serie o en paralelo, de que varíe la resistencia, etc. En consecuencia, a la hora de diseñar las tareas de evaluación y seleccionar el conjunto de las que deben formar parte de una prueba creemos necesario incluir algunas de las propuestas por los autores mencionados, tareas que implican tener que explicar o predecir lo que va a ocurrir a la corriente supuesto un circuito dado gráficamente, ya que ello puede permitir explicar otros problemas existentes a la hora de interpretar los avatares que sufre la corriente en un circuito.

Figura 2.3. Esquemas utilizados para estudiar las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de la corriente eléctrica.



Por ejemplo, en relación con el esquema 1 de la Figura 3.3, puede pedirse a los alumnos que describan qué pasa en ese circuito cuando luce la bombilla o por qué luce. Si responde diciendo que "la corriente va de la pila a la bombilla", puede continuarse la exploración preguntando:

- ¿Por qué cable llega la corriente a la bombilla, por el A, por el B o por los dos a un tiempo? ¿Por qué piensas eso?
- ¿Luciría igual la bombilla si no estuviese el cable B o no luciría igual? ¿Por qué?
- ¿Cuál es la dirección de la corriente en el circuito? ¿Puedes señalar por donde pasa y en qué dirección lo hace? ¿No puede ser de otra manera? ¿Por qué piensas que es así?
- ¿Hay la misma cantidad de corriente en todo el circuito o no hay la misma cantidad? ¿Por qué crees eso?

Posteriormente, en relación con el esquema 2 de la misma figura puede pedirse a los alumnos que describan qué pasa en ese circuito y continuar la exploración en función de las respuestas con preguntas como:

- ¿Lucirán las dos bombillas o no lucirán las dos? ¿Por qué crees eso?
- ¿Lucirán las dos con el mismo brillo o no lucirán con el mismo brillo? ¿Por qué crees eso?
- ¿Cuál es la dirección de la corriente en el circuito? ¿Puedes señalar por donde pasa y en qué dirección lo hace? ¿No puede ser de otra manera? ¿Por qué piensas que es así?
- ¿Hay la misma cantidad de corriente en todo el circuito o no hay la misma cantidad? ¿Por qué crees eso?

Como ya hemos señalado en casos anteriores, este tipo de exploración en el que se pide al sujeto que describa un fenómeno, que explique por qué piensa como lo hace y en el que se varían sistemáticamente el problema y las preguntas para ver de qué modo lo hacen sus respuestas, permite identificar a partir de la estabilidad y regularidad de las respuestas y las explicaciones los tipos de representaciones de los alumnos y decidir qué ayudas proporcionarles. Sin embargo, como ya hemos señalado, no es viable cuando es preciso evaluar un gran número de alumnos. No obstante, puede traducirse en preguntas de formato cerrado, como puede comprobarse en la prueba que hemos construido, en las que las alternativas incorrectas incluyan los errores de concepto más frecuentes, lo que permite obtener una información similar y suficiente para el propósito de la evaluación, aunque no totalmente idéntica.

Otro tipo de preguntas que hemos incluido en nuestra prueba comportan una dificultad mayor, pero ilustran la forma de evaluar las representaciones de los alumnos y su aplicación a la interpretación de esquema gráficos específicos sobre circuitos eléctricos. Un ejemplo de pregunta de este tipo se presenta en el Cuadro 2.7.

### *Detección de covariaciones.*

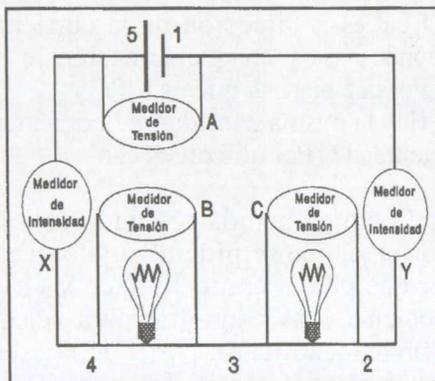
Una de las capacidades que es básica para el pensamiento científico y que la enseñanza de las Ciencias debe entrenar es la de detectar cuando dos fenómenos varían conjuntamente. Se trata de una habilidad que conviene entrenar y evaluar en relación con los contenidos de cada tema. Por este motivo hemos diseñado la tarea que se presenta en el Cuadro 2.8.

Como en otros ejemplos, aunque hemos empleado preguntas de opción múltiple por las razones ya expuestas, la tarea presentada puede utilizarse en forma abierta. Para ello, tras plantear la pregunta, se pide al alumno, además, que indique las razones por las que cree que las cosas son como el afirma,

Cuadro 2.7: Pregunta para evaluar las representaciones a través de esquemas gráficos.

En la figura de la derecha hay dos bombillas idénticas conectadas en serie. Debido a este hecho, podemos decir con certeza que la *intensidad de la corriente* registrada por el medidor Y:

- Será mayor que la registrada por el medidor X debido a la resistencia de las bombillas y a la dirección de la corriente.
- Será menor que la registrada por el medidor X debido a la resistencia de las bombillas y a la dirección de la corriente.
- Será igual que la registrada por el medidor X, porque la intensidad depende de la resistencia total del circuito.



Cuadro 2.8: Pregunta para evaluar la detección de covariaciones en una tabla.

<p>La tabla siguiente recoge los datos correspondientes a la tensión y a la potencia del generador, y a la resistencia y a intensidad de tres circuitos. No sabemos si quien ha recogido los datos lo ha hecho en este orden. Tampoco sabemos a qué característica se refiere cada fila de datos. No obstante, puedes responder a las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Qué características son independientes entre sí, atendiendo a los datos?</li> <li>- ¿Cuál de ellas corresponde a la intensidad, cuál a la tensión, cuál a la resistencia y cuál a la potencia?</li> </ul>	Característica		Circuito		
			A	B	C
	U		4	6	8
	X		2	2	2
	Y		2	3	4
Z		8	18	32	

pues ello ayuda a identificar el origen de sus dificultades y, posteriormente, profundizar en su representación siguiendo el modelo de entrevista de evaluación anteriormente ilustrado (Alonso Tapia, 1995, cap. 2). Por ejemplo, si un alumno afirma que U, Y y Z varían del mismo modo, por lo que puede que tengan algo que ver, se le puede plantear el siguiente problema para ex-

plorar la profundidad y solidez de sus ideas: "Imagina que los datos de Y y Z hubieran sido, respectivamente:

	A	B	C
Y:	2	3	4

	A	B	C
Z:	32	18	8

¿Podrías afirmar en este caso que Y y Z tienen algo que ver o no podrías afirmarlo? ¿Por qué?

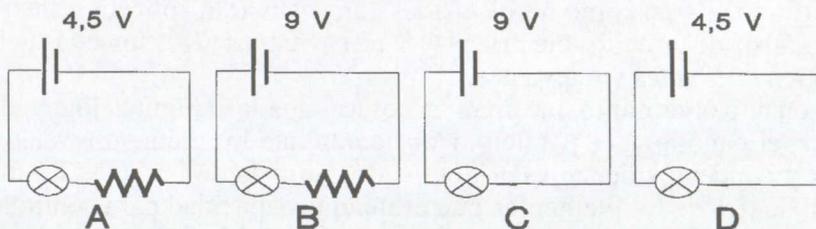
No es infrecuente en este caso encontrarse, por ejemplo, con que hay alumnos que no perciben la covariación negativa, lo que implica la necesidad de proporcionarles las ayudas adecuadas.

### *Control de variables y falsación de hipótesis.*

Con el objetivo de determinar la capacidad de controlar variables a la hora de intentar falsar una hipótesis se han diseñado preguntas como la que se presenta en el Cuadro 2.9. Dado que el modo de utilizar este tipo de preguntas en forma abierta se ha ilustrado ya en relación con la pregunta análoga presentada en el Cuadro 2.5, no vamos a detenernos aquí sobre este punto. Tan sólo incluimos la pregunta para mostrar la aplicabilidad de este tipo de tareas en relación con contenidos distintos.

Cuadro 2.9. Ejemplo de pregunta sobre control de variables y falsación de hipótesis.

En cuáles de los circuitos siguientes deberías colocar **como mínimo** un medidor de intensidad para ver si es falso que la intensidad varía con la resistencia.



- a) En los circuitos A y C.   b) En los circuitos B y C.   c) En los circuitos C y D.

### 2.3.3. *Contraste del modelo.*

#### 2.3.3.1. Muestra

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 218 alumnos de 7º de EGB, niños y niñas, procedentes de tres colegios, uno de Madrid, concertado, y dos de Toledo capital, públicos. Los cinco profesores que impartían clase a los alumnos examinados valoraron, a su vez, la relevancia de las tareas propuestas y el grado de dominio de las mismas que era deseable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

#### 2.3.3.2. Validez social del contenido del modelo.

La Tabla 2.6 recoge los datos correspondientes a la valoración de la relevancia de las tareas de la prueba y de ésta en su conjunto realizada por los cinco profesores en cuyas clases se aplicó, así como el grado de dominio que consideran que los alumnos deben alcanzar en relación con los contenidos y capacidades evaluados.

Como puede comprobarse, los profesores han otorgado a la prueba en promedio una puntuación en relevancia -5,0- que equivale al 71% del máximo posible -7-. Esto significa una valoración bastante positiva de la relevancia de la prueba considerada globalmente. No obstante, a la hora de valorar las distintas tareas hay una clara polarización. Las tareas 1 a 14, 29 y 30, fundamentalmente centradas en conocimientos de tipo factual -símbolos y unidades- y conceptual, son consideradas como bastante relevantes. Por el contrario, las tareas diseñadas para evaluar capacidades -control de variables y falsación de hipótesis (elementos 15, 16, 17 y 23) y detección de covariaciones (26 y 27)- así como las diseñadas para evaluar la aplicación de modelos al análisis de circuitos eléctricos (18 a 21) y tablas (28), son consideradas entre poco relevantes y relevantes.

En cuanto al dominio que creen necesario que los alumnos logren de cada tarea, el panorama es paralelo. Consideran que los elementos relativos a hechos y conceptos deben estar dominados en más de un 70%. Lo mismo piensan de tres de los elementos que evalúan la capacidad para controlar variables y falsar hipótesis (15, 16 y 17), pese a que éstos elementos han sido considerados sólo como moderadamente relevantes. Finalmente, el dominio de los elementos diseñados para evaluar la capacidad de aplicar modelos a la interpretación de circuitos complejos (18 a 21), la capacidad de detectar co-

Tabla 2.6: Prueba "La corriente eléctrica".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.40	.54	76.25	9.46
2	2.40	.54	82.50	11.90
3	2.60	.54	82.50	11.90
4	2.40	.54	82.50	6.45
5	2.40	.54	82.50	6.45
6	2.20	.44	78.75	2.50
7	2.00	.70	81.25	11.81
8	2.00	.70	73.75	11.08
9	2.20	.44	73.75	11.08
10	2.00	.70	75.00	12.91
11	2.00	.70	71.25	15.47
12	2.00	.70	71.25	15.47
13	2.00	.70	78.75	6.29
14	2.00	1.22	68.75	14.36
15	1.40	.89	70.00	18.25
16	1.60	.54	77.50	12.58
17	1.60	.54	77.50	12.58
18	1.40	.89	60.00	11.54
19	1.20	.83	55.00	10.00
20	1.40	.89	55.00	10.00
21	1.20	.83	60.00	11.54
22	1.20	.83	62.50	15.00
23	1.20	.83	58.75	10.30
24	1.20	.83	63.75	18.87
25	1.20	.83	52.50	20.61
26	.80	.44	41.25	23.22
27	.80	.44	41.25	20.15
28	1.00	.70	43.75	27.50
29	2.00	1.22	80.00	20.00
30	1.80	1.30	67.50	26.30
Prueba	5.00	1.87	62.00	13.03

variaciones (26) y la comprensión de las relaciones entre variación de la resistencia y variación del calor desprendido en un circuito (15) son considerados poco relevantes. Pese a estas diferencias, los profesores consideran que, en conjunto, los alumnos deben conseguir dominar los contenidos de la prueba en un 62% para considerar que han superado el nivel crítico.

Tomados en conjunto, los datos sobre la valoración de la relevancia de las preguntas y sobre el grado de dominio que los alumnos deben alcanzar ponen de manifiesto que los profesores de los niveles educativos que nos ocupan no conceden suficiente importancia al entrenamiento y evaluación de las capacidades cuya adquisición constituye uno de los objetivos principales del actual currículo. Es cierto que se trata de capacidades que deben adquirirse de modo progresivo y sobre las cuales hay que trabajar en cursos superiores. Sin embargo, el hecho de que no se las otorgue una relevancia suficiente impide que se les preste la atención que merecen ya a estos niveles. De confirmarse esta tendencia en otros temas de los que se trabajan en el nivel educativo que nos ocupa, debería tomarse en consideración a la hora de orientar a los profesores sobre los objetivos a conseguir y los modos de enseñar que pueden contribuir positivamente a que se alcancen.

#### 2.3.3.3. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

La prueba que hemos construido para evaluar los conocimientos sobre el tema "La corriente eléctrica" cubre todos los conceptos y las relaciones entre los mismos recogidos en el mapa conceptual, así como algunas de las principales capacidades cuyo desarrollo constituye uno de los objetivos principales del actual planteamiento curricular, por lo que resulta adecuada desde un punto de vista teórico. La opinión de los profesores sobre la misma es también, en general, bastante positiva, pese a que no consideren particularmente relevantes las preguntas diseñadas para evaluar capacidades. Este hecho puede deberse a que no hayan interiorizado la importancia que la enseñanza de capacidades tiene en el actual currículo, lo que probablemente influye en que no se preste la suficiente atención al entrenamiento de las mismas. No obstante, con independencia de la opinión de los profesores, merece la pena tratar de determinar el estado actual de los conocimientos y capacidades de los alumnos sobre el tema. Para ello, como en el ejemplo anterior, teniendo en cuenta que se trata de una prueba objetiva, hemos estudiado, en primer lugar, el porcentaje de alumnos que escoge las distintas alternativas a cada pregunta, así como el índice de dificultad de éstas y, en segundo lugar, las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en cada una de las categorías

establecidas para evaluar los distintos objetivos de aprendizaje, resultados que se recogen en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Prueba: "La corriente eléctrica".

Frecuencia con que ha sido escogida cada alternativa e índice de dificultad de cada elemento.

n=218		Alternativas									
Elemento	a	b	c	0	ID	Elemento	a	b	c	0	ID
1	97	78	42		44.4	16	68	115	34	1	52.7
2	3	6	209		95.8	17	83	94	39	2	43.1
3	(Véase la parte inferior de la tabla)				86.1	18	27	84	106		48.8
4	16	185	14	2	85.2	19	70	112	33	2	51.6
5	13	24	181		83.0	20	61	73	83		38.2
6	15	81	122		51.8	21	75	104	38		34.5
7	119	73	26		54.5	22	65	96	55	1	29.9
8	15	81	122		55.9	23	29	102	84	2	47.0
9	52	76	89	1	23.8	24	80	47	90		36.8
10	30	36	151	1	69.2	25	92	79	44	2	36.4
11	133	33	51	1	61.0	26	119	39	57	2	54.8
12	62	22	133	1	61.0	27	35	102	75	5	16.1
13	110	61	45	2	50.4	28	79	67	66	5	30.4
14	35	153	25	5	70.1	29	91	84	41	1	38.7
15	148	43	25	2	67.8	30	24	29	162	2	74.6
Alternativas											
Elemento	1	2	3	4	5	6	0	ID			
3A	33	1	3	4	172	2	3	78.9			
3B	171	4	3	3	31	2	4	78.4			
3C	2	205	5	2	0	1	3	94.0			
3D	2	1	8	3	7	195	2	89.4			
3E	3	5	189	10	3	4	4	86.6			
3F	3	0	9	195	4	3	4	89.4			

1: Los elementos 18 al 30 fueron contestados por un alumno menos.

Como puede comprobarse, cuatro elementos tienen un ID inferior al 33,3% (Med.= 25.05); dieciocho lo tienen entre 34.4 y 66.6 (Med.= 47.86) y los ocho restantes lo tienen superior a 66.7 (Med.= 78.97). La prueba, pues, en conjunto resulta adecuada, pues presenta una dificultad intermedia (49,5%). No obstante, hay una serie de elementos cuya dificultad es particularmente elevada, lo que hace necesario averiguar a qué se debe analizando las alternativas escogidas, a fin de decidir que tipo de ayudas proporcionar a los alumnos. Estos elementos son los siguientes:

- 9.- La distribución de la frecuencia de elección prácticamente por igual entre las dos alternativas incorrectas implica el desconocimiento de un hecho específico: cómo afecta la conexión de pilas en serie o en paralelo a la intensidad de la corriente.
- 20 y 21.- Las dos preguntas tienen que ver con el mismo esquema, si bien la primera se centra en el conocimiento de las variaciones de la intensidad y la segunda en las de la tensión eléctrica en circuitos en paralelo. Se trata de preguntas que, como veremos, tienen buena capacidad para distinguir a los alumnos competentes de los que no conocen el tema. Sin embargo, en la primera pregunta, la proporción en que han sido escogidas cada una de las alternativas incorrectas no sugiere que los errores se deban a ideas previas inducidas sistemáticamente por la experiencia cotidiana. Por el contrario, en la pregunta 21 hay 104 alumnos que eligen la opción B (frente a 75 que escogen la correcta, A, y a 38 que escogen el otro distractor. Esta distribución implica que casi la mitad de los alumnos no comprende que X mide la misma diferencia de potencial que Y y Z pues, -considerando perfectos o con resistencia cero los medidores de intensidad, no hay caída de potencial ni entre 1 y 2 ni entre 7 y 8.
- 22.- La alternativa incorrecta elegida con más frecuencia pone de manifiesto que existe una concepción alternativa de lo que implica la circulación de electrones y del papel que juegan las pilas dentro de un circuito eléctrico como creadoras de una diferencia de potencial. Se trata de una representación errónea que debería ser corregida explícitamente por los profesores.
- 24.- Esta pregunta trata de evaluar la capacidad de razonar adecuadamente con el objetivo de falsar hipótesis. No es demasiado difícil (ID= 36%). Sin embargo, el hecho de que la alternativa C haya sido elegida más frecuentemente que la alternativa correcta requiere una explicación. Dado que la opción C (colocar los medidores en los puntos A y C) está incluida en la A (colocarlos en los puntos A, B y C), y que se pregunta "cuántos medidores se deberían colocar *como mínimo*", es fácil cometer el error de escoger la

alternativa C y no tener en cuenta que para comprobar lo que se pide no basta con suponer que la tensión en cada rama es la misma, siendo preciso comprobarlo.

- 25.- Probablemente la experiencia cotidiana de que las resistencias de las estufas y braseros eléctricos se ponen al rojo cuando se conectan a la corriente ha influido en la mayor frecuencia con que ha sido elegida la alternativa que hace referencia a este fenómeno, al ser preguntados los alumnos por la relación entre el aumento de la resistencia en un circuito y el calor que éste desprende.
- 27.- Esta pregunta ha resultado la más difícil de la prueba. Exige detectar si hay o no covariación entre dos conjuntos de datos. Su dificultad parece depender de dos factores distintos. Por un lado, para los alumnos "variar al mismo tiempo" es hacerlo "en el mismo sentido", lo que probablemente les ha llevado a rechazar las alternativas A y C. Por otra parte, la ausencia de covariación entre U e Y es sólo aparente, ya que Y es el resultado de dividir U (tensión) por X (resistencia). Por ello, para poder responder era preciso observar el comportamiento de las variables en la tabla anterior. Creemos que este punto era muy difícil de percibir, al no haber sido sugerido, por lo que hemos considerado que esta pregunta debía eliminarse del resto de los análisis.
- 28.- Responder correctamente esta pregunta es una tarea fácil si se conoce la fórmula que relaciona intensidad, tensión y resistencia, por un lado, y la que relaciona potencia, intensidad y tensión, por otro. El hecho de que la aplicación de la primera de las dos fórmulas aludidas sea compatible con las dos alternativas incorrectas sugiere que el problema está en que la mayoría de los alumnos no conoce qué relación tiene la potencia eléctrica con el resto de las variables.

Considerando en conjunto estos resultados, a diferencia de lo que ha ocurrido en el tema anterior, la principal fuente de dificultad en esta prueba no parecen ser las ideas previas. Esto se pone de manifiesto, por ejemplo, en el hecho de que, en contra de los resultados referidos en otros estudios, la comprensión de la naturaleza de la corriente eléctrica y su comportamiento en un circuito elemental (preguntas 6 y 7) sean adecuados. Las dificultades parecen deberse, más bien, al desconocimiento de hechos específicos difícilmente deducibles a partir de otros conocimientos -efecto de la conexión de pilas en serie o en paralelo, efecto de conectar aparatos eléctricos en serie o en paralelo, distribución de electrones en los polos de una pila, relación entre potencia, intensidad y tensión, etc. Una fuente de dificultad añadida es la

que se ha puesto de manifiesto en la pregunta 27, donde los alumnos han tendido a asociar covariación con "covariación positiva". Creemos, pues, que se debe dedicar más tiempo durante la instrucción a trabajar los puntos señalados. Por lo demás, la prueba ha resultado bastante adecuada.

#### 2.3.3.4. Calificación y punto de corte.

##### *Establecimiento de categorías.*

Siguiendo el modelo propuesto en el primer capítulo, a fin de permitir a los profesores no sólo decidir qué tipo de ayudas proporcionar a los alumnos, sino calificarles, hemos seguido el procedimiento descrito y justificado en el primer capítulo para determinar el punto de corte. En primer lugar, hemos establecido un perfil de puntuaciones agrupando los elementos que evalúan un mismo concepto o capacidad, agrupación que se recoge en la Tabla 2.8, juntamente con la nota media correspondiente a cada categoría. Estas medias pueden compararse con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores a fin de determinar los aspectos en que el grupo en su conjunto se enfrenta con dificultades en relación con las cuales se le deben proporcionar las ayudas adecuadas. Esta tabla incluye también la fiabilidad de las escalas derivables si se desean obtener puntuaciones separadas para hechos, conceptos, capacidades y para el conjunto de la prueba.

##### *Capacidad discriminativa.*

Como ya hemos comentado en los ejemplos anteriores, el hecho de que los índices de consistencia interna presentados en la tabla 2.8 no sean muy grandes pone de manifiesto la heterogeneidad de los conocimientos y capacidades evaluados mediante las distintas tareas empleadas, algo que cabía esperar pues, aunque los elementos agregados formen parte de un mismo esquema conceptual, el hecho de que de los distintos conceptos integrantes del mismo sean altamente específicos conlleva la posibilidad de que se adquieran unos y no otros, lo que hace que, si se agregan los datos correspondientes a cada uno de ellos, se estén agregando, en realidad, datos heterogéneas. Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, esta agregación puede hacerse con la condición de que su aportación a la nota final tenga valor discriminativo, esto es, contribuya de modo regular y sistemático a distinguir el nivel de aprendizaje de los alumnos. La forma de controlar si esta condición se da es calcular la correlación de cada componente con el total, correlaciones que mostramos en la Tabla 2.9.

Tabla 2.8: Prueba "La corriente eléctrica".  
Categorías que integran el perfil de puntuaciones: Composición  
y puntuaciones medias.  
Fiabilidad de la prueba y de las diferentes subescalas.

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Características eléctricas del átomo	2	218	9.58	1.99
b) Esquema de corriente eléctrica.	1, 6, 7, 22.	216	4.51	3.19
c) Esquema de tensión eléctrica.	8, 10.	218	6.26	3.64
d) Esquema de electricidad estática.	29, 30.	217	5.66	3.65
Integración del esquema conceptual: Fiabilidad: $\alpha = .41$	a+b+c+d+e	217	5.71	1.89
e) Conocimiento de hechos: símbolos y unidades de medida Fiabilidad: $\alpha = .83$	3a a 3f, 4 y 5.	218	6.86	1.85
f) Razonamiento: predicción.	11, 12, 13 y 14.	217	6.06	3.26
g) Razonamiento: aplicación de modelos	18, 19, 20, 21.	217	4.33	3.04
h) Razonamiento: control de variables:	15, 16, 17, 23.	216	5.24	3.11
i) Detección de covariaciones:	26	217	5.48	4.98
Puntuación total en capacidades: Fiabilidad: $\alpha = .58$	f+h+i	217	5.62	2.31
Fiabilidad: $\alpha = .55$	f+g+h+i	217	5.22	1.96
<b>PRUEBA COMPLETA</b> Fiabilidad: $\alpha = .66$	a+b+c+d+e+f+g +h+i	215	5.71	1.47

1. Las puntuaciones directas se han transformado en puntuaciones en una escala de 10 puntos para que puedan compararse fácilmente.  
2. Los elementos 9, 24, 27 y 28 no se han incluido en los análisis por falta de homogeneidad con el resto de las tareas.

Tabla 2.9: Prueba "La corriente eléctrica". Índices de homogeneidad.

Elemento	Índice	Categoría de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte.
1	.73	A) Esquema de corriente eléctrica	11	.73	F) Razonamiento: Predicción.
6	.72		12	.58	
7	.61		13	.81	
22	.52		14	.55	
8	.77	B) Esquema de tensión eléctrica	18	.64	G) Razonamiento: aplicación de modelos.
10	.73		19	.65	
29	.81	C) Esquema de electricidad estática	20	.68	
30	.76		21	.48	
3	.95	D) Conocimiento de hechos: símbolos y unidades de medida	15	.56	H) Razonamiento: Control de variables.
4	.39		16	.69	
5	.66		17	.78	
			23	.47	

Correlación de cada categoría con la escala a que pertenece y con el total de la prueba.

	Escala	Total
<i>Organización conceptual</i>		.68
Esquema de características eléctricas del átomo	.16	.19
Esquema de corriente eléctrica	.76	.50
Esquema de tensión eléctrica	.43	.22
Esquema de electricidad estática	.51	.43
<i>Conocimiento de hechos: Símbolos y unidades de medida.</i>		.58
<i>Capacidades</i>		.85
Razonamiento: predicción	.66	.63
Razonamiento: aplicación de modelos	.58	.37
Razonamiento: control de variables	.63	.60
Razonamiento: detección de covariación	.35	.25

Como puede comprobarse, la correlación de los distintos elementos con cada categoría supera ampliamente en todos los casos el valor estándar 0.25, lo que muestra que su contribución a la valoración de la misma es aceptable. A su vez, la contribución de cada categoría a la puntuación del subesquema conceptual al que pertenece y a la del esquema total también lo es, con la excepción del subesquema sobre conocimiento de las características eléctricas del átomo. El hecho de que el contenido de esta pregunta, cuyo conocimiento es necesario para representarse adecuadamente la naturaleza de la corriente eléctrica, sea bastante específico y de que suela exponerse con detalle al tratar temas distintos ha podido contribuir a este resultado. En cualquier caso, su contribución a la puntuación total es positiva. En consecuencia, puede considerarse adecuado tanto el agrupar los elementos en categorías como éstas en una escala única de conocimientos sobre electricidad, y el uso tanto del perfil de puntuaciones como el de la puntuación total como base de la calificación.

#### *Establecimiento del punto de corte.*

Una vez determinada la capacidad discriminativa de la prueba, a fin de establecer el punto de corte, se han ponderado las notas correspondientes al nivel de dominio en función de la proporción que la relevancia de las mismas representaba respecto a la relevancia total atribuida a la prueba, y se han sumado, obteniéndose así la calificación criterio. Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 2.10.

Un análisis detenido de los resultados pone de manifiesto que, a diferencia con lo que ocurría en caso de la prueba sobre el aire y el agua, cuando se consideran las puntuaciones por categorías, en tres casos la media de los alumnos ha estado por encima del nivel de dominio exigido. Es importante que esto haya ocurrido en dos de las categorías a las que los profesores han dado más importancia -esquema de las características eléctricas del átomo y conocimiento de símbolos y unidades de medida-. Sin embargo, tanto las puntuaciones correspondientes al resto de las categorías, como la media total están bastante por debajo de lo deseable, lo que sugiere el uso de medidas correctoras en la instrucción.

Finalmente, queremos recordar la consideración de tipo metodológico que ya hicimos al tratar el ejemplo anterior. Aunque no ha habido diferencia entre el punto de corte obtenido tras la ponderación de las puntuaciones y el nivel medio de dominio exigido, lo que cabe atribuir a las razones aducidas al tratar este problema en relación con el tema "El aire y el agua", el hecho

Tabla 2.10: Prueba "La corriente eléctrica".  
Ponderación de las diferentes categorías de puntuación.

PUNTUACIONES CATEGORÍAS	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equi- valen- te.	(c) Relevan- cia: Pro- porción del total	(c x b) Nota ponde- rada exigida	(d) Media real	(c x d) Media real ponde- rada
Esq. Átomo	82.50	8.2	.126	1.03	9.58	1.207
Esq. Corriente eléctrica	74.68	7.4	.123	.91	4.51	.554
Esq. Tensión eléctrica	74.37	7.4	.126	.93	6.26	.788
Esq. Electricidad estática	73.75	7.3	.122	.89	5.66	.690
Símbolos y unid. de medida	82.50	8.2	.155	1.27	8.57	1.328
Raz.: Predicción	72.50	7.2	.126	.90	6.06	.763
Raz.: Aplicación de modelos	57.50	5.7	.081	.46	4.33	.350
Raz.: Control de variables	70.93	7.0	.091	.63	5.24	.476
Raz.: Detección de covariac.	41.25	4.1	.050	.20	5.48	.274
Dominio medio exigido:	69.99	6.9				
Punto de corte:				7.22		
Medias (real y ponderada):					5.71	6.43

de que las diferencias puedan ser mayores cuando lo que se pondera es la puntuación de cada sujeto individual hace que sea conveniente ponderar las puntuaciones como lo hemos hecho, pues el nivel de precisión de la medida sería mayor, al menos en los casos en que lo que esté en juego sea pasar de curso.

## 2.4. Ejemplo 3: La reproducción de los seres pluricelulares.

### 2.4.1. Objetivos instruccionales y esquema de conocimientos a adquirir.

El tercero de los temas seleccionados para desarrollar el modelo de evaluación que proponemos para el área de Ciencias de la Naturaleza es "La reproducción de los seres pluricelulares". Este tema se ubica dentro del estudio de la diversidad y unidad de los seres vivos y, en particular, dentro del estudio del hombre y la mujer como seres así mismo vivos. Con su estudio se

pretende que alumnos y alumnas se planteen y busquen respuesta a preguntas como:

- ¿Cómo se reproducen los seres vivos?
- ¿Se reproducen todos del mismo modo?
- ¿Se reproducen siempre del mismo modo?
- ¿Qué hace falta para que puedan reproducirse?
- ¿Por qué los órganos reproductores de las plantas no son siempre iguales?
- ¿Por qué los órganos reproductores de los animales no son siempre iguales?
- ¿Por qué los descendientes tienden a parecerse a sus progenitores?
- ¿De qué modo afecta el medio natural y social a los comportamientos reproductores?
- ¿Cómo afectan las pautas de reproducción a la relación entre las especies y su medio natural?
- ¿Son ciertas las teorías que se nos ofrecen como respuesta a las preguntas anteriores?
- ¿Cómo podemos aprovechar el conocimiento de las formas de reproducción y de transmisión de la herencia para mejorar el cultivo de plantas y animales?
- ¿Cómo podemos controlar la natalidad para influir en el futuro de nuestra especie?

Un análisis de los contenidos de los libros de texto relativos a este tema pone de manifiesto, en primer lugar, que su estudio suele descomponerse en dos partes. En primer lugar, tras señalarse la existencia de distintos tipos de reproducción, se estudian las estructuras que posibilitan la fecundación en las plantas, en los animales y en el hombre. En este momento tan sólo se hace una referencia a la transmisión de la información portadora de la herencia a través de los genes. El tipo de reorganización conceptual a que se espera que lleguen los alumnos con el estudio de los contenidos referidos se recoge en la Figura 2.4. Posteriormente, en segundo lugar, suelen estudiarse los mecanismos de la herencia y las leyes de Mendel. Normalmente el estudio de una y otra parte se realiza en cursos diferentes, séptimo y octavo, aunque posteriormente se vuelven a estudiar ambos tipos de contenidos con mayor profundidad durante el bachillerato. Por otra parte, el acento que se suele poner al estudiarlos en los objetivos a conseguir es diferente. Al estudiar los tipos de reproducción, las estructuras que posibilitan la fecundación y las características de los procesos a través de los que ésta tiene lugar se intenta que los alumnos construyan una representación adecuada de unas y otros, lo que

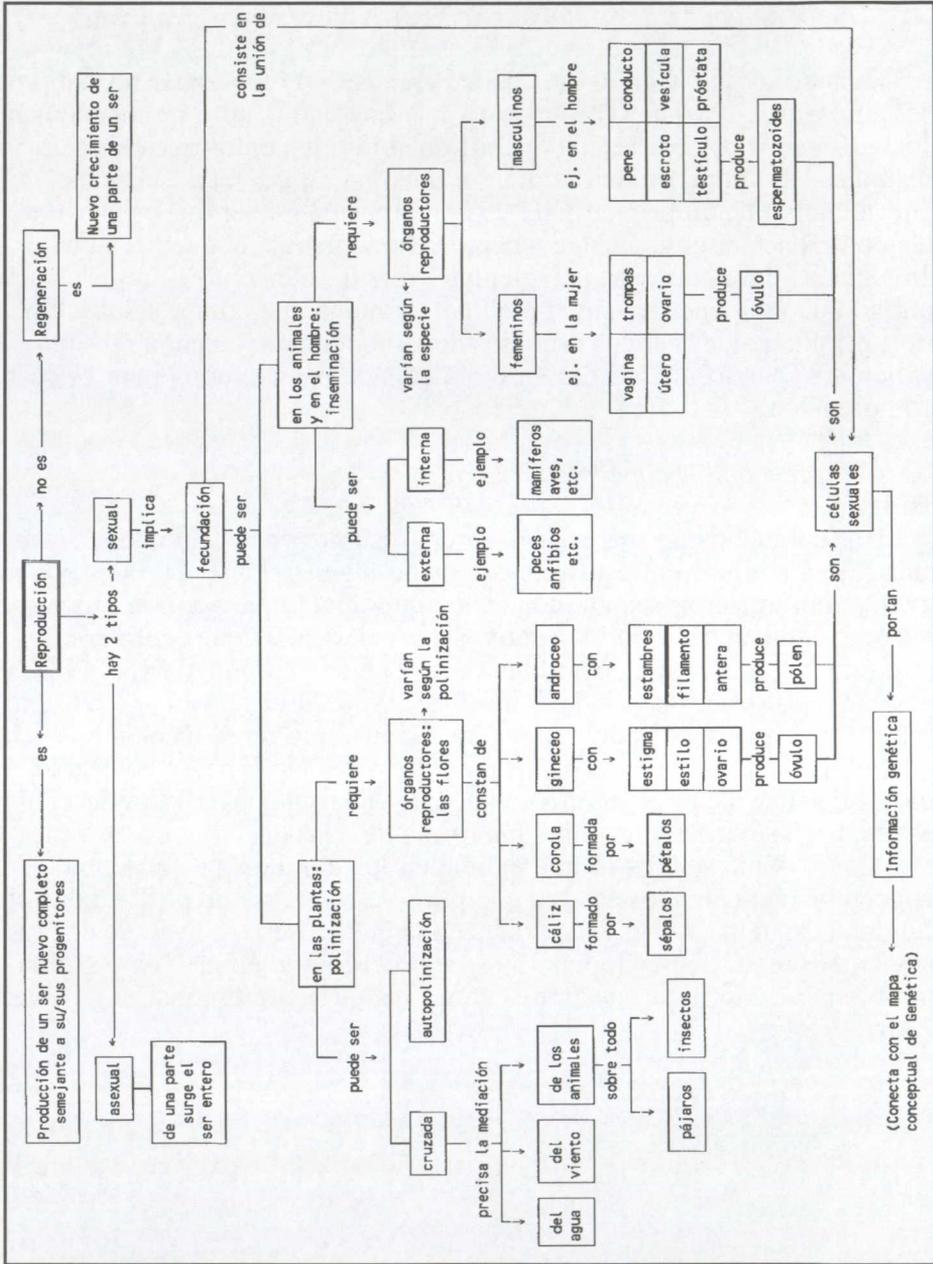
supone poner en juego sobre todo la capacidad de observación y de comparación necesarias para comprender los conceptos implicados, si bien al estudiar la reproducción en las plantas se subraya la necesidad de formular hipótesis razonadas sobre las causas de las diferencias observadas entre unas y otras. Por otro lado, al estudiar los mecanismos de la herencia se pone el acento en conseguir que los alumnos construyan un modelo mental de las leyes que los rigen que les permita inferir las causas que han dado lugar a unas características determinadas o predecir qué puede ocurrir dadas unas determinadas características en los progenitores. Se trata, pues, fundamentalmente de problemas que requieren la adquisición de las capacidades combinatorias, de razonamiento proporcional e hipotético deductivo que caracterizan el pensamiento formal. En consecuencia, teniendo presente tanto que los dos tipos de contenidos mencionados suelen darse separados como que las capacidades que se acentúan en uno y otro caso son diferentes, hemos diseñado dos pruebas distintas. De la primera, relativa a tipos de reproducción, a los procesos de fecundación y a las estructuras que los posibilitan, nos ocupamos a continuación. En cuanto a la segunda, centrada en los mecanismos genéticos y las leyes de la herencia, se expondrá en el Apartado 2.5.

#### *2.4.2. Tareas y criterios de evaluación.*

La prueba completa construida para evaluar los conocimientos adquiridos y las capacidades que el trabajo con los contenidos de este tema ha debido desarrollar se incluye en el Apéndice 2.3. Como podrá comprobarse, con excepción de las preguntas mediante las que se evalúa la comprensión de los conceptos de reproducción y sus tipos -asexual y sexual-, de las preguntas que evalúan la comprensión de los conceptos relativos a los tipos de fecundación -interna y externa- y de una pregunta que tiene que ver con la reproducción humana, el resto de las preguntas se centra en la reproducción de los vegetales. Queda sin cubrir, pues, por esta prueba el conocimiento de las estructuras y procesos de fecundación en el hombre y los animales. Se trata de contenidos que, aunque forman parte del tema, se trabajan normalmente en unidades didácticas diferentes, por lo que pueden evaluarse por separado. Por ello, y para no alargar la prueba, no han sido incluidos en la misma.

La prueba incluye distintas categorías de tareas diseñadas con diferentes propósitos -evaluación conceptual, evaluación de procedimientos o capacidades o ambas cosas-. Con el fin de mostrar el uso que puede hacerse de cada categoría de tareas para la evaluación, exponemos a continuación algunos ejemplos.

Figura 2.4. Mapa conceptual básico del tema "La reproducción de los seres pluricelulares" para alumnos de 12-13 años.



### *Comprensión e interpretación de figuras o esquemas gráficos.*

Cuando lo que los alumnos deben conocer y comprender no son procesos sino estructuras, una forma de evaluar en qué medida sus conocimientos son adecuados es pedirles que identifiquen los elementos que configuran las distintas estructuras en una figura o esquema gráfico. Esta técnica posibilita la evaluación de un primer nivel de comprensión -saber qué es algo o a qué elemento hace referencia un concepto-. Sin embargo, el que los alumnos sean capaces de identificar, por ejemplo, que un elemento es un estambre y que lo que contiene se llama polen no garantiza que comprenda su función ni el papel que juega en los procesos de reproducción. La comprensión es insuficiente, por lo que se requieren además otros métodos para evaluar la comprensión.

### *Comprensión de conceptos.*

Un fenómeno que suele dar lugar a confusiones en los alumnos es la necesidad de distinguir entre los conceptos de regeneración, reproducción asexual y reproducción sexual, conceptos que tienen que ver con procesos en los que algo cambia y no los relativos a los elementos que configuran las estructuras orgánicas que posibilitan la reproducción (Gott y otros, 1985; Engel y Wood-Robinson, 1985; Hampshire, 1986; Driver y otros, 1994). No es infrecuente que se considere la regeneración como reproducción asexual, lo mismo que la reproducción de las plantas en las que el polen no necesita llegar a otra flor; tampoco es infrecuente que en las plantas la reproducción por esquejes no se considere como una forma de reproducción. La existencia de esta confusión y qué es lo que entienden los alumnos por cada uno de los conceptos mencionados es algo que puede examinarse en profundidad utilizando el esquema de entrevista piagetiana que ya hemos ilustrado en ocasiones anteriores (Alonso Tapia, 1995), entrevista que en este caso podría estructurarse en torno a cuestiones como las que se presentan en el Cuadro 2.10.

Cuadro 2.10. Ejemplo de evaluación de la comprensión mediante la entrevista clínica.

• Tu sabes que a la estrella de mar, si se le rompe un brazo, le crece otro. ¿Tiene algo que ver este hecho con la reproducción o no tiene nada que ver?... ¿Por qué piensas eso?

Dependiendo de la respuesta, puede continuarse:

a) De modo que no tiene nada que ver... Entonces, ¿cómo es que le crece un brazo? ¿Por qué el hecho de que le crezca el brazo no es reproducción?... ¿en qué consiste la reproducción?

Y cuando es al revés, esto es, cuando de un brazo crece toda la estrella, ¿tiene que ver o no tiene que ver con la reproducción?... ¿Por qué piensas que es así?

b) De modo que sí tiene que ver... que es una reproducción asexual... Y cuando a un ciervo se le cae la cornamenta y le vuelve a crecer, ¿estamos en el mismo caso o no lo estamos?... ¿Por qué piensas que es así?...

• También sabes que de un trozo de patata, crece la planta entera. ¿Tiene algo que ver este hecho con la reproducción o no tiene nada que ver? ¿Por qué piensas eso?

Dependiendo de la respuesta, puede continuarse:

a) De modo que no tiene nada que ver porque no se unen dos... Y si, como ocurre algunas veces, las hembras de los pulgones tienen descendencia sin que participen machos, ¿estaríamos en el mismo caso o no lo estaríamos?... ¿Por qué piensas que es así?

b) De modo que sí tiene que ver... que es una reproducción asexual... Y cuando a una lagartija le vuelve a crecer la cola, ¿estamos en el mismo caso o no lo estamos?... ¿Por qué piensas que es así?

La entrevista continuaría de modo semejante, cambiando cada vez el referente de las preguntas, de modo que el alumno tuviese que categorizar diferentes casos de regeneración, reproducción asexual o asexual, fecundación externa o interna, en plantas y en animales, y explicar en cada caso las razones de sus respuestas de modo que fuese posible, a partir de las regularidades observadas en las mismas, inferir cómo entienden cada uno de los conceptos mencionados.

Como puede comprenderse, sin embargo, este procedimiento resulta inviable si se ha de evaluar un gran número de alumnos. Por este motivo, hemos planteado dos preguntas en las que alumnos y alumnas han de categorizar los tipos de reproducción y fecundación que ejemplifican las situaciones recogidas en el Cuadro 2.11. Obviamente, en este caso no obtenemos directamente las razones por las cuales el alumno categoriza los distintos casos del modo que lo hace, pero la misma respuesta, especialmente si esta refleja un error sistemático, nos indica qué es lo que el alumno confunde y qué tipo de ayuda es preciso darle. Por ejemplo, si señala que en los casos c, g y h no hay reproducción alguna, lo más probable es que esté confundiendo reproducción asexual con regeneración, lo que sugiere la necesidad de aclararle las diferencias entre ambos casos.

Cuadro 2.11. Ejemplo de pregunta para evaluar comprensión de conceptos.

Señala qué tipo de reproducción ejemplifican cada una de los casos siguientes teniendo en cuenta que: 1 = reproducción sexual; 2 = reproducción asexual; 3 = ninguna de las anteriores.			
(a) Un perra que tiene cachorros tras unirse a un perro.	(a)	1	2 3
(b) Una estrella de mar a la que le crece un brazo.	(b)	1	2 3
(c) Un fresal cuyos tallos, si tocan el suelo, dan lugar a nuevas plantas.	(c)	1	2 3
(d) Los cuernos de un ciervo se caen, pero vuelven a crecer.	(d)	1	2 3
(e) Una lagartija a la que le crece la cola que ha perdido.	(e)	1	2 3
(f) Un ornitorrinco, que pone huevos.	(f)	1	2 3
(g) Una patata, que echa tallos.	(g)	1	2 3
(h) Un esqueje de geranio, que crece al plantarlo.	(h)	1	2 3
(i) Una rana cuyos huevos son fecundados después de puestos.	(i)	1	2 3

*Capacidad de comprensión de textos de contenido relacionado con el tema.*

Una de las primeras funciones que tiene la adquisición de conocimientos y la adecuada reorganización de los esquemas mentales es que, como ya hemos señalado y como se muestra ampliamente en el Capítulo 5, facilita a los alumnos la comprensión de textos cuyos contenidos tengan que ver con los temas estudiados. Por este motivo, para evaluar el grado en que el estudio de un tema concreto está contribuyendo al desarrollo de la capacidad de comprensión de textos, hemos diseñado una serie de preguntas para evaluar esta capacidad basándonos en el modelo de comprensión que se describe en el

capítulo mencionado. Mediante estas preguntas hemos pretendido evaluar, por un lado, el grado en que el estudio del tema contribuye a que los alumnos comprendan expresiones específicas del texto, lo que depende de la evocación de modelos mentales que se supone que ya poseen. Por ejemplo, si en el texto aparece la frase "Al hacerlo (echarse a volar un insecto), se cayó una parte del polen", se puede preguntar si el autor se refiere a que "se cayó un trozo de polen", a que "el polen se había partido" o a que "cayeron granos de polen", lo que sugiere el tipo de representación que los alumnos tienen de la naturaleza del polen, algo que depende de lo que han entendido al estudiar. Y, por otro lado, hemos tratado de evaluar si eran capaces de identificar qué es lo más importante que el autor quiere comunicar con el texto en su conjunto, si bien esta capacidad no depende sólo de los conocimientos temáticos, como se muestra en el capítulo mencionado.

#### *Utilización de modelos mentales para predecir fenómenos.*

Uno de los principios que se enseña a los alumnos en relación con la reproducción de las plantas es que existe una relación entre ciertas características de su estructura -color, olor, momento de apertura, tamaño de los órganos masculinos y femeninos, etc.- y la forma de polinización -a través de los insectos, del viento, etc.-. En consecuencia, si su aprendizaje va más allá de la mera memorización, cabe esperar que los alumnos lleguen a predecir qué tipo de polinización es probable que tenga lugar dada una determinada estructura. Por ello, para evaluar en qué medida han interiorizado el modelo y si son capaces de aplicarlo razonando adecuadamente para hacer predicciones, hemos diseñado tareas como la que se presenta en el Cuadro 2.12. Obviamente, como en el caso de la pregunta anteriormente descrita, el realizar una entrevista como la que se recoge en este cuadro no es viable si es preciso evaluar numerosos alumnos. Por ello, la misma pregunta se ha diseñado en formato cerrado, utilizándose como alternativas de respuesta las distintas sugerencias mencionadas en el interrogatorio. Posteriormente, el análisis de los distintos tipos de errores y de la regularidad con que son cometidos permite inferir en qué aspecto el modelo de partida del sujeto era incorrecto y precisa ayuda para su corrección.

#### *Razonamiento y solución de problemas.*

Finalmente, hemos diseñado algunas tareas para evaluar no los conocimientos que poseen los sujetos sino la capacidad de razonar sobre los mis-

Cuadro 2.12. Pregunta sobre utilización de modelos mentales para hacer predicciones.

Imagina que tienes los tres tipos de flores siguientes, señala qué tipo de polinización es más probable en cada una de ellas y explica por qué.

Flor 1	Flor 2	Flor 3
Sin pétalos.	Con pétalos de colores vivos.	Con pétalos sin apenas color.
Con órganos de uno de los sexos.	Con órganos masculinos y femeninos.	Con estambres más altos que el gineceo.
No expele olor.	Con fuerte olor.	No expele olor.

En caso de que los alumnos duden al responder, pueden hacérseles preguntas del tipo:  
Veamos, en el caso de la Flor 1:

- ¿podría ser que la polinización la realizaran los insectos, que llevan el polen de flor en flor o no podría ser?... ¿Por qué piensas que es así?
- ¿Podría ser que la polinización la realizase el viento, que lleva el polen a otras flores o no podría ser así?... ¿Por qué piensas que es así?
- ¿Podría ser que no necesitase ayuda para polinizarse, pues el polen no ha de ir a otras flores?... ¿Por qué piensas que es así?

Las mismas preguntas se plantearían en relación con las restantes flores.

mos para determinar cuando la ocurrencia de un hecho es condición necesaria o suficiente de otro, cuándo no es ni una cosa ni otra, cuándo su efecto depende de que se den otras condiciones y cuándo dos fenómenos interactúan de un modo dado; y, en relación con todo ello, la capacidad de los alumnos de controlar variables para falsar una hipótesis. Se trata de capacidades, como ya hemos señalado al introducir este capítulo, a las que se concede especial importancia pues están a la base del pensamiento científico. Es cierto que los sujetos a los que va dirigida la prueba son relativamente jóvenes - 12/13 años-, por lo que ha sido preciso simplificar al máximo las preguntas. Pero no por ello hemos dejado de plantearlas pues es preciso detectar ya desde esta edad en qué medida la instrucción está contribuyendo a mejorar la forma de pensar de los alumnos. Además, dado que hemos planteado preguntas de este mismo tipo en las pruebas desarrolladas para evaluar la capacidad de razonar en el contexto de las ciencias sociales, plantearlas de nuevo

aquí contribuye a poner de manifiesto como una capacidad como es el razonamiento puede evaluarse con tareas semejantes en el contexto de distintas áreas de contenido.

En el Cuadro 2.13 se muestra una de estas preguntas en formato abierto. Como en los casos anteriores, debido a que no es viable utilizar este formato para evaluar a los alumnos cuando su número es grande, se han sustituido por preguntas en formato cerrado utilizando como alternativas las distintas sugerencias planteadas en el ejemplo de entrevista, lo que posibilita el determinar a partir del análisis de los errores qué tipos de ayudas proporcionar a los alumnos para que puedan superar las dificultades con las que se enfrentan.

Cuadro 2.13. Razonamiento: control de variables y deducción de conclusiones.

En clase has oído que el color de las flores influye en que sean polinizadas gracias a la acción de los insectos. Imagina que dispones de cuatro tipos de flores con las características que se indican y responde a las cuestiones que se plantean a continuación.

Flores tipo 1	Flores tipo 2	Flores tipo 3	Flores tipo 4
Sin pétalos	Con pétalos rojos	Con pétalos rojos	Sin pétalos
Con fuerte olor	Sin olor	Con fuerte olor	Sin olor

- ¿Qué pares de flores deberías observar como mínimo para ver si lo que has oído es falso? ¿Por qué ese par de flores y no otros?
- Si los insectos viniesen sólo a las flores 1, 2 y 3, ¿qué conclusión podríamos sacar?
  - ¿Podríamos decir que son necesarios tanto un olor como un color fuertes para que acudan los insectos o no podríamos?... ¿Por qué piensas así?
  - ¿Podríamos decir que es suficiente la presencia de uno de los dos factores para que acudan los insectos o no podríamos?... ¿Por qué piensas así?
  - ¿Podríamos decir que el color no influye, porque los insectos vienen a veces a flores sin pétalos o no podríamos?... ¿Por qué piensas así?

Se continúa haciendo preguntas análogas para el caso en que los insectos solo viniesen a las flores 1 y 3, a la 2 y 3, o sólo a la 3, etc.

### 2.4.3. *Contraste del modelo.*

#### 2.4.3.1. Muestra.

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 180 alumnos de 7º de EGB, niños y niñas, procedentes de un colegio concertado de Alcobendas (Madrid) y de otros dos públicos, uno de Madrid y otro de Toledo. Los profesores que impartían clase a los grupos de alumnos examinados valoraron, a su vez, la relevancia de las tareas propuestas y el grado de dominio de las mismas que era deseable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

#### 2.4.3.2. Validez social del contenido del modelo.

La Tabla 2.11 recoge los datos correspondientes a la valoración de la relevancia de las tareas de la prueba y de ésta en su conjunto realizada por los cinco profesores en cuyas clases se aplicó, así como el grado de dominio que consideran que los alumnos deben alcanzar en relación con los contenidos y capacidades evaluados.

Como puede comprobarse, los profesores han otorgado a la prueba en promedio una puntuación en relevancia -5,6- que equivale al 80% del máximo posible -7-. Esto significa una valoración muy positiva de la relevancia de la prueba considerada globalmente. No obstante, hay una gran heterogeneidad en la valoración de las tareas por separado.

Las tareas a las que se concede mayor relevancia son las que evalúan la comprensión de los diferentes conceptos incluidos en el mapa conceptual -tareas 1 a 7-, lo que parece lógico pues sin los conocimientos a que hacen referencia difícilmente pueden resolverse los problemas a que hacen referencia el resto de las tareas. La relevancia media de las preguntas señaladas es 2.42. Siguen muy de cerca las preguntas 9 a 11, con una relevancia media de 2.2. En ambos casos, la puntuación muestra que son tareas consideradas entre relevantes y muy relevantes. En el caso de las preguntas 9 a 11 creemos necesario destacar además que se trata de tareas que implican no sólo comprender un concepto sino aplicar un modelo mental a la predicción de un fenómeno, lo que supone una tarea de razonamiento compleja.

En tercer lugar se sitúa la pregunta 8, que evalúa la comprensión del proceso de ovulación y su relación con la fecundación mediante una tarea aplicada y cuya puntuación media ha sido de 1.8, las preguntas que exigen aplicar los conocimientos adquiridos a la comprensión de textos (preguntas 13 a 16) cuya

Tabla 2.11: Prueba: "La reproducción de los seres pluricelulares".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.40	.54	81.00	12.67
2	2.60	.54	73.75	19.73
3	2.60	.54	73.75	19.73
4	2.40	.54	63.75	20.56
5	2.20	.44	66.25	17.01
6	2.40	.54	63.75	25.61
7	2.40	.89	58.75	30.65
8	1.80	.83	63.75	29.26
9	2.20	.44	76.25	12.50
10	2.20	.44	76.25	12.50
11	2.20	.44	76.25	12.50
12	1.40	.54	51.25	27.80
13	1.80	.83	77.25	15.06
14	1.40	1.14	72.50	13.22
15	1.40	.54	63.75	12.50
16	2.00	.70	72.50	13.22
17	1.20	.44	53.75	30.38
18	1.60	.54	60.00	28.28
19	1.80	.44	62.50	23.62
20	1.80	.44	65.00	19.14
21	1.60	.54	65.00	19.14
22	1.80	.44	56.25	25.61
23	1.40	.89	55.00	20.81
24	1.40	.89	60.00	14.14
25	1.40	.89	55.00	20.81
Prueba	5.60	.54	64.00	8.94

relevancia media es 1.6, y las preguntas que implican hacer deducciones sobre la necesidad, suficiencia o interacción de un factor con otro para producir un efecto dado a partir de datos observados (preguntas 18 a 25) cuya relevancia media es también 1.6. Estos datos significan que los profesores oscilan entre considerar estas tareas entre relevantes y poco relevantes, si bien parecen inclinarse más por lo primero. Estos resultados llaman la atención, especialmente los relativos a las tareas de comprensión lectora, dado que tanto la capacidad de comprensión de textos como la de razonamiento a partir de los conocimientos adquiridos constituyen objetivos a desarrollar mediante el trabajo realizado en las distintas áreas curriculares.

Finalmente se sitúan las preguntas 12 y 17, cuya relevancia media es 1.4 y 1.2 respectivamente. La primera evalúa el conocimiento y comprensión de las implicaciones de la reproducción asexual en relación con la adaptación al medio, mientras que la segunda evalúa la capacidad de control de variables para falsar hipótesis. El resultado en este último caso no es de extrañar, ya que es similar al encontrado en relación con tareas semejantes planteadas en la prueba sobre el aire y el agua. Extraña, sin embargo, el primero de estos resultados, dado que se trata de una pregunta que implica aplicar un modelo conceptual a la realización de una predicción, lo mismo que las preguntas 9, 10 y 11 cuya relevancia media ha sido de 2.2. Creemos que se trata de un sesgo que es preciso corregir dada la aplicabilidad práctica que puede tener el conocimiento de las ventajas e inconvenientes de la reproducción asexual.

En cuanto al dominio que los profesores consideran que es necesario que los alumnos tengan de los distintos conceptos, procedimientos y capacidades evaluados, los resultados son semejantes aunque no idénticos a los obtenidos en el caso de la relevancia. Tan sólo dos preguntas no llegan al 55%, justamente las dos que habían sido consideradas menos relevantes (12 y 17). A continuación se sitúan las preguntas que implican razonar sobre la suficiencia o necesidad de un fenómeno para que se produzca otro, cuya media en cuanto a dominio exigible es 60%. Después están las preguntas sobre comprensión de los conceptos básicos del tema y las de comprensión de textos, de las que se exige que sean dominadas en un 68.71 y un 71,5% respectivamente. Finalmente, las tareas en relación con las que se exige un mayor dominio son las que implican razonar aplicando modelos mentales a la predicción de fenómenos, tareas que los profesores exigen que sean dominadas, en promedio, en un 76,25%. Además, los profesores consultados consideran en promedio que los alumnos deben superar el 64% de las preguntas de la prueba considerada en su totalidad para poder considerar que su conocimiento de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluados es suficiente.

Tomados en conjunto los datos sobre valoración de la relevancia de las distintas tareas y sobre el grado de dominio exigible y teniendo presente la limitación que supone el que procedan sólo de cinco profesores, cabe concluir lo siguiente. Los profesores consideran máximamente relevantes las preguntas que evalúan los conocimientos de tipo conceptual recogidos en la Figura 2.4, conocimientos que deben dominar en nivel elevado aunque no superior al exigido en otras tareas. En cuanto a la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos para hacer inferencias relativas a la probabilidad de un fenómeno, su valoración tanto en relevancia como en dominio la sitúa como el objetivo más importante. Si se trata de aplicar los conocimientos a la comprensión de textos, la posición de los profesores es ambigua ya que, si bien no llegan a considerar de modo unánime que esta aplicación es un objetivo relevante, exigen un nivel de dominio alto, ligeramente superior incluso al que exigen en relación con el conocimiento y comprensión de los conceptos básicos. Finalmente, las tareas consideradas menos relevantes y de las que se exige un menor dominio son las que implican razonar deductivamente sobre la necesidad o suficiencia de un hecho y, sobre todo, razonar controlando adecuadamente distintas variables para poder llegar a conclusiones válidas sobre la falsedad de una afirmación. Como ya señalábamos al comentar los resultados semejantes obtenidos en relación con la prueba sobre el aire y el agua, dado que desde un punto de vista teórico éstas tareas responden claramente a los objetivos curriculares relacionados con el conocimiento de procedimientos y el desarrollo de capacidades, creemos que la escasa importancia que los profesores las conceden puede deberse al hecho de que actualmente no se suele trabajar este tipo de objetivos, algo que parecen reflejar, como veremos, los resultados sobre el índice de dificultad de las distintas tareas y las puntuaciones medias en cada una de las subcategorías de puntuaciones de la prueba.

#### 2.4.3.3. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

Desde un punto de vista teórico, la prueba sobre el tema "La reproducción de los seres pluricelulares" es apta para evaluar si los alumnos han alcanzado los objetivos que el DCB sugiere en relación con el mismo. Por este motivo y con independencia de la opinión de los profesores sobre la relevancia de la prueba, opinión que es bastante positiva en cualquier caso, merece la pena saber cuál es el estado actual de los conocimientos de los alumnos al respecto. Para ello, teniendo en cuenta que se trata de una prueba objetiva, hemos estudiado, en primer lugar, el porcentaje de alumnos que escoge las distintas alternativas a cada pregunta, así como el índice de dificultad de és-

tas y, en segundo lugar, las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en cada una de las categorías establecidas para evaluar los distintos objetivos de aprendizaje.

La Tabla 2.12 recoge los sujetos que han escogido cada una de las alternativas, así como el índice de dificultad de cada pregunta. De los 41 elementos analizados independientemente, dado que algunas preguntas incluían en realidad varios elementos, once tienen un ID inferior a 33.3% (Med.= 18.74); otros dieciocho lo tienen entre 33.4 y 66.6 (Med.= 50.49), y en los doce restantes es superior a 66.7 (Med.= 83.85). La prueba, pues, resulta adecuada ya que en conjunto presenta una dificultad intermedia (51,6%) con una distribución equilibrada de los elementos con índices de dificultad alto, medio y bajo. No obstante, resulta de especial interés examinar la naturaleza de los elementos cuya dificultad ha sido particularmente elevada, así como la proporción en que han sido elegidas cada una de las alternativas incorrectas, a fin de poder identificar la naturaleza de las dificultades experimentadas por los alumnos y el tipo de ayudas que pueden proporcionárseles.

Curiosamente, los elementos en que la dificultad ha sido mayor pertenecen a las tareas destinadas a evaluar la comprensión de los conceptos recogidos en la Figura 2.4. Se trata de las preguntas 4, 5, 6b, 6c, 6g, 7b, 7c, 7d, 7e, 7g, 7h y 12. El análisis del contenido de los mismos pone de manifiesto dos tipos de confusiones en parte relacionadas. Por una parte, los alumnos tienen poco claro lo que es la reproducción asexual ya que, de un lado, tienden a considerar que los ejemplos propuestos -la reproducción del fresal, del geranio, de la patata- no son formas de reproducción. Y, de otro lado, a esto hay que añadir que un 35.5% considera que la polinización por el viento es una forma de reproducción asexual. Por otra parte, no se tiene claro que implica la fecundación externa, ya que consideran que es la fecundación que posibilita los casos de reproducción asexual que ellos no han considerado como tales -preguntas 7c, 7g y 7h- así como los fenómenos de regeneración -7b, 7d y 7e-. Creemos que no debe resultar difícil a los profesores mostrar explícitamente la diferencia entre los conceptos de reproducción y regeneración, por un lado, lo que implica la reproducción asexual, por otro, y finalmente, lo que implica la fecundación externa, y proponer ejercicios de categorización semejantes a los utilizados en esta prueba, de modo que se facilite la construcción de una representación adecuada de lo que implican.

Es interesante señalar, en segundo lugar, que los elementos diseñados para evaluar la capacidad de hacer deducciones y razonar controlando variables han resultado de dificultad intermedia, aunque en dos de ellos, el 20 y el 24, el nivel de dificultad es moderadamente alto (33 y 35% respectivamen-

Tabla 2.12. Prueba: "La reproducción de los seres pluricelulares".  
Frecuencia con que ha sido escogida cada alternativa e índice de dificultad de cada elemento.

n=180	Alternativas										
	Elemento	a	b	c	0	ID	Elemento	a	b	c	0
1	162	9	2	7	90.0	7h	81	40	20	39	11.1
2	8	20	151	1	83.8	7i	99	50	4	27	55.0
3	146	23	6	5	81.1	8	19	145	10	6	80.5
4	64	62	51	3	34.4	9	23	138	16	3	76.6
5	115	16	40	9	22.2	10	74	10	87	9	41.1
6a	177	1	0	2	98.3	11	22	66	90	2	50.0
6b	5	123	48	4	26.6	12	21	91	65	3	11.6
6c	6	53	114	7	29.4	13	10	42	118	1	65.5
6d	4	34	131	11	72.7	14	166	9	4	1	92.2
6e	8	52	104	16	57.7	15	157	8	13	2	87.2
6f	120	33	10	7	66.6	16	3	22	153	2	85.0
6g	18	36	114	11	20.0	17	39	82	56	3	45.5
6h	13	76	72	16	42.2	18	68	93	17	2	51.6
6i	110	44	9	17	61.1	19	81	23	74	2	41.1
7a	13	163	1	3	90.5	20	61	43	73	3	33.8
7b	117	20	35	8	19.4	21	23	114	40	3	63.3
7c	117	30	16	17	8.8	22	52	23	102	3	56.6
7d	78	26	40	36	22.2	23	34	17	123	6	68.3
7e	73	24	43	40	23.8	24	72	64	39	5	35.5
7f	69	79	7	25	43.8	25	110	24	41	5	61.1
7g	91	31	20	38	11.1						

NB: 0 = No han respondido a la pregunta. ID = Índice de dificultad (% de aciertos).

te). No parece, pues, que se trate de tareas que estén fuera del alcance de la capacidad de los alumnos, por lo que deberían realizarse en clase problemas como los que se presentan a fin de facilitar el desarrollo de la capacidad de razonamiento que exigen.

#### 2.4.3.4. Calificación y punto de corte.

##### *Establecimiento de categorías.*

Siguiendo el modelo propuesto en el primer capítulo, a fin de permitir a los profesores no sólo decidir qué tipo de ayudas proporcionar a los alumnos, sino también calificarles, hemos seguido el procedimiento descrito y justificado en el mismo para determinar el punto de corte. En primer lugar, hemos establecido un perfil de puntuaciones agrupando los elementos que evaluarán un mismo concepto o capacidad, agrupación que se recoge en la Tabla 2.13, juntamente con la nota media correspondiente a cada categoría. Estas medias pueden compararse con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores a fin de determinar los aspectos en que el grupo en su conjunto se enfrenta con dificultades en relación con las cuales se le deben proporcionar las ayudas adecuadas. Esta tabla incluye también la fiabilidad de las escalas derivables si se desea obtener puntuaciones separadas para hechos, conceptos, capacidades y para el conjunto de la prueba.

##### *Capacidad discriminativa.*

A diferencia de lo que ocurría en los ejemplos anteriores, los índices de consistencia interna presentados en la Tabla 2.13 son bastante amplios, si bien ha sido preciso excluir del cálculo dos elementos por falta de homogeneidad. El hecho de que no sean aun mayores pone de manifiesto que los conocimientos y capacidades evaluados mediante las distintas tareas empleadas son bastante heterogéneos, algo que cabía esperar por la misma razón aducida al comentar los ejemplos anteriores, a saber, que aunque los elementos agregados formen parte de un mismo esquema conceptual, el hecho de que de los distintos conceptos integrantes del mismo sean altamente específicos conlleva la posibilidad de que se adquieran unos y no otros, lo que hace que, si se agregan los datos correspondientes a cada uno de ellos, se estén agregando, en realidad, datos heterogéneos. Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, esta agregación puede hacerse con la condición de que su aportación a la nota final tenga valor discriminativo, esto es, contribuya de modo regular y

Tabla 2.13: Prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".  
Categorías que integran el perfil de puntuaciones: Composición  
y puntuaciones medias.

Fiabilidad de la prueba y de la subescala de integración conceptual.<sup>1</sup>

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Concepto de reproducción	1	180	9.00	3.00
b) Esquema de la estructura de la flor.	2, 3	180	8.25	2.86
c) Esquema de los tipos de reproducción.	4, 5, 6 a-i	180	4.83	2.04
d) Esquema de los tipos de fecundación.	7 a-i	180	3.17	2.35
e) Esquema de los tipos de polinización.	9, 10, 11	180	5.59	3.27
Integración del esquema conceptual: Fiabilidad: $\alpha = .76$	a + b + c + d + e	180	6.17	1.46
f) Comprensión de textos.	13, 14, 15, 16.	180	8.25	2.16
g) Razonamiento deductivo.	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	180	5.14	2.70
Puntuación total en capacidades: Fiabilidad: $\alpha = .69$	f + g	180	6.17	2.58
Elementos no integrables en escalas por falta de homogeneidad <sup>1</sup> :				
h) Control de variables.	17	180	4.55	4.99
i) Concepción de la ovulación.	8	180	8.05	3.96
j) Ventajas de la reproducción asexual.	12	180	1.16	3.21
PRUEBA COMPLETA Fiabilidad: $\alpha = .71$		180	5.08	1.23

1. Estos elementos se han excluido del análisis posterior.

sistemático a distinguir el nivel de aprendizaje de los alumnos. La forma de controlar si esta condición se da es calcular la correlación de cada componente con el total, correlaciones que mostramos en la Tabla 2.14.

Como puede comprobarse, los índices de homogeneidad superan casi todos el nivel crítico de 0.25. En las escasas ocasiones en que no ocurre así se debe normalmente a que se trata de elementos excesivamente fáciles, lo que determina una falta de variabilidad en las respuestas lo suficientemente am-

Tabla 2.14: Prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".  
Índices de homogeneidad.

Elemento	Índice	Categoría de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte.
2	.73	1) Esquema: estructura de la flor	4	.31	2) Esquema: tipos de reproducción
3	.77		5	.53	
7a	.25	3) Esquema: tipos de Fecundación	6a	.09	
7b	.82		6b	.59	
7c	.73		6c	.61	
7d	.83		6d	.52	
7e	.81		6e	.60	
7f	.29		6f	.40	
7g	.72		6g	.52	
7h	.72		6h	.52	
7i	.40		6i	.26	
9	.64	4) Esquema: tipos de polinización.	18	.64	6) Razonamiento deductivo.
10	.65		19	.31	
11	.67		20	.40	
	.25		21	.63	
13	.69	5) Comprensión de textos	22	.61	
14	.46		23	.64	
15	.53		24	.40	
16	.63		25	.67	
Correlación de cada categoría con la escala a que pertenece y con el total de la prueba.					
			Escala	Total	
			<i>Organización conceptual</i>		.63
Concepto de reproducción			.36		.36
Esquema de la estructura de la flor			.34		.28
Esquema de los tipos de reproducción			.36		.67
Esquema de los tipos de fecundación			.37		.62
Esquema de los tipos de polinización			.86		.31
			<i>Capacidades</i>		.54
Comprensión de textos			.62		.31
Razonamiento deductivo			.94		.51

plia como para influir de modo sistemático en las puntuaciones. En consecuencia, puede considerarse adecuado tanto el agrupar los elementos en categorías como agrupar éstas en una escala única de conocimientos sobre "Reproducción de los seres pluricelulares", y el uso tanto del perfil de puntuaciones como el de la puntuación total como base de la calificación.

### *Establecimiento del punto de corte.*

Una vez de terminada la capacidad discriminativa de la prueba, a fin de establecer el punto de corte, se han ponderado las notas correspondientes al nivel de dominio en función de la proporción que la relevancia de las mismas representaba respecto a la relevancia total atribuida a la prueba, y se han sumado, obteniéndose así la calificación criterio.

Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 2.15, si bien en este caso lo que se contrasta con el punto de corte no es la nota de un alumno individual sino la media del grupo. El análisis de los resultados de la misma pone de manifiesto, atendiendo en primer lugar al porcentaje total de dominio exigido, que la media ponderada está sólo ligeramente por debajo del punto de corte deseable de acuerdo con los profesores, mientras que la media real está casi dos puntos por debajo del mismo. No ocurre lo mismo, sin embargo, con las puntuaciones correspondientes a cada categoría. Las puntuaciones correspondientes al concepto de reproducción, conocimiento de las partes de la flor y comprensión lectora están por encima del nivel deseable, mientras que las correspondientes a los esquemas de los tipos de reproducción, fecundación y polinización, así como a la capacidad de razonar deductivamente y de controlar variables se encuentran bastante por debajo, lo que era previsible dados los resultados ya comentados al describir las preguntas que habían resultado más difíciles.

## **2.5. Ejemplo 4: Nociones de Genética.**

### *2.5.1. Objetivos instruccionales y esquema de los conocimientos a adquirir.*

El cuarto tema que se propone para el área de Ciencias de la Naturaleza es "Introducción al estudio de los cromosomas y la transmisión de la herencia". Este tema se encuadra también en el estudio de la diversidad y unidad de los seres vivos, representando la continuación del ejemplo anterior y enlazando con el bloque de contenidos relativo a las interacciones de los componentes abióticos y bióticos del medio natural mediante la "Introducción al

Tabla 2.15: Prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".  
Ponderación de las diferentes categorías de puntuación.

PUNTUACIONES CATEGORÍAS	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equi- valen- te	(c) Relevan- cia: Pro- porción del total	(c x b) Nota ponde- rada exigida	(d) Media real	(c x d) Media real ponde- rada
a) Concepto de reproducción	81.00	8.1	.147	1.19	9.00	1.32
b) Esq. estructura de la flor	73.75	7.3	.159	1.16	8.25	1.31
c) Esq. tipos de reproducción	64.58	6.4	.141	0.90	4.83	0.68
d) Esq. tipos de fecundación	58.75	5.8	.147	0.85	3.17	0.46
e) Esq. tipos de polinización	76.25	7.6	.135	1.02	5.59	0.75
f) Cap. comprensión textos	71.50	7.1	.098	0.69	8.25	0.80
g) Cap. control de variables	53.75	5.3	.073	0.38	4.55	0.33
g) Cap. razonam. deductivo	59.84	5.9	.098	0.57	5.14	0.50
Dominio medio exigido:	67.25	6.7				
Punto de corte:				6.76		
Medias (real y ponderada):					5.19	6.15

concepto de mutación". Con su estudio se pretende que los alumnos se planteen preguntas como:

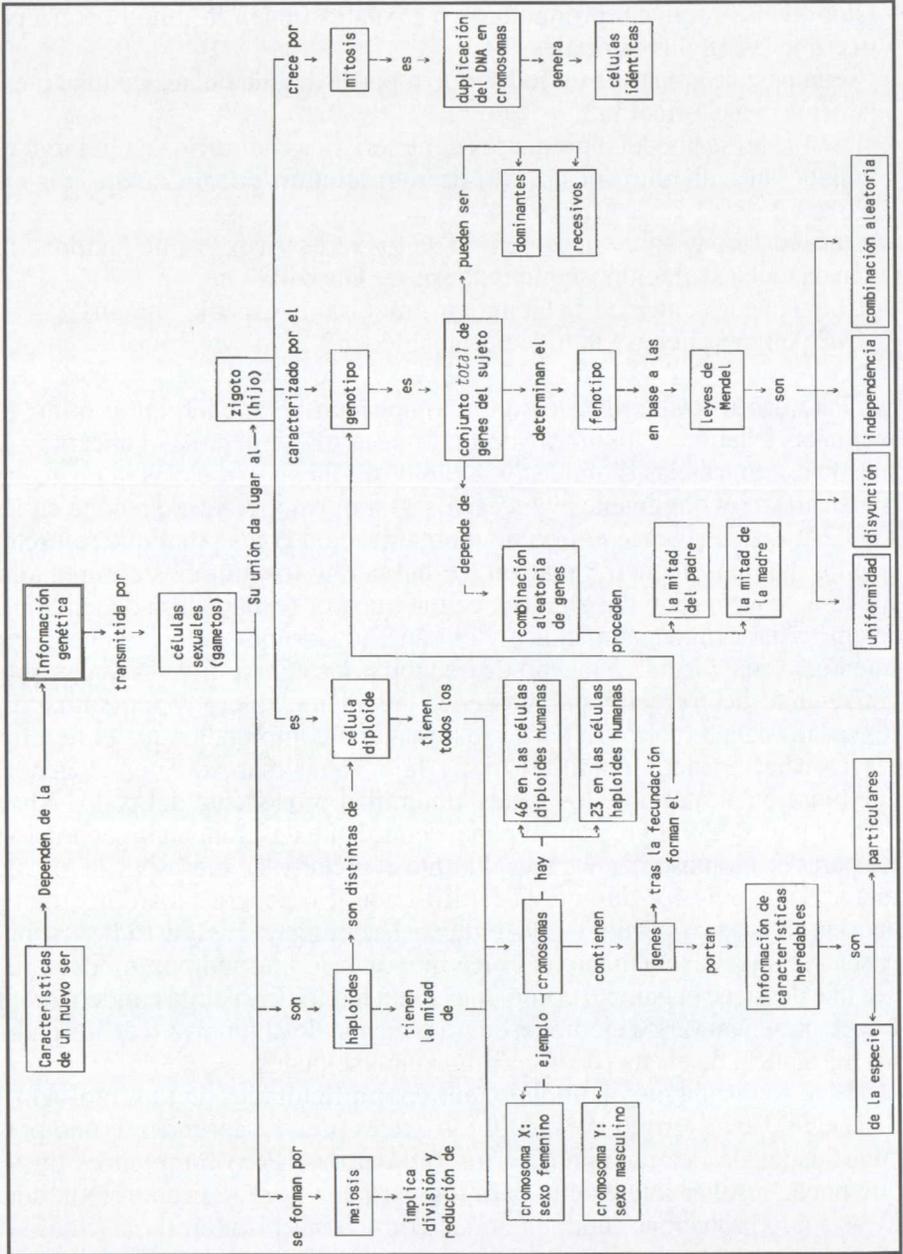
- ¿Por qué unos hijos se parecen más al padre y otros a la madre?
- ¿Por qué, sin embargo, algunos hijos no se parecen a ninguno de los dos?
- ¿Cómo es posible que, algunas veces, aparezcan en los hijos rasgos de los abuelos que no habían sido heredados por los padres?
- ¿Son todas las enfermedades hereditarias?
- ¿Cómo puede suceder que enfermedades hereditarias, como la hemofilia, sean transmitidas por las mujeres, pero solamente padecidas por los hombres.
- ¿Qué problemas puede tener para la descendencia el matrimonio entre hermanos o entre primos hermanos?
- ¿Dónde lleva una célula hija la información de los caracteres de los padres?
- ¿Cómo se produce la transmisión de la información genética desde la célula madre a las hijas?
- Si las células del hombre y de la mujer tienen 46 cromosomas, ¿cuántos cromosomas tendrán los hijos?

- ¿Por qué las células reproductoras o sexuales tienen la mitad de cromosomas que las células normales?
- ¿Sería posible construir un individuo a partir de una de sus células o es solamente ciencia-ficción?
- ¿Por qué no se pueden heredar las características adquiridas a lo largo de la vida de un individuo (desarrollo de musculatura por un atleta, por ejemplo)?
- ¿Qué teorías hay sobre la evolución de los seres vivos? ¿Qué factores influyen en dicha evolución, según la teoría de Darwin?
- ¿Cómo puede contribuir la Genética a mejorar la especie humana?
- ¿Qué peligros encierra la ingeniería genética?

Para hacer posible que los alumnos puedan responder, entre otras, a las preguntas anteriores, los libros de texto desarrollan diversos conceptos: cromosoma, gen, células diploides y haploides, mitosis y meiosis, gametos y cigoto, caracteres dominantes y recesivos. Así mismo, como se recoge en la Figura 2.5, donde aparece el tipo de reorganización conceptual que se pretende que los alumnos lleguen a realizar, se busca que los alumnos comprendan el proceso de formación del cigoto o célula hija por fecundación de gametos diferentes (masculino y femenino) y el papel jugado por la mitosis en el crecimiento, lo cual asegura el hecho de que todas las células nuevas que se producen durante dicho crecimiento proceden del mismo cigoto y, por tanto, poseen los mismos genes. Por otra parte, se busca que comprendan que el fenotipo o rasgos característicos manifiestos del hijo viene marcado por el genotipo, combinación aleatoria de los genes, una mitad procedente del padre y la otra de la madre; que comprendan el papel central que desempeña la separación de los pares de cromosomas y genes durante el proceso de meiosis y la reestructuración de los mismos durante la fertilización. En general, los libros de texto aportan la base para que, como indican Hackling y Treagust (1984), pueda enseñarse significativamente el cruce monohíbrido, usando un modelo de genes que destaque el gameto como una célula haploide distinta e independiente. Luego presentan varios ejemplos de transmisión de algún rasgo de los padres a los hijos, incluido el caso de los cromosomas sexuales.

El tema resulta muy complejo tanto por dificultades de terminología, dada la cantidad de términos específicos que es preciso aprender, como por las capacidades de razonamiento formal requeridas. Pero también es un tema que puede resultar interesante para los alumnos porque proporciona nuevas ideas sobre problemas fundamentales como son el origen de la vida, la estructura de la materia viva y su evolución. También presenta implicaciones

Figura 2.5 Mapa conceptual básico del tema "Nociones de Genética" para alumnos de 13-14 años.



prácticas de interés social en campos como la cría de animales y plantas e investigación de enfermedades, enlazando incluso con la polémica existente en los medios de comunicación sobre el control de la descendencia a través de la ingeniería genética. Por otro lado, como argumenta Stewart (1988, Stewart y Hafner, 1993), la resolución de problemas de Genética puede permitir al alumno, además de una mejor comprensión de la estructura conceptual de la misma, desarrollar una heurística de solución de problemas independiente de la disciplina y valorar la naturaleza de la Ciencias como actividad intelectual.

En cuanto a las destrezas intelectuales necesarias para la resolución de los problemas de Genética, destrezas que se pretende que los alumnos adquirieran a través del trabajo sobre los contenidos del tema, diversos investigadores han destacado las siguientes:

- Para llegar a establecer todos los tipos posibles de gametos que se pueden formar, es preciso comprender la ley de asignación independiente y que los alelos de los diferentes cromosomas se mezclan aleatoriamente, lo cual requiere la utilización del *razonamiento combinatorio*.
- Uno de los enfoques empleados en la Enseñanza Secundaria para obtener los cigotos es el cuadrado de Punnett que representa una disposición estadística de los gametos posibles y de los cigotos que se forman. A los estudiantes se les exige señalar las proporciones de aparición de fenotipos o de existencia de genotipos, lo cual requiere la aplicación del *razonamiento proporcional*.
- También se suelen solicitar las posibilidades de aparición de un cierto rasgo, exigiéndoles un *razonamiento probabilístico*.
- Para que los estudiantes superen sus concepciones alternativas no basta con que sean conscientes de la evidencia que apoya la concepción científica, sino que deben ser capaces de comparar lógicamente ambas concepciones con la evidencia existente, lo cual requiere *operar de forma lógica hipotético-deductiva*, es decir, operar formalmente.

Los resultados de Gipson et. al. (1989) apoyan la hipótesis de que los estudiantes necesitan haber desarrollado sus capacidades intelectuales al nivel de operaciones formales para aprender con éxito la Genética Mendeliana; pero, en cambio, no se conoce suficientemente el razonamiento formal para relacionar directamente sus características con lo que nosotros percibimos como un tipo de razonamiento específico necesario para la solución de un problema genético. Más que tipos de razonamiento específicos, parece nece-

sitarse una capacidad general de operación formal. Lawson y Thompson (1988) vuelven a obtener resultados que apoyan la hipótesis de que para la eliminación de algunos errores conceptuales en Genética se necesitan modelos de razonamiento formales; en cambio, no encuentran evidencia de que la capacidad mental, la inteligencia verbal o el estilo cognitivo jueguen un papel importante en la superación de estas dificultades.

En cambio, hay otros investigadores (Kinnear, 1983; Smith, 1986) que señalan que el pensamiento formal no es condición suficiente para la solución de problemas genéticos y que es posible que razonen adecuadamente pero utilicen unos conocimientos genéticos inapropiados (como trataremos posteriormente).

Teniendo presente, pues, la importancia que se concede en la enseñanza tanto a la comprensión de los conceptos mencionados como a la adquisición de las capacidades de razonamiento implicadas en la solución de los problemas señalados, en el presente apartado presentamos un modelo de evaluación desarrollado y centrado en los conceptos y procedimientos siguientes:

- Conceptualización del tipo de información portada por la célula.
- Comprensión de los diferentes conceptos implicados en la transmisión de la herencia: cromosoma, gen, relaciones entre ellos y con los rasgos característicos de la descendencia.
- Comprensión y aplicación de la ley de dominancia.
- Valoración de la influencia de los genes y de los factores ambientales en el desarrollo de los individuos y de sus características.
- Comprensión de la idea principal de un texto científico original (Jiménez y Fernández, 1987).
- Aplicación de razonamientos combinatorio, proporcional y probabilístico a problemas genéticos.

Puede observarse que no aparecen tareas relativas a procesos de duplicación de cromosomas en la mitosis ni a procesos de reducción y división en la meiosis, procesos fundamentales para una comprensión correcta de la Genética pero que están muy por encima de las capacidades de los estudiantes de 8º de E.G.B. De todas formas, hemos incluido estos procesos en el mapa conceptual para presentar lo que consideramos un tratamiento conceptual adecuado del tema. En cambio, se introducen tareas relativas a si las características adquiridas o los factores ambientales influyen en la herencia, lo cual no queda explícito, aunque si implícito, en el mapa conceptual.

### 2.5.2. *Tareas y criterios de evaluación.*

La prueba, que se incluye en el Apéndice 2.4, se desarrolla en veintiocho tareas distribuidas en dos partes iguales para que los alumnos las resuelvan en dos períodos de clase. El diseño de tales tareas y su inclusión en la prueba se basa no sólo en el hecho de que tengan que ver con los conceptos y procedimientos anteriormente aludidos, sino en los resultados de las investigaciones que han puesto de manifiesto las dificultades específicas que suelen tener los alumnos para comprender este tema, punto en relación con el que merece la pena destacar las investigaciones que se citan a continuación.

Una de las áreas más investigadas en la Didáctica de la Biología es la Genética, no sólo desde el punto de vista de sus interacciones con el desarrollo de las operaciones formales, sino también desde el punto de vista de la existencia y persistencia en los alumnos de esquemas alternativos a las concepciones científicas. Lawson y Thompson (1988) señalan que las ideas ingenuas de los estudiantes, independientemente de su capacidad de razonamiento, tienden a adoptar un modelo Lamarckiano de la herencia, recapitulando el desarrollo histórico de las teorías de evolución. Es interesante destacar que tienden a invocar con menos frecuencia sus ideas ingenuas en fenómenos que ocurren rápidamente (como la amputación de un miembro); tal vez piensan que cuánto más tiempo lleve adquirir una característica, más probable es que modifique los genes y se transmita a la descendencia, suposición razonada aunque incorrecta.

Stewart (1983) encontró que más de la mitad de una muestra de 27 estudiantes de Biología de High School resolvía correctamente problemas de dihíbridos, pero señala que su resolución no era significativa en muchos casos porque no eran capaces de relacionar la solución del problema con la meiosis.

Para Browning y Lehman (1988) las dificultades principales se centran en tres áreas:

- Primero, en la predicción del número de descendientes con cada fenotipo en un cruce genético, predicción en la que cometen muchos errores. Este hecho parece relacionarse con problemas en las destrezas básicas de cálculo de los sujetos.
- Segundo, en la determinación de la composición genética de los gametos paternos, determinación para la que encuentran notables dificultades: sitúan dos genes en cada gameto en los casos monohíbridos (o cuatro genes en los dihíbridos), o generan gametos con dos genes del mismo par. Todo ello supone una falta de comprensión de la meiosis.

- Tercero, en la asignación de proporciones fenotípicas donde, en lugar de dar una respuesta razonada, aplican rutinariamente las relaciones familiares (Ej. 3:1). Esto parece deberse a que intentan aplicar información previa a situaciones nuevas de una forma algorítmica o totalmente memorística e incorrecta.

Smith y Good (1984) confirman estos resultados en su estudio comparativo del comportamiento de expertos y novatos en la solución de problemas de Genética: los novatos enfocan la resolución como una tarea que requiere el uso de modelos de respuesta memorizados, mientras que los expertos aplican herramientas de razonamiento y análisis de tareas.

Hackling y Treagust (1984) investigaron las ideas sobre la herencia de una muestra de 48 alumnos de 15 años que había seguido un programa de seis semanas de estudio de Genética: la mitad de la muestra comprendía que herencia y reproducción se producen juntos, que las características de los hijos vienen de los padres (94%), que los genes correspondientes a estas características son portados por los gametos (48%), de modo que la prole presenta una mezcla de características de ambos padres (44%). Análogamente un 40% de la muestra comprendía que las características adquiridas no son hereditarias. Estas ideas pueden adquirirse a partir de experiencias concretas y se comprenden mejor que ideas más abstractas como las que se comentan a continuación:

- Muy pocos alumnos (13%) comprenden que todas las células del cuerpo tienen los mismo genes; un 65% de la muestra piensa que cada tipo de célula tiene una serie diferente de genes. Sólo un 23% de la muestra asocia crecimiento con mitosis; el 42% piensa que el crecimiento se produce por el proceso de división de células.
- Sólo el 2% comprendía que, aunque algunas características son controladas por un par de genes, otras son controladas por varios pares de genes. La falta de conocimiento de la herencia poligénica puede considerarse problemática pues muchas características humanas importantes (tamaño y forma del cuerpo, color del pelo, inteligencia, etc. y muchas anomalías hereditarias) son controladas por varios pares de genes.
- Sólo un 4% aplicó correctamente la existencia de formas alternativas de los genes (alelos) para explicar la aparición de formas diferentes de una característica dada y sólo un 10% comprendía que gametos diferentes del mismo padre pueden llevar genes alternativos para una característica dada, igual que pueden llevar cromosomas sexuales diferentes.

- Un 17% había asimilado que el azar determina el tipo de genes (características) que va a tener el bebé.
- Tampoco utilizaban correctamente las relaciones de dominancia entre genes; para un 54% el bebé tendría siempre el rasgo dominante, mientras un 27% predijo que lo tendrían 3 de 4 hijos. La falta de comprensión de la "ley de los grandes números" limita la capacidad para asimilar que en una familia normal, con pequeña descendencia, se producen desviaciones importantes de la relación fenotípica 3:1 que se basa en poblaciones grandes.
- Aunque más del 60% de los alumnos es consciente de que cromosomas y genes van por pares, así como que cada cromosoma lleva un gen del par, un 48% piensa que los gametos llevan los dos cromosomas (y genes) del par. Otro error común (48%) es que el "esperma lleva genes para la mitad de las características de la prole", en lugar de portar uno de los dos genes necesarios para cada característica. Sólo un 12% recordaba que los gametos se producen en procesos que implican división de células (menos, aún, recordaban que el proceso se llama meiosis).
- Aunque un 73% predecían correctamente el fenotipo a partir de los genotipos, tenían dificultades para explicar los términos de herencia dominante, recesiva y mezcla. Así un 57% explicaba la aparición de rasgos "intermedios" (dominancia incompleta) en términos de mezcla de genes.

Por último quisiéramos destacar, como señalan Stewart y Dale (1989) que la resolución correcta de problemas de formación de gametos y determinación correcta de fenotipos o rasgos característicos, no implica una comprensión adecuada de los modelos cromosómicos, sino únicamente la adquisición de unas destrezas algorítmicas para resolver estos problemas. Este hecho nos llevaría al diseño de pruebas totalmente diferentes en niveles superiores del currículum de Genética aunque, para ello, sería necesario que el currículum y los textos escolares dieran más importancia a los modelos cromosómicos y presentaran más y mejores diagramas sobre los procesos de duplicación o reducción y división en la mitosis y la meiosis.

Teniendo presentes, pues, los resultados anteriores, así como la edad y el currículum de los alumnos a los que van dirigidas nuestras pruebas, se plantearon tareas como las que se describen a continuación con el objetivo de comprobar si nuestros alumnos presentan esquemas alternativos, como los mencionados en la bibliografía, y si utilizan razonamientos correspondientes a las operaciones formales.

### *Comprensión de conceptos*

Quizá el procedimiento más adecuado para estudiar en profundidad cómo valoran los alumnos la influencia de los genes y de los factores ambientales en el desarrollo de los individuos es la entrevista piagetiana, entrevista que se ilustra en el Cuadro 2.14. No obstante, como ya hemos señalado en casos semejantes, debido a la dificultad que supone su uso para evaluar a un gran número de alumnos, hemos optado por plantear varias tareas de opción múltiple de tipo diagnóstico, tareas que implican explicar o predecir la herencia de características adquiridas en procesos que implican períodos diferentes de tiempo, tareas semejantes a la que se presenta en el Cuadro 2.15.

#### Cuadro 2.14. Ejemplo para evaluar la comprensión mediante una entrevista clínica

• Tú sabes que desde que apareció la vida sobre la Tierra, las especies animales han ido evolucionando. Por ejemplo, la longitud del cuello de la jirafa puede ser el resultado de la adaptación al medio de animales antiguos con un cuello más corto ... ¿cómo crees tu que puede haberse producido la evolución?

Según el modelo evolutivo que haya desarrollado el alumno puede dar dos tipos de explicación:

- a) Los animales herbívoros, al agotarse las hojas inferiores de los árboles, tendrían que esforzarse para alcanzar las hojas más elevadas. Este esfuerzo iría alargando poco a poco su cuello y, al cabo de muchísimas generaciones, se llegaría al cuello actual.
  - a) Al agotarse las hojas inferiores, sobreviven aquellos animales que consiguen llegar a las hojas más altas y de esta forma se va seleccionando la especie.
- También has estudiado que las características pasan de padres a hijos a través de los genes. ¿Tú crees que estas variaciones afectan a los genes? Si tu haces mucha gimnasia y desarrollas una gran musculatura, ¿se modificarán tus genes y se la transmitirás a tus hijos?

Si el alumno sigue evidenciando la creencia en que las características adquiridas se pueden heredar y modifican los genes, puede profundizarse en sus ideas con preguntas como ... ¿Cuánto tiempo crees que se necesitará para que los factores ambientales o la práctica continuada produzcan un cambio en los genes? ...

Por último podría sondearse la opinión del alumno sobre la mutación.

Cuadro 2.15. Ejemplo para evaluar la comprensión mediante tareas de opción múltiple.

Un padre pierde un brazo a causa de un accidente de tráfico, cuando tenga hijos, ¿les faltará también ese brazo? Señala cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta:

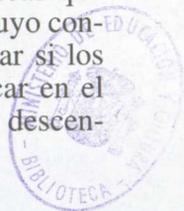
- a) El corte de un brazo es un proceso demasiado rápido para que se produzcan los cambios pertinentes en los genes del padre y se transmitan al hijo.
- b) En ambos casos los hijos tendrán dos brazos ya que la pérdida de un miembro es algo que no se puede heredar pues esa información no pasa a los genes.
- c) Como al padre le faltan las células correspondientes al brazo, éstas no tienen la posibilidad de reproducirse y, por lo tanto, el hijo nacerá sin un brazo.

Una muchacha que ha vivido en Africa desde niña ha sufrido un ligero oscurecimiento de su piel ("se ha puesto morena") debido a una mayor exposición a los rayos del sol. Si contrae matrimonio con un joven que también vive en Africa desde niño, ¿qué se puede predecir del color de piel de sus descendientes cuando nazcan? Señala cuál es la predicción correcta.

- a) El color de la piel al nacer queda determinado por la información genética contenida en los genes de sus padres, que es la de piel clara.
- b) Al adaptarse los cromosomas paternos al nuevo clima, heredan unos cromosomas ya adaptados y, por tanto, nacen con una piel más oscura.
- c) Al oscurecerse la piel se producen cambios en los genes, pero son cambios tan lentos que no hay tiempo suficiente y los hijos nacen con piel clara.

*Capacidad de comprensión de textos relacionados con el tema*

Uno de los objetivos fundamentales de este ciclo de la E.S.O. es el desarrollo de la comprensión lectora. Por ello, se han incluido tres tareas que analizan la comprensión de un texto científico original de Mendel, cuyo contenido coincide con lo estudiado en el tema. Se trata de comprobar si los alumnos captan que la idea principal que Mendel quiere comunicar en el texto es la "existencia de relaciones numéricas entre el número de descen-



dientes con cada una de las características" o si, al contrario, se quedan en los aspectos superficiales del texto como "la obtención de semillas redondeadas o angulosas, amarillas o verdes". El diseño de la tarea para la evaluación de esta capacidad se ha realizado en base al modelo de comprensión lectora que se describe en el Capítulo 5 de esta memoria.

El texto propuesto se utiliza también para evaluar la capacidad de razonar de forma deductiva y de hacerlo, además, estimando proporciones. Para ello, en primer lugar, supuesto que los alumnos comprendan el significado de los conceptos "gen dominante" y "gen recesivo", deben inferir de los resultados de los experimentos referidos en el texto cuáles son los caracteres dominantes y cuales los recesivos, así como la relación numérica obtenida. Y, en segundo lugar, deben estimar la relación proporcional entre los diferentes tipos de guisantes que aparecen citados en el texto.

### *Razonamiento y solución de problemas*

Finalmente, se han diseñado algunas tareas para evaluar la aplicación del razonamiento combinatorio y probabilístico, así como del modelo estudiado, a la resolución de problemas genéticos. Un ejemplo de este tipo de tareas se presenta en el Cuadro 2.16. La primera de las tareas propuestas trata de evaluar la capacidad de estimación de combinaciones diferentes; la segunda, constituye un problema de razonamiento deductivo fácil de resolver supuesto que se posea un modelo adecuado respecto a la forma en que pueden combinarse los gametos; en cuanto a la tercera, implica hacer una predicción de tipo probabilístico supuesto que se conozcan las características genéticas de unos y otros y la recesividad del gen en cuestión. Obviamente, este tipo de problemas puede plantearse de forma abierta, pidiendo al sujeto que indique la razón de sus respuestas.

#### *2.5.3. Contraste del modelo.*

##### *2.5.3.1. Muestra.*

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 141 alumnos de 8º de EGB, niños y niñas, procedentes de un colegio concertado de Alcobendas (Madrid) y de otro, también concertado, de Madrid capital. Cinco profesores que impartían clase de Ciencias de la Naturaleza a los grupos de alumnos examinados valoraron, a su vez, la relevancia de las tareas propuestas y el grado de dominio de las mismas que era de-

Cuadro 2.16. Razonamiento combinatorio, probabilístico y deducción de conclusiones.

Para que una persona sea pelirroja, los dos cromosomas de la pareja que lleva la pareja de genes *color del pelo* deben llevar la información *pelo de color rojizo*, pues éste es un carácter recesivo. Representemos con **A** el carácter dominante (negro, por ejemplo) y por **a** el carácter recesivo para el pelo pelirrojo.

- Una pelirroja (con genotipo **aa**) contrae matrimonio con un hijo de un pelirrojo (con genotipo **Aa**), señala qué tipo de combinación de genes (genotipos) no puede resultar nunca de este matrimonio.

AA    Aa    aa

- Teniendo en cuenta que cada padre aporta un gen al hijo y que las combinaciones son totalmente aleatorias, completa la tabla siguiente:

		MADRE	
			a
PADRE	A	Aa	
			aa

- Si tuviéramos un número suficientemente grande de matrimonios entre pelirrojos e hijos de pelirrojo, la proporción de pelirrojos en estos matrimonios sería:

- No habría ningún pelirrojo, puesto que es un carácter recesivo y solamente se manifiesta el carácter dominante.
- La mitad de los descendientes serán pelirrojos, mientras que la otra mitad no tendrán cabellos de color rojo.
- La cuarta parte de estos descendientes será pelirrojo, mientras que las otras tres cuartas partes no lo serán.

seable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

### 2.5.3.2. Validez social del contenido del modelo.

La tabla 2.16 recoge los datos correspondientes a la valoración que los cinco profesores que aplicaron la prueba en su clase han hecho de la relevancia de las diferentes tareas y de ésta en su conjunto, así como el grado de dominio que consideran que deben alcanzar los alumnos.

Como puede comprobarse, los profesores han otorgado a la prueba una relevancia media - 5,40 -que equivale al 77% del máximo posible (7), lo cual

Tabla 2.16: Prueba: "Nociones de Genética".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.40	.55	80.00	9.13
2	2.40	.55	71.25	16.52
3	2.00	.71	70.00	10.80
4	2.40	.55	76.25	11.09
5	2.40	.55	76.25	12.50
6	2.40	.55	78.75	14.36
7	1.80	.84	78.50	18.95
8	2.20	.84	78.75	14.36
9	2.00	.71	76.25	16.01
10	2.00	.71	79.75	16.44
11	1.80	1.09	74.75	23.46
12	2.00	.71	75.00	10.00
13	2.00	.71	77.50	12.58
14	2.00	.71	77.50	12.58
15	2.00	.71	77.50	12.58
16	2.00	.71	77.50	12.58
17	1.80	1.09	70.00	18.26
18	1.80	1.09	67.50	15.00
19	1.60	.89	70.00	18.26
20	1.60	1.14	63.75	14.93
21	1.60	1.14	62.50	9.57
22	1.80	1.09	67.50	15.00
23	1.80	1.09	65.00	12.91
24	2.00	1.22	72.50	20.62
25	1.60	.89	66.25	13.77
26	1.60	.89	66.25	13.77
27	1.60	.89	68.75	17.50
28	1.20	.84	53.75	11.09
Prueba	5.40	1.67	68.00	13.04

significa una valoración bastante positiva. En cuanto a las diferentes tareas, se consideran como más relevantes (2.4) las 1, 2, 4, 5 y 6, relativas al tipo de información aportada por cada célula y a la distribución de características, genes y cromosomas. Las tareas 3 (número de genes que controla cada característica, con 2.0) y 7 (similitud de la información portada por todas las células, independientemente de su función, con 1.8) presentan una relevancia algo menor.

La relevancia de las cuatro tareas (8, 9, 10 y 11) relativas a la influencia de los genes, características adquiridas y factores ambientales en el desarrollo de la descendencia oscila entre 1.8 (teñido del pelo) y 2.2 (amputación de un brazo). Las tareas 12 a 16, que implican el reconocimiento de dominancia y recesividad, así como el establecimiento del tipo de genotipo correspondiente a un rasgo dado, presentan una relevancia análoga y de valor medio (2.0). En cambio, cuando las tareas plantean al alumno la predicción del fenotipo correspondiente a genotipos dados, la formación de las combinaciones necesarias para la formación de gametos o las relaciones numéricas obtenidas (tareas 17, 18, 19 y 20), la relevancia desciende a 1.8 y 1.6. Esos mismos valores se asignan a las tres tareas correspondientes a la comprensión del texto de Mendel (tareas 21, 22 y 23), menor para el reconocimiento de la idea principal (1.6), que para el establecimiento de los caracteres dominantes o de las relaciones numéricas obtenidas (1.8).

En lo que respecta al reconocimiento del cromosoma ligado al sexo, se valora más el simple conocimiento (tarea 24, con 2.0) que su aplicación para la predicción de varones o hembras daltónicos (tareas 25, 26 y 27). La tarea 28, que nuevamente implica el reconocimiento de la relación numérica entre los diferentes fenotipos de una descendencia, es la que presenta la relevancia menor.

En cuanto al dominio exigido, los profesores repiten la valoración asignada a la relevancia. Sólo la tarea 28 (la menos relevante) no llega al 55%. A continuación - entre un 62.50 y un 68.75 - están las tareas relativas a la comprensión del texto de Mendel, las predicciones ligadas con el sexo y la formación de gametos. En cambio se exige un dominio entre el 70 y el 80 % al simple reconocimiento del significado de los cromosomas X e Y (72.50), a la comprensión y aplicación de la ley de la dominancia, a la comprensión de los conceptos genéticos y a la valoración de la no influencia de las características adquiridas en la herencia. Por último, los profesores consultados consideran, en promedio, que los alumnos deben superar el 68% de la prueba, tomada en su conjunto, para poder considerar que su conocimiento de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluados es suficiente.

Los resultados son coherentes con los encontrados en otras pruebas: Se consideran más relevantes y se exige un grado de dominio mayor a las tareas que requieren una comprensión conceptual. En las tareas que exigen la aplicación de un modelo para predecir las características de la prole, se asigna una relevancia y un dominio mayor a las tareas que únicamente implican una variable (color de los ojos o del pelo) que a las que implican dos (daltonismo y sexo). Tareas menos relevantes y que requieren menos dominio son, precisamente, las que suponen comprensión lectora y aplicación de razonamiento combinatorio o probabilístico (Objetivos importantes de este ciclo de la E.S.O.).

### 2.5.3.3. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

El estudio del índice de dificultad de la prueba, muestra los resultados que se presentan en la Tabla 2.17. Puede observarse que la mitad de los elementos se encuentran en el tercio medio de dificultad (Med. = 51.0), una tercera parte se encuentra en el tercio inferior (Med. = 81.0) y sólo 4 tareas están en el tercio superior (Med. = 24.4). La prueba en su conjunto presenta, por tanto, una dificultad intermedia tirando a baja (57.9).

La misma tabla recoge el número de sujetos que ha elegido cada una de las alternativas. A continuación se examinan las tareas que presentan los mayores índices de dificultad, así como los porcentajes con que se han elegido las alternativas incorrectas para poder identificar las dificultades experimentadas por los alumnos y, por tanto, poder establecer las estrategias didácticas adecuadas para ayudarles a superarlas.

Dos de los elementos más difíciles (19.9 y 32.6%) son los relativos a la comprensión de que todas las células llevan toda la información genética del individuo (tareas 1 y 7), dándose la situación de que la alternativa elegida como **incorrecta** con más frecuencia (73.8%) en la tarea 1 es "*cada célula del cuerpo de Luisa lleva toda la información de su cuerpo, tanto la relativa al pelo como la relativa a los ojos y al pie*", mientras que en la tarea 7, el porcentaje mayor de alumnos (45.4) elige como opción **correcta** la que afirma que "*el conjunto de genes de las células del pulmón, de los bronquios y de la piel son diferentes porque sus funciones son distintas*". Queda patente que este concepto, fundamental para la comprensión de cómo se transmite la herencia y como se desarrolla el ser vivo a partir del cigoto, necesita recibir mayor atención durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, algo que no se le suele dar por considerarlo, probablemente, "evidente". Las otras dos tareas con mayor dificultad son la comprensión de la idea principal del texto de Mendel

Tabla 2.17. Prueba: "Nociones de Genética". Frecuencia con que ha sido escogida cada alternativa e índice de dificultad de cada elemento.

n=141		Alternativas									
Elemento	a	b	c	0	ID	Elemento	a	b	c	0	ID
1	9	104	28	0	19.9	15	8	24	106	3	75.2
2	56	28	44	13	39.7	16	79	26	29	7	56.0
3	60	17	59	5	42.6	17	Corr. = 111; Incorr. = 24				82.2
4	53	69	14	4	37.9	18	88	17	16	14	65.2
5	39	28	72	2	51.1	19	Corr. = 102; Incorr. = 33				75.6
6	88	49	4	0	62.4	20	18	51	51	15	37.8
7	64	27	46	4	32.6	21	24	70	40	1	29.6
8	7	129	4	1	91.5	22	11	107	11	6	79.3
9	46	34	59	2	41.8	23	96	18	11	10	71.1
10	93	33	14	1	66.0	24	13	83	34	5	61.5
11	2	3	136	0	96.5	25	a=8; b=30; c=4; d=85; 0=8				63.0
12	23	100	17	1	70.9	26	a=18; b=74; c=1; d=27; 0=15				54.8
13	8	24	108	1	76.6	27	Corr. = 46; Incorr. = 89				34.1
14	5	7	129	0	91.5	28	a=11; b=54; c=21; d=37; 0=12				15.6

NB: La segunda parte de la prueba, constituida por los elementos 17 al 28, sólo fue realizada por 135 alumnos.

0= No han respondido la pregunta. ID= Índice de dificultad (% de aciertos)

(cuestión 21, ID = 29.6) y el reconocimiento de la relación numérica existente entre fenotipos con características dominantes y recesivas (con mayor dificultad la cuestión 28 - 15.6 - que la 20 - 37.8 - debido al tipo de presentación de la relación: simbólica en la primera y verbal en la segunda). Estos resultados concuerdan con las opiniones aportadas por los profesores sobre la relevancia atribuida a las distintas preguntas.

En el tercio medio de dificultad se encuentran todas las tareas relativas a la comprensión de los conceptos de cromosoma, gen, su distribución y número (2, 3, 4, 5 y 6; Med. = 46.7 %).

Las cuatro tareas relativas a la influencia de los genes, características adquiridas y factores ambientales presentan dificultades heterogéneas; así las dos relativas a procesos "no naturales" (amputación y teñido, 8 y 11) resultan muy fáciles (por encima ambas de 90%), mientras que un 23% considera que "*al adaptarse los cromosomas paternos al nuevo clima, heredan unos cromosomas más adaptados y, por tanto, nacen con una piel más oscura*"; en cuanto a la tarea relativa al sida, un 41.8% considera que "*los genes heredados llevan la información del sida porque es una enfermedad de transmisión sexual*".

La comprensión de los caracteres de dominancia y recesividad y el reconocimiento del tipo de genotipo correspondiente a un rasgo dado resulta fácil para los alumnos cuando sólo hay un rasgo implicado (tareas 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18; Med. = 73.9) y algo menos cuando hay dos (daltonismo y sexo en las tareas 25 y 26; Med. = 58.9). Esta misma dificultad en el manejo de dos variables se observa en las dos tareas de formación de combinaciones para la determinación de gametos (con un índice de dificultad de 75.6% en la tarea 19 y 34.1% en la 27).

#### 2.5.3.4. Calificación y punto de corte.

##### *Establecimiento de categorías*

Para establecer un perfil de puntuaciones que permita tomar decisiones sobre el nivel alcanzado por los alumnos, las distintas tareas se han agrupado en las categorías y subesquemas recogidos en la Tabla 2.18. Dicha tabla presenta también la nota media obtenida por la muestra de estudiantes en dichas categorías y subesquemas, tras transformar las puntuaciones directas en las puntuaciones correspondientes en una escala de diez puntos para facilitar su comparación, así como la fiabilidad (consistencia interna, índice  $\alpha$ ) de las escalas que pueden formarse a partir de las puntuaciones antes de su transformación.

Puede observarse que, reforzando lo indicado en la revisión bibliográfica, la media más alta se encuentra en la categoría *Comprensión y aplicación de la ley de la dominancia* que engloba aquéllas tareas que, aunque implican razonar, se pueden resolver por aplicación de un algoritmo. En cambio categorías que requieren comprensión de conceptos, como la *Comprensión de la*

Tabla 2.18. Prueba "Nociones de Genética"  
Categorías que integran el perfil de puntuaciones: Composición  
y puntuaciones medias.

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Comprensión información portada por la célula	1, 7	141	2.62	3.46
b) Comprensión naturaleza genes, cromosomas y su distribución	2, 3, 4, 5, 6	140	4.66	2.25
c) Valoración naturaleza información genética	8, 9, 10, 11	141	5.91	1.67
Comprensión conceptos Fiabilidad $\alpha = .30$	a+b+c	141	5.29	1.47
d) Comprensión y aplicación ley dominancia	6, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23	131	7.03	1.80
e) Comprensión y aplicación de la herencia ligada al sexo	24, 25, 26, 27, 28	135	4.50	2.52
Razonamiento Fiabilidad $\alpha = .65$	d+e	131	6.28	1.72
f) Comprensión idea principal texto científico	21	135	2.96	4.58
PRUEBA COMPLETA Fiabilidad $\alpha = .59$	a+b+c+d+e+f	131	5.79	1.29

*información portada por la célula o la comprensión lectora*, presentan medias inferiores en más de dos puntos al cinco tradicional (2.6 y 2.9, respectivamente). También puede comprobarse la gran dispersión de los datos en estas categorías, con desviaciones superiores al propio promedio. Si comparamos estas medias con la nota equivalente al nivel de dominio exigido por los profesores (7.9 y 6.2), queda claro que son aspectos en que el grupo en su conjunto encuentra dificultades y a los cuales debe prestarse una atención especial, buscando estrategias de instrucción más adecuadas.

### *Capacidad discriminativa*

Como en casos anteriores, el hecho de que los índices de fiabilidad sean bajos o moderados pone de manifiesto que se están evaluando conocimientos heterogéneos. La agregación de las puntuaciones, pues, tendrá sentido en la medida en que los distintos elementos contribuyan de modo significativo a la capacidad discriminativa de la prueba, lo que supone examinar los diferentes índices de homogeneidad. Con este fin se presentan en la Tabla 2.19 las correlaciones de cada una de las categorías establecidas con las tareas individuales que la componen, así como las correlaciones de las distintas categorías con los subesquemas correspondientes y con el total de la prueba. Como puede observarse, se supera ampliamente el valor estándar de 0.25; esto indica que la contribución de las tareas individuales a la valoración de las diferentes categorías establecidas es aceptable.

También puede comprobarse que las diferentes subescalas, desde la A a la E, contribuyen de manera significativa a la capacidad discriminativa de las puntuaciones totales, tanto la relativa a la reorganización del esquema conceptual sobre la naturaleza de genes y cromosomas y la información que portan como la relativa a la capacidad de razonar aplicando los conocimientos relativos a las leyes de la herencia y, así mismo, la relativa al conjunto de conocimientos sobre la herencia (puntuación total). La menor correlación de la subescala "comprensión de la idea principal con este esquema probablemente se deba a que consta de un único elemento, lo que hace que su peso en la puntuación final sea menor que el de las restantes subescalas.

Queremos destacar que, en este caso, la mayor dificultad de las categorías relativas a *Comprensión de la información de la célula (A)* o *Comprensión de la idea principal de un texto científico (F)* no se refleja en una menor correlación, lo cual se puede explicar por la gran dispersión que presentaban los datos y que señala, probablemente, un buen valor discriminativo de dichas tareas (muy importantes, por otro lado, para una correcta asimilación de la Genética). Como conclusión, la agrupación de las tareas individuales en las categorías propuestas se puede considerar adecuada y usarse como base para la calificación.

### *Establecimiento del punto de corte*

Para establecer el punto de corte seguimos el mismo proceso que en los casos anteriores, ya descrito en el capítulo 1, y que supone ponderar las notas equivalentes al grado de dominio que los profesores encuestados propo-

Tabla 2.19: Prueba "Nociones de Genética". Índices de homogeneidad.

Elemento	Índice	Escala de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte
1	.75	A) Comprensión de la información de la célula	6	.28	D) Comprensión de la ley de dominancia: raz. deductivo.
7	.83		12	.39	
			13	.43	
2	.44	B) Comprensión de la naturaleza de los genes y los cromosomas	14	.28	
3	.49		15	.45	
4	.48		16	.40	
5	.38		17	.41	
6	.45		18	.40	
8	.47	C) Valoración de la naturaleza de la información genética	19	.55	
9	.70		20	.42	
10	.65		22	.37	
11	.27		23	.44	
24	.44	E) Conocimiento de la herencia ligada al sexo <sup>1</sup> : razonamiento deductivo (RD).			
25	.68				
26	.59				
27	.40				
28	.48				

Correlación de cada subescala con el subesquema al que pertenece y con el total de la prueba.		
	Esquema	Total
	<i>Esquema conceptual</i>	.58
Comprensión información portada célula (A)	.53	.34
Comprensión naturaleza genes y cromosomas (B)	.72	.36
Valoración naturaleza información genética (C)	.63	.42
	<i>Razonamiento</i>	.87
Comprensión y aplicación ley dominancia (D)	.92	.81
Herencia ligada al sexo (E)	.73	.62
Comprensión idea principal texto científico (F)		.27

1. La categoría "F", comprensión de la idea principal de un texto científico, no se incluye aquí obviamente por constar de un único elemento.

nen exigir a los alumnos en cada una de las categorías tomando como base la proporción que la relevancia de las mismas representa respecto a la relevancia total atribuida a la prueba; la suma de las puntuaciones ponderadas resultantes nos proporcionará la calificación criterio. La Tabla 2.20 recoge los resultados del proceso descrito.

Tabla 2.20. Prueba "Nociones de Genética".  
Ponderación de las diferentes categorías de puntuación

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equi- valen- te.	(c) Relevan- cia:Pro- porción del total	(cxb) Nota ponde- rada exigida	(d) Media real	(cxd) Media real ponde- rada
CATEGORÍAS						
a) Conoc. de la información que porta la célula	79.25	7.9	.182	1.44	2.62	.48
b) Conoc. de la naturaleza de genes y cromosomas	74.50	7.5	.201	1.50	4.66	.94
c) Conoc. de la naturaleza de la información genética	77.38	7.7	.174	1.34	5.91	1.03
d) Comp. y aplicación de la ley de dominancia	72.29	7.2	.165	1.19	7.03	1.16
e) Herencia ligada al sexo: comprens. y razonam.	65.50	6.6	.139	0.91	4.50	.69
f) Comprensión de la idea principal de un texto	62.50	6.3	.139	0.87	2.96	.41
Dominio medio exigido: Punto de corte: Medias (real y ponderada):	71.90	7.2		7.26	5.79	4.70

Como puede comprobarse, la media real y la media ponderada difieren casi en un punto y, además, la última está más de dos puntos por debajo de la nota propuesta por los profesores como punto de corte deseable para decidir si los alumnos han superado los objetivos propuestos para continuar estudios

más avanzados. Este hecho se da en todas las categorías, salvo en *Comprensión y aplicación de la ley de la dominancia* en la cual, como ya se ha citado, se puede aplicar un algoritmo de forma memorística. De nuevo, queda recalcada la dificultad de categorías como *Comprensión de la información que lleva la célula* (¡cinco puntos por debajo de la nota propuesta por los profesores) y *Comprensión de la idea principal*. En el primero de estos casos puede que el resultado no se deba a la dificultad del concepto implicado, ya que cabe una explicación alternativa. Es posible que lo que consideramos como "falta de comprensión de la información contenida en la célula" no sea sino el resultado de una enseñanza incompleta. Si los profesores sólo enseñan cómo las "células sexuales" se separan y combinan para dar lugar a un nuevo ser, y no mencionan o hacen suficientemente explícito el hecho de que, una vez formado el cigoto, todas las células proceden del mismo y tienen la misma información, entonces es lógico que los alumnos echen mano de sus ideas previas para responder a aquello por lo que se les pregunta. En cualquier caso, si los profesores asignan a estos conocimientos un nivel de dominio del 79% es porque los consideran aspectos importantes para una comprensión conceptual correcta de la Genética y, dadas las medias tan bajas obtenidas por los alumnos, está claro que es necesario buscar nuevas estrategias de aprendizaje que permitan mejorar estos resultados. En cuanto a la baja puntuación alcanzada en comprensión textual (F), es posible que un sólo texto no sea suficiente para valorarla. En cualquier caso, dada la importancia conferida por los profesores a la comprensión de este texto, parece necesario también que el entrenamiento de la comprensión lectora se realice de modo explícito en el contexto de los contenidos de los distintos temas, algo que puede hacerse como hemos mostrado en otros trabajos (Alonso Tapia, 1991, cap. 5). No obstante, a la vista tanto de nuestros resultados como de los de la literatura revisada, tal vez sería conveniente dejar estos contenidos para niveles superiores en donde pueda realmente comprender los conceptos implicados y no sólo aprender un algoritmo.

## **2.6. Ejemplo 5: Diversidad y unidad de estructura de la materia**

### *2.6.1. Objetivos instruccionales y esquema de los conocimientos a adquirir.*

El quinto de los temas seleccionados para desarrollar el modelo de evaluación que proponemos para el área de Ciencias de la Naturaleza es "Diversidad y unidad de estructura de la materia", correspondiente al primero de los bloques de contenido de éste área enumerados en el DCB. Debido a que

los fenómenos e ideas que en él se tratan son fundamentales para abordar el estudio de los contenidos propios de otros bloques, el propio DCB señala que puede impartirse en su mayor parte durante el primer ciclo de la ESO, razón por la que también hemos seleccionado este tema para ilustrar el modelo de evaluación que proponemos.

Los contenidos a que nos referimos incluyen dos partes bien diferenciadas. Por un lado, se busca introducir al alumno en el conocimiento de las propiedades que permiten caracterizar los sistemas materiales (masa, volumen, densidad, temperatura de fusión y ebullición, etc.) para que pasen a continuación a estudiar los diferentes estados de agregación en que se encuentra la materia y la clasificación de la misma en mezclas (heterogéneas u homogéneas) y sustancias puras. Por otro lado, se pretende que el alumno llegue a comprender y explicar la naturaleza discontinua de la materia mediante la elaboración de un modelo cinético-corpúscular, uno de los objetivos educativos principales de la mayoría de los currículos de Ciencias de la Escuela Secundaria. Esta idea de que la materia no es continua, sino que está constituida por partículas resulta fundamental para explicar el comportamiento de la materia y sus cambios.

El planteamiento del estudio de los contenidos anteriores durante el primer ciclo de la ESO pretende que los alumnos se planteen y busquen respuesta a preguntas tales como:

- ¿De qué están hechas las cosas?
- ¿Están hechas todas las cosas de las mismas sustancias?
- ¿Qué clases de sustancias hay?
- ¿Qué propiedades permiten distinguir las diferentes sustancias?
- ¿Qué características distinguen una sustancia heterogénea de una sustancia homogénea?
- ¿Cómo podemos saber si una sustancia es pura o si se trata de una mezcla homogénea?
- ¿A qué se debe que dos cuerpos que ocupan el mismo volumen puedan tener masas diferentes?
- ¿Qué explicaciones ha ido dando la Ciencia al problema de la constitución de la materia?
- ¿Qué diferencia existe en la estructura de un compuesto y la de un elemento?
- ¿Cómo explica el modelo cinético corpúscular los procesos de calentamiento y de cambio de estado de agregación de la materia?
- ¿Cómo explica el modelo cinético corpúscular los procesos de disolución?

- ¿Qué modelos ha ido desarrollando la Ciencia para explicar el comportamiento de los diferentes elementos atómicos?
- ¿Qué fenómenos explica el modelo atómico de Dalton? ¿Qué fenómenos condujeron a su modificación?

Todo ello va encaminado a que el alumno adquiera una visión de la Ciencia como actividad humana que busca explicar los fenómenos naturales a partir de modelos que han ido evolucionando a lo largo de la Historia. Y también que valore la importancia de la contrastación de dichos modelos con la realidad a partir de la experimentación, lo cual permite el desarrollo de diferentes capacidades (en la línea de la Taxonomía de Objetivos del Aprendizaje de las Ciencias de L.E. Klopfer) como:

- Comprensión de los conceptos básicos de la Ciencia, como volumen, masa y densidad .
- Conocimiento de tendencias y secuencias, como puede ser el proceso de calentamiento de un trozo de hielo (variación de las magnitudes macroscópicas como masa, densidad y temperatura; comportamiento de las partículas, etc.)
- Conocimiento de la clasificación de la materia en sustancias heterogéneas, homogéneas y puras, así como de los criterios de clasificación.
- Conocimiento de la clasificación de las sustancias puras en elementos y compuestos, reconociendo el por qué de la misma.
- Identificación de elementos, sustancias puras y algunas mezclas, importantes por su utilización en el laboratorio, la industria y la vida diaria.
- Selección de pruebas adecuadas para la contrastación de una hipótesis, falsación de hipótesis y control de variables, relativas a los modelos atómicos.
- Procesamiento de datos experimentales.
- Interpretación de observaciones y datos experimentales (Lectura e interpretación de gráficos).
- Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo, reconociendo el comportamiento de las partículas en procesos físicos (calentamiento, disoluciones).
- Reconocimiento de la importancia de los modelos y de su confrontación con los hechos empíricos.

La determinación de si se han cumplido los objetivos anteriores exige, como en los ejemplos anteriores, dar una serie de pasos. En primer lugar, es preciso especificar el tipo de reorganización conceptual que se pretende que

realicen los alumnos, reorganización que se refleja en los mapas conceptuales relacionados que se presentan en las Figuras 2.6(A), 2.6(B) y 2.6(C).

Como puede comprobarse examinando el primero de los mapas señalados, el primer objetivo que se busca es que el alumno comience confrontando las propiedades macroscópicas de los cuerpos, propiedades que son observables, con las propiedades microscópicas, que ya no son observables pero que tienen que ser contrastadas con la experiencia.

Posteriormente se busca que, a partir del comportamiento de las sustancias en procesos físicos (decantación, disolución, calentamiento etc.) y en procesos químicos, los alumnos lleguen a establecer una clasificación de las sustancias, para llegar al concepto de sustancia pura. La diferenciación entre elementos y compuestos, conceptos que constituyen el núcleo principal del mapa de la Figura 3.6 (B), surge del hecho de que las partículas que los constituyen sean iguales o diferentes.

Sin embargo, el comportamiento de las partículas, en todos los casos, se puede describir mediante el modelo cinético corpuscular de la materia, modelo que se recoge en el mapa conceptual de la Figura 2.6 (C). Este modelo, incluso a nivel muy elemental (conservación del número y tamaño de las partículas, variación de las fuerzas de enlace, las distancias y las velocidades de las mismas), permite describir el diferente comportamiento de la materia en sus tres estados - sólido, líquido y gaseoso - y, a su vez, se ve confirmado al predecir los fenómenos físicos. De forma análoga, los modelos atómicos, al describir la estructura interna de las partículas, permiten describir cómo se unen los átomos para constituir las moléculas, explicando el comportamiento de la materia en los cambios químicos, y siendo contrastados por los mismos.

### *2.6.2. Tareas y criterios de evaluación.*

El segundo paso para diseñar la evaluación es determinar el tipo de tareas que pueden ser buenos indicadores de la comprensión de los distintos elementos del mapa conceptual. En este caso, como puede verse en el Apéndice 2.5, se ha optado principalmente por tareas que obligan al alumno a explicar fenómenos físicos y químicos a partir del modelo cinético corpuscular y a clasificar sustancias en base a su composición, tareas que ponen de manifiesto fundamentalmente las representaciones en base a las que razonan y la capacidad de resolver problemas que implican un adecuado control de variables para poder llegar a conclusiones aceptables. Evidentemente existen otros tipos de capacidades - comprensión y producción de textos escritos,

Figura 2.6 (A): Mapa conceptual básico del tema "Diversidad y unidad de estructura de la materia", para alumnos de 13-14 años.  
 Parte A: Propiedades de los cuerpos.

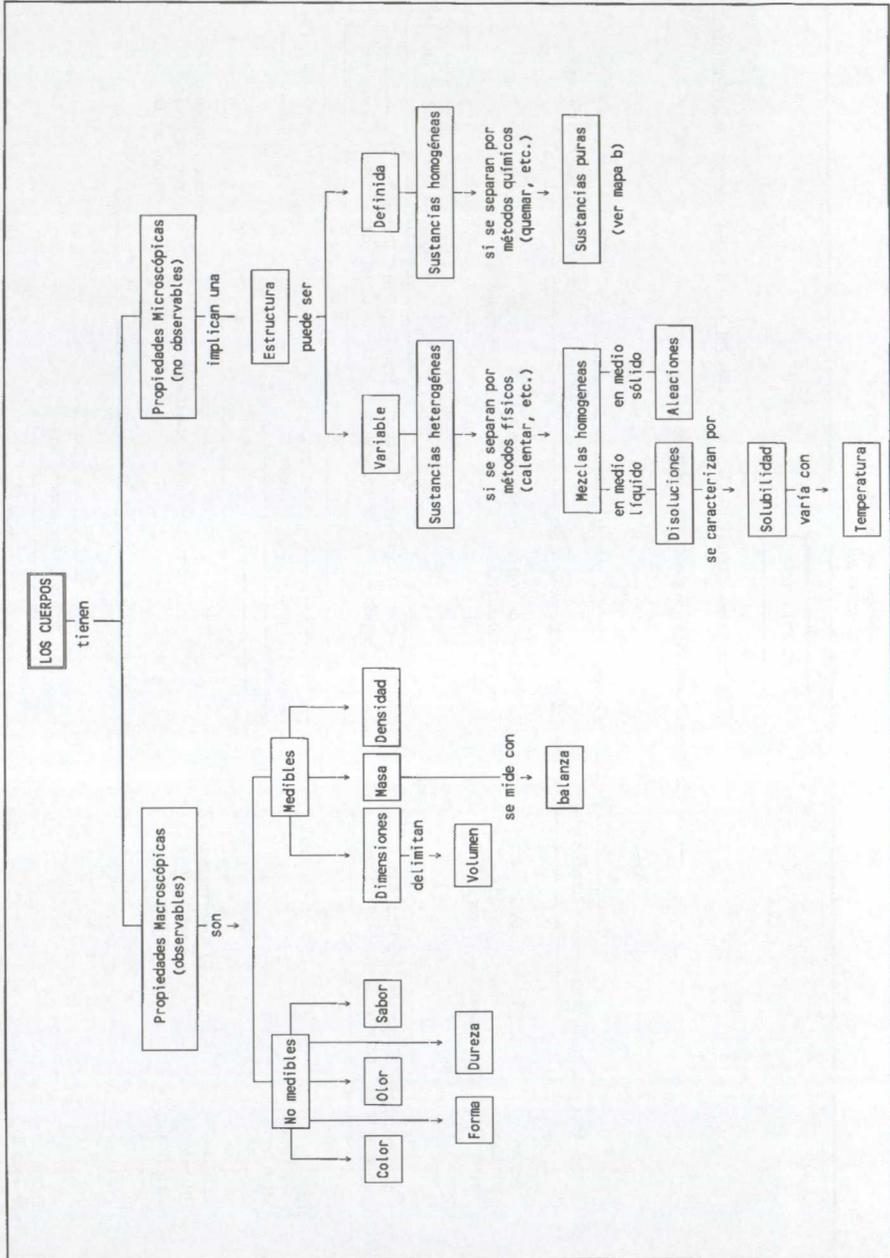
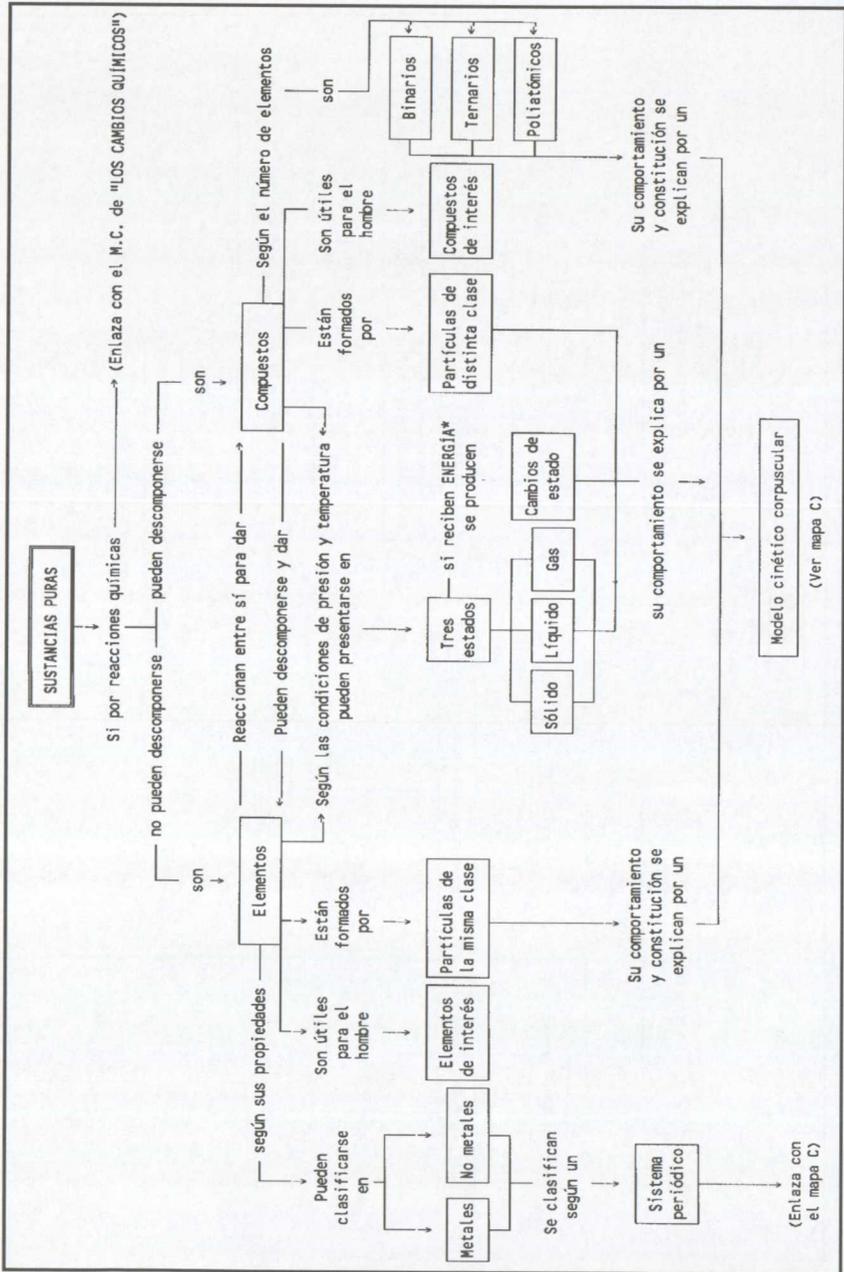
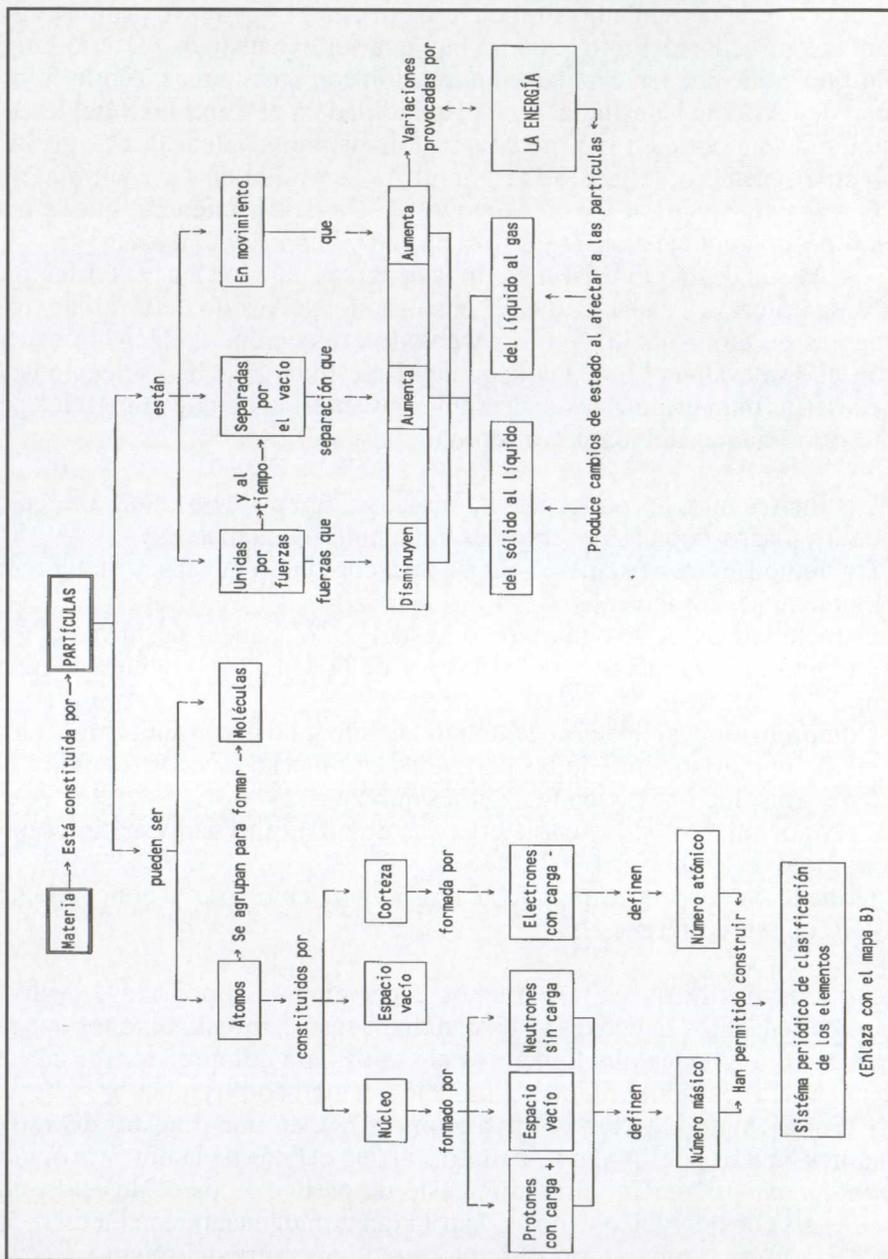


Figura 2.6 (B): "Diversidad y unidad de estructura de la materia" Parte B: Sustancias puras.



\* Enlaza con el mapa conceptual del concepto "ENERGÍA".

Figura 2.6 (C): "Diversidad y unidad de estructura de la materia"  
 Parte C: Partículas (Modelo Cinético Corpuscular)



traducción de un lenguaje simbólico a otro, etc. - que no se evalúan en estas tareas, pero consideramos que no hay que ser exhaustivos para no fatigar al alumno y que pueden evaluarse en relación con otros temas. Así la comprensión de textos se ha estudiado en profundidad en el Capítulo 3 del tercer volumen de esta obra, en la prueba desarrollada para evaluar directamente este objetivo, primero de la E.S.O., y también se evalúa en *La reproducción de los seres pluricelulares* y en *Nociones de Genética*, mientras que la traducción de un lenguaje a otro se utiliza en *Los cambios químicos*.

Una vez diseñados distintos tipos de tareas para evaluar los diferentes tipos de criterios y capacidades, el paso siguiente ha sido determinar cuáles y cuántas de tareas incluir en la prueba de evaluación, es decir, la extensión con que se evalúa el mapa conceptual. En este caso se han seleccionado las necesarias para evaluar los conceptos siguientes, dado que cubren los puntos más importantes del mapa conceptual

- Distinción entre los conceptos de masa, volumen y densidad (como propiedades macroscópicas observables y medibles de la materia).
- Distinción entre sustancias puras, mezclas homogéneas y heterogéneas, elementos y compuestos.
- Características de los cambios de estado: Constancia de la masa y de la temperatura, Variaciones del volumen, de la densidad y de la energía interna.
- Comprensión y aplicación de un modelo cinético corpuscular muy elemental al comportamiento de las partículas en procesos físicos (cambios de estado y disoluciones) y en reacciones químicas.
- Reconocimiento de las características de un átomo dado según el modelo atómico de Rutherford.
- Utilización del procedimiento adecuado para comparar la concentración de disoluciones diferentes.

La razón de que consideremos especialmente importante evaluar los puntos señalados radica en que son numerosas las investigaciones que muestran las dificultades que tienen los alumnos para comprender los conceptos señalados y, particularmente, el modelo cinético corpuscular.

Por ejemplo, Novick y Nussbaum (1978), en una muestra de 150 estudiantes israelíes de 14 años, encontraron que el 64% de la muestra optaba *espontáneamente* por un aire compuesto de partículas pero, de ellos, uno de cada seis consideraba que no se distribuían homogéneamente en un recipiente cerrado, sino que se concentraban en alguna parte del mismo, lo cual su-

pone conservar un cierto sentido de continuidad de la estructura del aire. Cuando planteaban cuestiones relativas a la existencia de vacío entre las partículas o a su movimiento intrínseco, los porcentajes de respuestas correctas descendían al 35% y al 40%, respectivamente. Los investigadores concluyeron que, frente al modelo cinético corpuscular, los alumnos mantienen un modelo alternativo que concibe la materia como *continua y estática*. Estos resultados se vieron confirmados en un estudio transversal posterior (Novick y Nussbaum, 1981) con 576 alumnos norteamericanos que iban desde la Escuela Elemental hasta la Universidad: La mayoría seguía afirmando que el aire estaba compuesto de partículas, pero, considerando los máximos obtenidos en los grupos de más edad, sólo un 50% demostraba haber asimilado la existencia de vacío entre las partículas y un 40% consideraba el movimiento intrínseco de las mismas. Por otra parte, les resultaba más fácil comprender que la velocidad de las partículas aumenta con la temperatura que asimilar que disminuye con ella.

Por su parte, Brook y col. (1984), en una muestra de 300 estudiantes ingleses de 15 años, también han encontrado que más del 50% utilizan el modelo de partículas y, además, que una tercera parte utiliza ideas alternativas (variaciones de tamaño de las partículas, calentamiento y fusión de las mismas, etc.). Del mismo modo, según Stavy (1988), sólo un 15% de los alumnos entre 12 y 14 años utilizan espontáneamente el modelo de partículas aprendido en la escuela para explicar procesos de evaporación y sublimación.

En cuanto a los estudios españoles, Furió y Hernández (1983) exploraron las ideas sobre los gases de 290 estudiantes de E.G.B. y BUP entre 11 y 15 años, encontrando que, aunque la mayor parte se inclina por una estructura corpuscular del gas, 3 de cada 10 alumnos conciben una estructura continua para el gas. También Hierrezuelo y Montero (1988), en su experiencia con estudiantes españoles de Escuela Secundaria, han señalado que la dificultad que tienen los alumnos para comprender la idea de vacío es fácilmente comprensible si se tiene en cuenta lo difícil que ha resultado admitirlo en la Ciencia, por eso es normal que señalen la existencia de polvo, gases o aire entre las partículas.

Pozo et al. (1991) atribuyen la persistencia de las creencias descritas al pensamiento causal de los adolescentes. Los alumnos *conciben la materia tal como la perciben*, por ello asignan a las partículas microscópicas, no observables, de la materia las mismas propiedades que observan en la materia. Así, en los procesos de calentamiento, las moléculas aumentan de tamaño y funden de forma análoga a como los cuerpos se dilatan o funden. Por otra

parte, los procesos habituales de enseñanza (Driver et al., 1985; Caamaño et al., 1983) sólo producen una aceptación acrítica del modelo por parte de los alumnos por lo que cuando éstos se enfrentan con otro fenómeno y se varía el contexto, regresan a sus esquemas alternativos.

En lo que respecta a la clasificación de las sustancias, también se han encontrado diferentes esquemas alternativos. Los principales son:

- Asignar al término "pura" el significado del lenguaje cotidiano y no el del lenguaje químico; pureza connota limpieza, ausencia de contaminación y, por tanto, la leche, el agua destilada, el aire son sustancias puras (Llorens, 1987).
- Identificación de los conceptos de sustancia pura y elemento (Briggs y Holding, 1986)
- Asignación de un carácter prototípico a los elementos, lo que se manifiesta en la consideración del agua y el cloruro sódico (sal común) como elementos.
- Asociación elemento-átomo y compuesto-molécula, rechazando, por tanto, la existencia de elementos poliatómicos (Caamaño et al., 1983; Briggs y Holding, 1986) .
- Confusión entre mezclas y compuestos. Briggs y Holding (1986) señalan como el 40% de su muestra (alumnos ingleses de 15 años) confundía las representaciones corpusculares de las mezclas y los compuestos. Además, consideran que la composición de los compuestos varía como sucede en las mezclas.

Hierrezuelo y Montero (1988) señalan que *"epistemológicamente la relación átomo-molécula supone una jerarquización de estructuras difícil de conceptualizar"*, esto explica el pequeño porcentaje de alumnos que recurre a estos conceptos para explicar las diferencias entre elementos, compuestos y mezclas. Tampoco tienen clara la diferencia entre disolver y fundir; consideran que, cuando el azúcar se disuelve, lo que hace es pasar de sólido a líquido.

Otro factor importante a considerar es que los adolescentes no tienen bien diferenciados los conceptos de masa, volumen, densidad y solidez. La gran dificultad que presenta el concepto de densidad para los alumnos de estas edades ha sido destacada en numerosos estudios, como los de Piaget e Inhelder (1971), y ha sido contrastada por Bullejos y Sampedro (1990) con muestras españolas de 2º de B.U.P.

Teniendo, pues, presentes los resultados anteriores hemos incluido en la

prueba un total de treinta tareas sobre los aspectos mencionados, distribuidas en dos partes para que los alumnos las resuelvan en dos períodos de clase. Las principales categorías de tareas utilizadas se describen e ilustran a continuación. Aunque la forma ideal de plantear estas tareas sería de forma abierta y en el contexto de un entrevista de tipo piagetiano, como hemos señalado en temas anteriores y como se ilustra a continuación en relación con algunas de ellas, debido a la dificultad que supone utilizar este formato cuando los alumnos son muchos, todas las tareas se presentan en formato cerrado. No obstante, los distractores han sido elegidos de forma que reflejen los errores conceptuales que, según las investigaciones realizadas, son más frecuentes entre los alumnos de estos niveles educativos. De este modo, la elección de uno de estos distractores por un porcentaje elevado de estudiantes, proporcionaría evidencia de la existencia de un esquema alternativo que es preciso corregir.

### *Comprensión de conceptos*

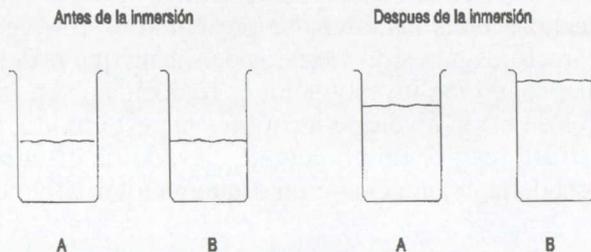
Un concepto particularmente difícil para los alumnos de estas edades es el de densidad. Para acceder a la representación que tiene el alumno del concepto se pueden plantear situaciones como las siguientes (Piaget e Inhelder, 1971; Bullejos y Sampedro, 1990):

- Se presentan dos bolas del mismo tamaño, pero de materiales distintos y, por tanto, con diferente masa: Se les pregunta: ¿Tienen el mismo volumen? ¿Tienen la misma masa? ¿A qué se puede deber la diferencia?
- Luego se presentan dos bolas de la misma masa, pero de distinto volumen (a ser posible apreciablemente diferente). Y se vuelven a plantear las mismas preguntas.
- Has perdido uno de tus pendientes de oro; el joyero te hace una copia y te la cobra como si el oro fuese de los mismos quilates que el original. ¿Cómo puedes comprobar que no te ha engañado?
- ¿Por qué un barco de vela de 30 toneladas flota y, en cambio, los bloques de cemento de 30 toneladas que echan en los muros de contención marinos se hunden?

Profundizar en como utiliza el alumno el concepto de densidad en estos contextos diferentes consumiría mucho tiempo y, por ello, se ha optado por plantear las situaciones de opción múltiple que se presentan en el Cuadro 2.17 (A y B) por tener un valor diagnóstico análogo.

Cuadro 2.17 (A) Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión del concepto de *densidad*.

Si sumergimos ahora en A y B dos cuerpos de **distinto material** pero de la **misma masa** y observamos una situación análoga a la anterior, podemos decir que:



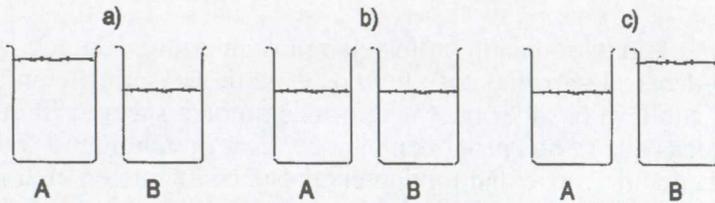
- El cuerpo sumergido en A es más denso que el sumergido en B.
- El cuerpo sumergido en A es menos denso que el sumergido en B.
- Con estos datos no se puede conocer la relación entre densidades.

### *Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo*

Para poder profundizar en cómo utiliza el alumno el modelo cinético corpuscular estudiado en clase para explicar el cambio de estado, serían precisas muchas preguntas y mucho tiempo. Por este motivo hemos diseñado la tarea que se presenta en el Cuadro 2.18. Aunque se trata de una pregunta de opción múltiple, las alternativas incorrectas recogen representaciones frecuentes en los alumnos por lo que, en caso de ser elegidas, permiten identificar el tipo de dificultad que experimentan.

Cuadro 2.17 (B) Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión del concepto de volumen.

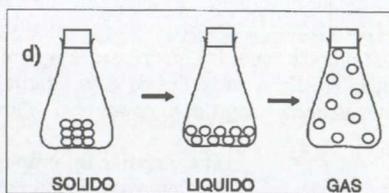
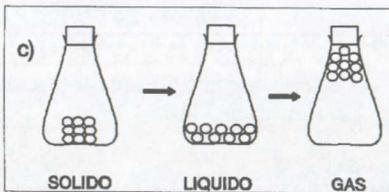
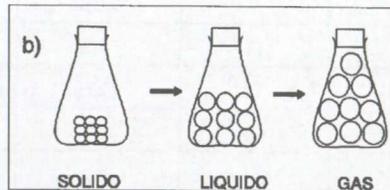
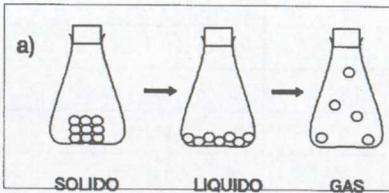
Hemos sumergido totalmente en A una masa maciza de 100 gramos de acero (densidad = 7,6 gramos por centímetro cúbico) y en B otra masa maciza de 100 gramos de aluminio (densidad = 2,7 gramos por centímetro cúbico). Elige cuál será el nivel final del agua en ambos vasos:



- a) La altura del agua en A será mayor que en B.  
 b) La altura del agua en A será igual que en B.  
 c) La altura del agua en A será menor que en B.

Cuadro 2.18: Ejemplo de tarea para evaluar la representación del comportamiento de las moléculas al cambiar de estado.

A continuación se presentan una serie de esquemas que intentan explicar cómo se modifica el comportamiento de las moléculas del hielo en su paso al estado líquido y al gaseoso. Señala, de acuerdo con la teoría corpuscular, cuál de ellas es la correcta:



La opción del alumno por una alternativa u otra permite hacerse una idea de la representación utilizada: disminución del número de partículas en el paso de hielo a vapor (a), variación del tamaño de las partículas (b), las partículas de vapor son más ligeras y no se distribuyen homogéneamente por el recipiente (c).

### *Control de variables*

Como ya hemos señalado en los ejemplos anteriores, una de las capacidades que deben desarrollar los alumnos es la de pensar críticamente. Esta capacidad conlleva el saber buscar información para saber si lo que nos dicen o las ideas que se nos proponen para explicar un fenómeno son ciertas o no. Se trata de una capacidad fundamental especialmente en el ámbito de la Ciencia, ya que sin ella no se puede concluir válidamente nada sobre las hipótesis y teorías científicas. Por ello, para evaluar esta capacidad se han propuesto preguntas como la recogida en el Cuadro 2.19.

Cuadro 2.19: Ejemplo de tareas para evaluar la capacidad de control de variables.

A continuación tienes una tabla que presenta la estructura atómica y electrónica de una serie de elementos:				
Elemento	Protones	Neutrones	Electrones	Electrones por capa Dentro -> Afuera
A	3	4	3	2 - 1
B	9	10	9	2 - 7
C	11	12	11	2 - 8 - 1
D	18	22	18	2 - 8 - 8
E	19	20	19	2 - 8 - 8 - 1
F	35	45	35	2 - 8 - 18 - 7
G	36	51	36	2 - 8 - 18 - 8

Algunos piensan que las propiedades químicas de un elemento dependen del número de electrones que tiene en la última capa. Partiendo de los datos de la tabla anterior, señala qué elementos deberías elegir para comprobar *si es falsa* esa afirmación:

- Comparar las propiedades de C y G
- Comparar las propiedades de C y D
- Comparar las propiedades de D y G

### 2.6.3. *Contraste del modelo.*

#### 2.6.3.1. Muestra.

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 169 alumnos de 8º de EGB, niños y niñas, procedentes de un colegio concertado de Alcobendas (Madrid) y de otros dos de Madrid capital, uno concertado y el otro público. Cinco profesores que impartían clase de Ciencias de la Naturaleza a los grupos de alumnos examinados valoraron, a su vez, la relevancia de las tareas propuestas y el grado de dominio de las mismas que era deseable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

#### 2.3.3.2. Validez social del contenido del modelo.

La Tabla 2.21 recoge los datos correspondientes a la valoración realizada por los profesores respecto a la relevancia de las tareas de la prueba y de ésta en su conjunto, así como respecto al grado de dominio mínimo que puede considerarse como indicador de que se ha alcanzado el criterio de aprendizaje.

La prueba, considerada en conjunto, ha sido valorada como bastante relevante. Los profesores le asignan una puntuación media de 5, que equivale al 71% del máximo posible (7). Pero existe una gran heterogeneidad en la valoración individual de las tareas. En general, las tareas que implican la comprensión de los conceptos de masa, volumen y densidad (6, 7 y 8) han sido consideradas relevantes (las medias oscilan entre 2 y 2.6 sobre 3). También lo son las que suponen el conocimiento de los criterios para clasificar las sustancias en mezclas homogéneas, heterogéneas y puras o elementos y compuestos (1, 2, 3, 4 y 5), cuyos valores medios oscilan entre 2 y 2.6. En lo referente a las características de los cambios de estado, cinco de las tareas (9, 11, 12, 13 y 14) presentan una relevancia análoga a los conceptos anteriores (entre 2.2 y 2.4), pero a la tarea 10 - que requiere interpretar en el gráfico cuándo y cómo varían la temperatura y la energía - se le asigna una relevancia inferior (1.8). En la aplicación del modelo cinético corpuscular al comportamiento de las partículas en procesos físicos y químicos, salvo la tarea 19 - que analiza el comportamiento de las partículas en los diferentes estados de agregación - que alcanza una media de 2.0, las otras tareas se consideran poco relevantes (18, 20, 21, 22, 23, 24 y 26), sobre todo la relativa al comportamiento de las partículas en las aleaciones (25, con una media de

Tabla 2.21: Prueba: "Diversidad y unidad de estructura de la materia".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.4	.54	77.25	20.66
2	2.2	.83	67.50	25.33
3	2.2	.83	70.00	20.41
4	2.4	.54	72.50	15.54
5	2.4	.54	77.50	6.45
6	2.6	.54	83.75	7.50
7	2.4	.54	78.75	2.50
8	2.0	0.00	75.00	7.07
9	2.4	.54	76.25	11.08
10	1.8	.83	75.00	12.91
11	2.4	.54	73.75	11.08
12	2.2	.44	73.75	11.08
13	2.2	.44	73.75	11.08
14	2.2	.44	73.75	11.08
15	1.4	.89	62.50	15.00
16	1.4	.89	62.50	15.00
17	1.6	.89	72.50	17.07
18	1.8	1.09	70.00	14.14
19	2.0	1.22	70.00	16.33
20	1.8	1.09	70.00	16.33
21	1.4	.89	70.00	16.33
22	1.6	.89	65.00	10.00
23	1.6	.89	65.00	12.91
24	1.4	.89	47.50	20.61
25	1.2	.83	47.50	20.61
26	1.4	.89	50.00	21.60
27	2.0	1.22	52.50	28.72
28	1.4	.89	45.00	26.45
29	1.2	.83	55.00	26.45
30	1.8	1.09	50.00	21.60
Prueba	5.0	1.41	62.00	8.36

1.2). La relevancia asignada a las dos tareas relativas a la comprensión del modelo atómico de Rutherford es muy diferente, lo cuál era de esperar dada la diferencia de presentación - verbal (27, media de 2.0) y tabular (28, media de 1,4)- y la mayor dificultad de la segunda pregunta frente a la primera. La comprensión del concepto de concentración de una disolución también se valora poco relevante. Pero, el conjunto de tareas que presenta la relevancia inferior (entre 1.2 y 1.6) es el relativo a la falsación de hipótesis (Tareas 15, 16, 17 y 29), resultado que coincide con los encontrados en relación con las pruebas anteriormente descritas.

Los profesores consultados consideran, en promedio, que los alumnos deben superar el 62% de las preguntas de la prueba tomada en conjunto para considerar que su comprensión de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluadas son suficientes. Siete tareas no alcanzan el 55% de dominio: tres relativas al modelo cinético corpuscular (24, 25 y 26); las dos correspondientes al modelo atómico (27 y 28); una de falsación de hipótesis (29) y la que se refiere al concepto de concentración (30). Cinco tareas oscilan entre el 62.5% y el 67.5%: dos relativas al modelo cinético corpuscular (22 y 23); las otras dos corresponden a la falsación de hipótesis (15 y 16) y a la identificación de qué sustancia "no" es una mezcla homogénea.

Los datos anteriores muestran, pues, que los profesores asignan una mayor importancia a los contenidos conceptuales y exigen un mayor grado de dominio de los mismos (comprensión de las magnitudes físicas y clasificación correcta de los diferentes tipos de sustancias). Después, sitúan en un segundo nivel de importancia la aplicación del modelo cinético corpuscular (en casos sencillos de cambios de estado del agua o de los metales) y el conocimiento del modelo atómico (reduciéndose mejor al modelo de Rutherford frente al de Bohr). En este caso, el grado de dominio exigido varía de unas tareas a otras, siendo mayor cuando las tareas se plantean en forma verbal (tareas 18 y 20) o cuando suponen poner a prueba el modelo en cambios de estado (tareas 19 y 21). Se exige un grado de dominio menor de las tareas que exigen aplicar el modelo en disoluciones, aleaciones o reacciones químicas. Finalmente, sitúan en último lugar las tareas de falsación de hipótesis, punto que es preciso destacar, dada la importancia que los investigadores en Didáctica de las Ciencias (Karplus et al., 1977; Levine y Linn, 1977; Lawson, 1985; Níaz y Lawson, 1985) y el propio Curriculum de la E.S.O. asignan al control de variables en el proceso de evolución del adolescente hacia el razonamiento formal, y sobre el que cabe preguntarse si se trata de una capacidad que no se trabaja en clase porque se considera poco relevante o si, por el contrario, se considera poco relevante porque no se enseña.

### 2.6.3.2. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

Para analizar cuál es el estado actual de los conocimientos de los alumnos sobre este tema, se ha estudiado, en primer lugar, el porcentaje de alumnos que elige las distintas alternativas de cada pregunta, así como el índice de dificultad de las mismas y, en segundo lugar, las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en cada una de las categorías establecidas para evaluar los diferentes objetivos de aprendizaje. Como puede verse examinada la Tabla 2.22, solamente ocho cuestiones se encuentra en el tercio superior de dificultad, mientras que trece cuestiones son superadas por dos tercios de los alumnos encuestados; la prueba en su conjunto presenta, por tanto, una dificultad intermedia (56.4), que la hace especialmente útil para los alumnos del nivel evaluado. Puede comprobarse en la misma tabla, sin embargo, que existen tendencias a la hora de elegir algunas de las alternativas incorrectas que hacen que la prueba tenga un especial valor diagnóstico. Tales tendencias se manifiestan más en relación con unos aspectos conceptuales que con otros, por lo que vamos a describir los resultados encontrados en este punto en relación con los diferentes bloques conceptuales.

#### *Distinción entre los conceptos de masa, volumen y densidad (Tareas 6, 7 y 8)*

Como puede comprobarse, existe una gran diferencia entre la dificultad de la tarea 6 y la de las tareas 7 y 8. La tarea 6 no exigía utilizar el concepto de densidad, sólo requería reconocer que, en un mismo material, cuanto menor es el volumen de líquido desalojado menor es la masa del cuerpo. En cambio, la tarea 7 exige reconocer que, al sumergir dos cuerpos de *distinto material* pero de la *misma masa* en dos vasos iguales con la misma cantidad de agua, una variación de volumen menor implica una densidad mayor del cuerpo sumergido; por ello, sólo un 5.3 % de los alumnos de la muestra responde correctamente mientras un 49.1% afirma que no lo sabe. La dificultad de esta tarea tiene dos raíces: por un lado, la gran dificultad que presenta la comprensión del concepto de densidad para los alumnos de estas edades (como ya han señalado los estudios de Piaget e Inhelder (1971) y Bullejos y Sampedro (1990) con muestras españolas) y, por otro lado, los problemas que tienen los alumnos con el razonamiento proporcional, problemas que se acentúan cuando, como en este caso, se trata de una proporción inversa.

En cuanto a la tarea 8, también requiere el manejo del concepto de densidad, pero en este caso casi un 25% de los alumnos elige la opción correcta. La menor dificultad de esta pregunta probablemente se debe a que propor-

Tabla 2.22. Prueba "Estructura de la materia".  
Frecuencia con que ha sido escogida cada alternativa e índice de dificultad de cada elemento.

n=169	Alternativas										
	Elemento	a	b	c	0	ID	Elemento	a	b	c	0
1	77	0	92	0	54.4	16	23	28	113	2	68.0
2	9	10	148	2	5.9	17	57	54	16	39	66.8
3	136	7	25	1	80.5	18	46	10	109	1	27.7
4	13	6	130	20	76.9	19	a= 2; b= 4; c= 2; d= 158				95.2
5	8	9	151	1	89.3	20	9	7	148	2	89.2
6	0	161	7	1	95.3	21	15	135	15	1	81.3
7	9	74	83	3	5.3	22	84	68	14	0	50.6
8	109	14	42	4	24.8	23	4	151	10	1	91.0
9	86	28	50	5	50.9	24	5	24	137	0	82.5
10	10	115	27	17	16.0	25	19	139	7	1	11.5
11	107	23	30	9	63.3	26	18	5	143	0	86.1
12	27	3	138	1	1.8	27	39	119	7	1	71.7
13	18	105	38	8	62.1	28	104	30	31	1	62.7
14	23	59	79	8	46.8	29	44	30	84	8	18.1
15	69	89	4	4	53.6	30	104	32	18	12	62.7

NB: Tres alumnos no realizaron la segunda parte de la prueba, que incluye los quince últimos elementos.

0 = No han respondido la pregunta. ID = Índice de dificultad (% de aciertos)

ciona los datos concretos de masa y densidad de los dos cuerpos que se sumergen, lo cual permite a los alumnos que recuerdan memorísticamente la definición de densidad determinar el volumen de los cuerpos. Hay que destacar que el 64.5% de los alumnos reconoce que los volúmenes han de ser diferentes, pero las dificultades en el manejo de la proporción inversa les lleva a elegir la opción equivocada.

En estas dos tareas (7 y 8) hay que destacar la diferencia existente entre el criterio de los profesores ó expertos que exigen un grado de dominio de los conceptos entre el 75 y el 84%, y el grado de dificultad que la tarea tiene para los alumnos. Este hecho presenta importantes implicaciones didácticas: En primer lugar, es preciso buscar nuevas metodologías para la introducción del concepto. Tal vez una introducción que permitiera a los alumnos hacer predicciones como las propuestas en estas cuestiones para luego contrastarlas con experiencias que utilizarasen materiales diferentes y con distintos volúmenes produciría resultados más favorables que los encontrados en esta muestra. Por otra parte, estas dificultades explican los graves problemas que tienen los alumnos con los conceptos de presión hidrostática y, especialmente, en la comprensión del Principio de Arquímedes; conceptos que, a pesar de ello, están incluidos en los programas del 2º Ciclo de la E.S.O.

*Distinción entre sustancias puras, mezclas homogéneas y heterogéneas, elementos y compuestos (Tareas 1 a 5)*

Puede observarse que la tarea 1 y, especialmente, la 2 resultan marcadamente más difíciles que las otras tres tareas. En el caso de la tarea 1 - identificación de la sustancia pura-, la alternativa más frecuente (con un 45.6%) es la elección de la leche como sustancia pura (tendencia que ya se ha señalado en la revisión bibliográfica). En el caso de la tarea 2 - elección de cuál "no" es una mezcla homogénea, sólo un 6% de los alumnos reconocen que de las tres sustancias mencionadas (aire, agua destilada y amalgama de oro y mercurio) la única que "no" es una mezcla homogénea es el agua destilada. La dificultad de esta cuestión se puede deber a dos razones:

- desconocimiento de los alumnos del significado del término *amalgama*.
- planteamiento de la tarea en forma negativa.

En lo que se refiere a las otras tareas, la frecuencia de las respuestas alternativas es tan pequeña que no merece comentarios especiales. Aunque se puede destacar que muy pocos alumnos muestran la identificación átomo -

elemento: sólo 6 (3.5%) en la tarea 4 y 9 (5.3%) en la tarea 5 (planteada en forma negativa) asignan al nitrógeno y al cloro (moléculas biatómicas) carácter de compuesto.

Consideramos que los problemas de los alumnos en estas cuestiones pueden radicar en que la enseñanza habitual se limita a señalar los criterios de clasificación y los alumnos no están acostumbrados a enfrentarse con tareas de clasificación de sustancias en base a su composición. Además, se necesita hacer un énfasis mayor en el significado científico de los términos, aclarando especialmente lo que se considera una sustancia pura en Química.

### *Características de los cambios de estado (Tareas 11 a 14)*

Las cuatro tareas relativas a los cambios de estado exigen reconocer qué magnitud física (masa, volumen, densidad o temperatura) permanece constante o varía en el proceso de calentamiento. Estas tareas se complementan con las tareas 9 y 10, que al suponer la interpretación de un gráfico, se analizan más adelante. Como puede verse en la tabla, la tarea 12 es la que presenta el mayor índice de dificultad de toda la prueba (menos de un 2% de respuestas correctas) cuando, paradójicamente, los alumnos estudian también el fenómeno de la dilatación anómala del hielo en Geología. Consideramos que la dificultad se debe, más que a los problemas que tienen los alumnos con el concepto de densidad, a las dificultades en asimilar que la temperatura permanece constante durante el cambio de estado (un 82% de los alumnos señalan que es la temperatura la que aumenta). Este resultado ha sido encontrado por otros autores (Andersson, 1979; Brook et al., 1984) y también se ha puesto en evidencia en una muestra de 443 alumnos españoles de B.U.P. y C.O.U. (Juncos et al., 1989; Pérez de Landazábal et al., 1992, 1993), donde un 10% de los alumnos de C.O.U. todavía piensan que el hielo funde desde 0 a temperatura ambiente.

En el caso de la tarea 11, es importante destacar que un 36.7% de la muestra no reconoce la constancia de la masa en el cambio de estado; el que la respuesta alternativa más frecuente sea la elección de la densidad como magnitud que permanece constante puede ser debido, de nuevo, a las dificultades que este concepto encierra para los alumnos. En cambio, las opciones por una variación de la masa en las tareas 13 (calentamiento del agua de 4 a 100°C) y 14 (vaporización del agua) son poco frecuentes (10.7% y 13.6%, respectivamente). En esta última tarea, resulta paradójico que un 34.9% de la muestra opte por una disminución del volumen, a pesar de la experiencia cotidiana de la dilatación y expansión de los líquidos al calentarse y vaporizarse.

La bibliografía señala que en la enseñanza se destacan, principalmente, los factores que influyen en el cambio de estado, pero se dan por supuesto aquellos que no influyen. Estos resultados indican que también es preciso analizar con más detalle la constancia o variación de las magnitudes características de la sustancia en proceso de cambio. Además, estos conceptos tienen repercusión en las otras disciplinas científicas: si los alumnos no comprenden las variaciones de volumen y densidad, normales y anómalas, que sufre el agua en sus procesos de solidificación, fusión y ebullición, tendrán problemas para comprender sus efectos geológicos y climáticos. Por último, habría que destacar la necesidad de una mayor relación entre las disciplinas para que los alumnos interrelacionaran lo que estudian en cada una de ellas.

*Comprensión y aplicación del modelo cinético corpuscular al comportamiento de las partículas en procesos físicos y químicos (Tareas 18 a 26)*

Los índices de dificultad de los elementos relativos al modelo cinético-corporcular se recogen en la Tabla 2.22. Las dificultades señaladas por los investigadores en la comprensión del carácter discontinuo de la materia y, por tanto, del modelo cinético corpuscular por parte de los alumnos de estos niveles (Novick y Nussbaum, 1978, 1981; Nussbaum, 1985) quedan reflejados en el índice de dificultad de la tarea 18 donde, frente a un 27.7% de los alumnos que eligen la descripción correcta, un 65.7% opta por la existencia de aire entre las moléculas. En cambio, los alumnos parecen tener asimilado el movimiento intrínseco de las partículas, con un 89.2% de respuestas correctas en la tarea 20.

En cuanto a la aplicación del modelo cinético a procesos físicos y químicos, los resultados son superiores a los señalados en la bibliografía. Cinco tareas superan el 80% de respuestas correctas: las tres relativas al proceso de cambio de estado (19, 21 y 24) y las dos relativas a la reacción de dos elementos para dar un compuesto (23 y 26). No se observan porcentajes significativos en la elección de un esquema alternativo salvo, si acaso, en la tarea 24 (fusión del compuesto cloruro sódico), donde un 14.5% de los alumnos parece confundir el proceso físico de fusión con un proceso químico de descomposición.

Las dificultades mayores se encuentran en las tareas relativas al proceso de disolución (tareas 22 y 25). En ambas tareas, los alumnos muestran una confusión entre el proceso de disolución y reacción química, eligiendo como alternativa la correspondiente a la formación de un compuesto entre las dos sustancias dadas (un 50.6 en el caso de mezcla de agua y alcohol y un 83.7 en el caso de la aleación). El elevado índice de dificultad de esta última tarea (11.5%), como se

ha señalado ya en la tarea 2, se debe, probablemente, al desconocimiento por parte de los alumnos del término *aleación*.

El modelo cinético corpuscular exige una abstracción muy grande, que solamente se puede solventar haciendo reflexionar al alumno sobre cómo el comportamiento de las partículas predice diferentes tipos de fenómenos observables. El rechazo de los alumnos a la existencia del vacío, en paralelismo con el *horror al vacío* de la Ciencia, resulta muy difícil de combatir, aunque el análisis de los procesos de comprensión y difusión de gases puede ayudar a su asimilación (si hubiera "algo" entre las moléculas de los gases ¿cómo se podría comprimir tanto el aire existente en una jeringuilla?, ¿cómo se pueden propagar los gases -olores de los perfumes o de las comidas- a través del nitrógeno y el oxígeno del aire?).

#### *Reconocimiento de las características de un átomo dado según el modelo atómico de Rutherford (Tareas 27 y 28)*

La dificultad de las dos tareas relativas a la comprensión de los modelos atómicos es análoga. En la tarea 27, que se refiere al modelo de Rutherford, como sucedía en el modelo cinético corpuscular, el esquema alternativo elegido con más frecuencia corresponde a un modelo "casi" correcto, pero con un núcleo rodeado por aire en el que giran los electrones. EL "*horror al vacío*" de los alumnos aparece de nuevo. En la tarea 28, las dos alternativas a la respuesta correcta presentan un porcentaje similar de elecciones (18.1% y 18.3%), indicando problemas de asimilación del modelo por los alumnos.

#### *Interpretación de gráficos (Tareas 9 y 10)*

Los datos muestran que sólo un 16% de los alumnos elige la opción correcta en la tarea 10: si se sigue calentando el agua por encima de 100°C, la temperatura del vapor de agua seguirá aumentando y el gráfico presentará una línea ascendente. El 84% restante confunde *temperatura* y *energía* al interpretar el gráfico: se necesita menos energía en la fusión que en la vaporización porque el gráfico está a menor altura (78%) o se necesita más energía para pasar de 0 a 100 °C que para vaporizarse porque el primer gráfico es ascendente (6%).

La tarea 9 resulta más fácil, un 50,9% de los alumnos reconoce que la temperatura no experimenta variaciones durante el proceso de fusión pero, de todas formas, un 29.6% apunta que el hielo no desciende de 0 °C mientras un 16.6% elige la opción de que el hielo no necesita energía para fundir y por eso el gráfico es horizontal, confundiendo de nuevo *temperatura* y *energía* en la interpretación del gráfico.

Aquí se da otra discrepancia entre la exigencia del profesorado y las dificultades del alumno. Además, se pone en evidencia que una parte importante de la dificultad de la tarea reside en la interpretación del gráfico: La confusión entre *temperatura* y *energía* (*temperatura* y *calor*, en lenguaje habitual) impiden que el alumno interprete correctamente el gráfico, reconociendo que en el eje vertical se representa la *temperatura* mientras que la *energía* viene dada por el tiempo de calentamiento y se representa en el eje horizontal.

Estos resultados tienen dos implicaciones didácticas importantes, una de tipo declarativo y otra de tipo procedimental:

- Los procesos de calentamiento y cambio de estado necesitan un tratamiento más profundo que el que habitualmente se da en las clases. No se trata de resolver problemas de calcular la temperatura final de mezclas de líquidos a diferentes temperaturas (lo cuál puede suponer una repetición memorística que ni siquiera ayuda a comprender el equilibrio térmico y el carácter intensivo y no extensivo - no sumativo - de la temperatura), sino de relacionar los procesos con la experiencia del alumno para que comprenda, por ejemplo, que los cubitos de hielo tardan en fundirse porque necesitan energía para hacerlo y no porque fundan a la temperatura ambiente, o el hecho de que el hielo de su congelador está a temperaturas inferiores a cero, etc.
- Es necesario trabajar la construcción y la interpretación de gráficos - lineales en estos niveles educativos, obligando al alumno a fijarse en las magnitudes representadas en los dos ejes y su significado físico, a reflexionar sobre el tipo de cambio implicado por las líneas ascendentes, horizontales y descendentes; a dar sentido - cualitativamente - a una pendiente mayor o menor. El manejo de gráficos es una herramienta muy útil y necesaria para interpretar todo tipo de procesos, ¡y no sólo físico-químicos!.

#### *Utilización de procedimientos para comparar la concentración de disoluciones* (Tarea 30)

Sólo se ha utilizado una tarea con el propósito de comparar la concentración de disoluciones diferentes. Dado que su dificultad es media (62.7%) y que hay poca diferencia entre el porcentaje de alumnos que escogen las dos alternativas incorrectas (19.3% y 10.8%), no merece mayor comentario.

#### *Falsación de hipótesis* (Tareas 15 a 17 y 29)

Como puede observarse, el índice de dificultad de las tareas 15, 16 y 17 (en contextos de masa, volumen y densidad) resulta inferior al de la tarea 29

que se plantea en el contexto del modelo atómico de Bohr (18.1% de respuestas correctas frente al 53.6% y el 68.0%; dejamos aparte la tarea 17 - 66.8% de respuestas correctas- pues los alumnos pueden haberla resuelto por aplicación simple de la definición de densidad y, debido a un error del enunciado, tenía dos respuestas correctas.). Esta diferencia puede deberse bien a la influencia del contexto en las respuestas de los alumnos, bien al número de variables que es preciso controlar en cada caso (solamente una en las tareas primeras tareas y dos en la última), resultado que ya se ha puesto en evidencia en otros de los modelos aplicados.

### 2.5.3.3. Calificación y punto de corte.

#### *Establecimiento de categorías*

El análisis anterior permite determinar las dificultades conceptuales y de razonamiento con que se encuentran los alumnos y, por tanto, decidir estrategias de intervención que les ayuden a superarlas. No obstante, es insuficiente, como ya hemos señalado en relación con las pruebas anteriores, para tomar decisiones de calificación. Por ello, hemos seguido el procedimiento descrito y justificado en el primer capítulo para establecer el punto de corte. En primer lugar, se ha establecido un perfil de puntuaciones agrupando las tareas que evalúan un mismo concepto o capacidad, tal como se muestra en la Tabla 2.23. junto con la nota media correspondiente a cada categoría. Estas medias pueden compararse con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores a fin de determinar los aspectos en que el grupo en su conjunto se enfrenta con dificultades en relación con las cuales se le deben proporcionar las ayudas adecuadas. Esta tabla incluye también la fiabilidad de las escalas derivables cuando se desean obtener puntuaciones separadas para el conocimiento de hechos y conceptos, así como la del conjunto de la prueba.

#### *Capacidad discriminativa.*

El hecho de que los índices de consistencia interna presentados en la Tabla 2.23 no sean muy grandes pone de manifiesto, como en casos anteriores, la heterogeneidad de los conocimientos y capacidades evaluados mediante las distintas tareas empleadas. Por ello, para determinar si la aportación que hace cada elemento a la nota final contribuye a incrementar la capacidad discriminativa de la misma, lo que justificaría la agregación de datos, se han

Tabla 2.23: Prueba "Estructura de la materia".  
Categorías que integran el perfil de puntuaciones: Composición  
y puntuaciones medias.  
Fiabilidad de la prueba y de la subescala de integración conceptual

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Comprensión de magnitudes	6, 7, 8, 11, 12, 13, 14	169	4.27	1.45
b) Procesos de calentamiento	9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 21	163	5.89	1.51
c) Comprensión del modelo cinético-corpúscular	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	166	6.83	1.57
Integración del esquema conceptual Fiabilidad $\alpha = .49$	a+b+c			
d) Clasificación de las sustancias	1, 2, 3, 4, 5	169	6.14	1.95
e) Comprensión de concentración	30	166	6.26	4.85
f) Comprensión de la estructura atómica	27 y 28	166	6.71	3.80
Conocimiento de hechos Fiabilidad $\alpha = .54$	d+e+f			
g) Interpretación de gráficos	9 y 10	169	3.34	3.02
h) Razonamiento: control de variables	15, 16 <sup>1</sup> y 29	166	4.65	2.74
PRUEBA COMPLETA Fiabilidad $\alpha = .67$		163	5.60	1.29

1. El elemento 17 no ha sido incluido en el análisis por defecto de diseño, ya corregido.

calculado los coeficientes de correlación de cada componente con la puntuación total de la categoría a la que pertenece, y, posteriormente, las de cada categoría con la subescala a la que pertenece y con el total de la prueba, resultados que se presentan en la Tabla 2.24.

Como puede comprobarse, la correlación de los distintos elementos componentes con su categoría supera ampliamente, en la mayoría de los casos, el valor estándar de 0.25, mostrando que su contribución a la valoración de la misma es aceptable. Son excepciones las tareas con mayores índices de dificultad, como son las 7, 8 y 12 (relativas al concepto de densidad) de

Tabla 2.24: Prueba "Estructura de la materia". Índices de homogeneidad

Elemento	Índice	Categoría de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte
6	.46	A) Comprensión de magnitudes	9	.52	B) Procesos de calentamiento
7	.21		10	.04	
8	.14		11	.43	
11	.60		12	.04	
12	.04		13	.46	
13	.62		14	.54	
14	.44		19	.25	
			20	.38	
		21	.46		
18	.58	C) Comprensión del modelo cinético-corpúscular	1	.64	D) Clasificación de las sustancias
19	.40		2	.34	
20	.48		3	.26	
21	.39		4	.70	
22	.59		5	.57	
23	.37				
24	.53				
25	.03				
26	.46				
27	.80	F) Comprensión de la estructura atómica <sup>2</sup>	15	.66	H) Razonamiento: control de variables
28	.83		16 <sup>1</sup>	.76	
9	.79	G) Interpretación de gráficos	29	.36	
10	.56				
Correlación de cada subesquema con el total de la prueba.					
				Escala	Total
				<i>Esq. conceptual</i>	.87
Comprensión de magnitudes (A)				.73	.59
Procesos de calentamiento (B)				.93	.80
Comprensión del modelo cinético-corpúscular (C)				.80	.79
				<i>Conocim. de hechos</i>	.81
Clasificación de las sustancias (D)				.84	.71
Comprensión de la concentración (E)				.70	.58
Comprensión de la estructura atómica (F)				.84	.64
				<i>Capacidades</i>	.53
Interpretación de gráficos (G)				.47	.25
Razonamiento: control de variables (H)				.76	.41

1. El elemento 17 no ha sido incluido en el análisis por defecto de diseño, ya corregido.

2. No se incluye la categoría E) Comprensión de la concentración por constar de un único elemento.

*Comprensión de magnitudes*; las 10 y 12, (de nuevo), de *Comprensión de los procesos de calentamiento* y la tarea 25 de *Puesta a prueba del modelo cinético-corpúscular*.

La contribución de cada categoría a la valoración del esquema total sobre estructura de la materia es también elevada, siendo menor en los casos de *Falsación de hipótesis* (0.41) y, sobre todo, *Interpretación de gráficos* (0.25).

### *Establecimiento del punto de corte*

Además de determinar la capacidad discriminativa de la prueba, tal como se ha señalado ya en modelos anteriores, para tomar una decisión razonada sobre la promoción de los alumnos en base al conjunto de los logros conseguidos, es necesario ponderar las puntuaciones correspondientes en función de la proporción de su relevancia respecto a la relevancia total atribuida a la prueba; la suma de las puntuaciones ponderadas resultantes para cada categoría nos proporcionará la calificación criterio. La Tabla 2.25. recoge los resultados del proceso descrito.

Tabla 2.25. Prueba "*Estructura de la materia*".  
Ponderación de las diferentes categorías de puntuación

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva- lente	(c) Relevan- cia: Pro- porción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponde- rada
CATEGORÍAS						
Comp. magnitudes	76.07	7.6	.148	1.13	4.27	.63
Procesos de calentamiento	72.92	7.3	.142	1.04	5.89	.84
Comp.modelo corpúscular	61.67	6.2	.110	.68	6.83	.75
Clasificación sustancias	72.95	7.3	.150	1.10	6.14	.92
Comp. concentración	50.00	5.0	.117	.58	6.26	.73
Comp. estructura atómica	48.75	4,9	.110	.54	6.71	.74
Interpretación gráficos	75.63	7.6	.136	1.03	3.34	.45
Control de variables	60.00	6.0	.086	.52	4.65	.40
Dominio medio exigido:	64.75	6.5				
Punto de corte:				6.61		
Medias (real y ponderada):					5.60	5.47

Tanto la media real como la media ponderada están por debajo de la nota que reflejaría el punto de corte deseado por los profesores. Este hecho se da también en tres categorías conceptuales - Comprensión de magnitudes, Procesos de calentamiento y Clasificación de las sustancias- y, sobre todo, en Interpretación de gráficos y Control de variables. Dada la importancia que se da en el currículum a los aspectos procedimentales y la gran diferencia existente entre los valores previstos y los obtenidos realmente, está clara la necesidad de buscar estrategias instructivas que mejoren estos resultados o, en su defecto, revisar los objetivos y el grado de dominio deseables para este nivel escolar. En cambio, la media obtenida supera a la prevista por los profesores en Comprensión del modelo cinético-corpúscular, Comprensión de la concentración y Comprensión de la estructura atómica.

## **2.7. Ejemplo 6: Los cambios químicos.**

### *2.7.1. Objetivos instruccionales y esquema de los conocimientos a adquirir.*

El último de los temas seleccionados para ilustrar el modelo de evaluación propuesto corresponde al cuarto de los bloques que el DCB propone para el área de las Ciencias de la Naturaleza, "Los cambios químicos". Este bloque de contenidos se centra en la distinción entre cambios físicos y químicos, y en el reconocimiento de las características principales de las reacciones químicas que no son sino un caso particular de dos principios fundamentales de la Ciencia: la conservación de la masa y la conservación de la energía. Se trata de que el alumno se plantee y busque respuesta a preguntas como:

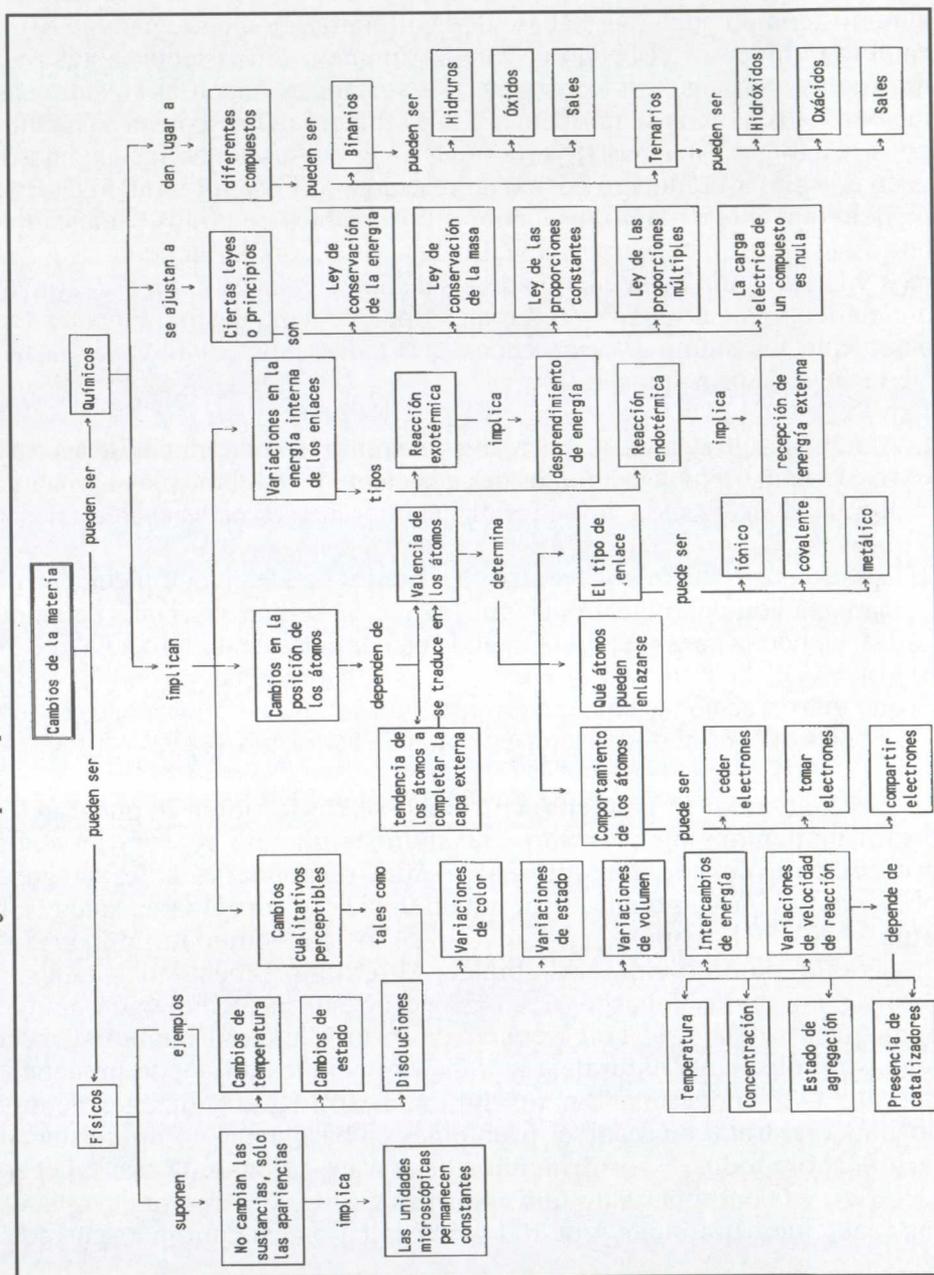
- ¿Los cambios que observamos frecuentemente en los materiales y sustancias de nuestro entorno, como la evaporación del alcohol, la combustión de un leño, la oxidación del hierro, la fusión de diversos metales, la disolución del azúcar en agua, etc., son sólo aparentes o los materiales y sustancias se transforman en otras nuevas?
- ¿Qué es esa "costra" que se produce cuando se abandona un hierro a la intemperie?
- ¿Qué son las cenizas que quedan tras arder un pedazo de madera?
- ¿Son del mismo tipo todos los cambios que observamos? ¿Qué tipos de cambios hay?
- ¿Cómo puede distinguirse si al unirse dos sustancias se ha producido una reacción química o simplemente se ha efectuado una mezcla?

- ¿Qué les sucede a las partículas de la materia cuando sufren un cambio físico (calentamiento, fusión, disolución)? ¿Y cuando sufren un cambio químico?
- ¿En qué se convierte la madera o el alcohol cuando arde? ¿Desaparece realmente?
- ¿Las reacciones químicas que se producen en los organismos vivos (plantas, animales y hombres) son diferentes o iguales a las que sufren los materiales inorgánicos?
- ¿A qué se debe que los cambios químicos que observamos no se produzcan siempre?
- A veces, al tiempo que se produce un cambio químico -por ejemplo, al arder un leño- se produce también energía -el calor que desprende-. ¿De dónde procede esa energía? ¿Por qué se produce?
- ¿Por qué hay sustancias que reaccionan entre sí, incluso espontáneamente, y otros que no lo hacen de ninguna manera?
- ¿Por qué, para obtener hidrógeno y oxígeno del agua o hierro de las piritas, es preciso "gastar" energía?
- ¿Qué utilidad práctica tiene conocer los factores que hacen que se produzcan o no cambios químicos, o que se produzcan más o menos deprisa? ¿Qué ejemplos podemos observar en que se aprovechen tales conocimientos?
- ¿Tiene algo que ver con la química el tiempo que se indica en las recetas para cocinar los alimentos? ¿Y la frecuencia con que los médicos prescriben que se tomen las medicinas? ¿Y el hecho de que se pinten de minio las rejas de hierro?

El hecho de inducir a los alumnos a que se planteen las preguntas anteriores y a que busquen respuesta a las mismas tiene por objeto conseguir que comprendan y asimilen la unidad de comportamiento de la materia en todo tipo de procesos, orgánicos e inorgánicos, y que reconozcan no sólo los inconvenientes, sino también la utilidad de la Química para el hombre. Conseguir esto, en el caso de los alumnos de 13 a 15 años, implica, por un lado, que los alumnos comprendan y relacionen los conceptos en los que se centran los contenidos de los libros de texto y que recogemos en la Figura 3.7, dando así el primer paso en el diseño del modelo de evaluación.

Como puede comprobarse, examinado el contenido de la misma, al igual que sucedía en el bloque correspondiente a *Estructura de la materia*, destaca la importancia que se concede a la construcción de modelos mentales que faciliten el razonamiento posterior. Así, se busca, en primer lugar, que los

Figura 2.6: Mapa conceptual básico del tema "Los cambios químicos".



alumnos comprendan que la base de la diferenciación entre cambio físico y cambio químico es el hecho de que las unidades microscópicas (átomos y moléculas) permanezcan constantes (las sustancias no varían) o sufran alteraciones (los átomos se reordenan y la estructura microscópica se modifica, por lo cual las sustancias si varían). Después se busca que los alumnos lleguen a asimilar el modelo básico de reacción química -el modelo de Bohr-, modelo que explica tanto los cambios observables como los cambios internos. Éstos se explican fundamentalmente por el comportamiento de los átomos y la variación de la energía de los distintos enlaces -iónicos, covalentes o metálicos-, dando lugar a diferentes tipos de compuestos. Finalmente, se busca que los alumnos comprendan que todos esos cambios se ajustan a ciertas leyes o principios, a saber:

- 1) Aunque los productos de una reacción química son diferentes de los reactivos, el número total de átomos de cada elemento es el mismo al principio y al final de la reacción; no se forman átomos nuevos ni desaparecen los primitivos.
- 2) Los átomos se unen por fuerzas eléctricas y tienden a completar una última capa con ocho electrones por lo cuál presentan valencias determinadas, siendo la carga eléctrica total de un compuesto siempre nula.
- 3) Los enlaces de átomos diferentes tienen distinta energía interna, por lo que unas reacciones son exotérmicas y otras endotérmicas, pero en todas se verifica el principio de conservación de la energía.

En el actual planteamiento curricular se busca, además, que trabajando los contenidos mencionados los alumnos no sólo construyan una representación conceptual que les permita responderse a las preguntas planteadas, sino también que desarrollen ciertas capacidades que posibiliten la aplicación oportuna y flexible de los conocimientos adquiridos a la solución de problemas. Al emplear el término capacidades no nos referimos aquí, sin embargo, a saber operar con la formulación química, algo que se convierte con frecuencia en un ejercicio memorístico con unos símbolos cuya naturaleza y transformaciones no se comprenden. Se busca más bien que los alumnos apliquen estrategias y razonen de modo adecuado al tratar de resolver problemas en base a una comprensión adecuada, sobre todo, de los principios de conservación de la masa, la carga eléctrica y la energía, dado que estos principios son la base del ajuste de las reacciones químicas y de todos los cálculos estequiométricos posteriores.

Dada la naturaleza de los procesos químicos y las convenciones que implica su representación, el desarrollo de la capacidad de razonamiento y de solución de problemas en relación con los mismos implica, además del conocimiento de la terminología científica y de una adecuada comprensión de los conceptos que deben guiar el razonamiento, que los alumnos, entre otras cosas:

- Sean capaces de *organizar* los datos procedentes de observaciones.
- Sean capaces de *leer e interpretar la información*, ya esté contenida en tablas, textos o gráficos, como punto de partida para resolver problemas.
- Sean capaces de *traducir* la expresión de la información de un lenguaje simbólico a otro (de expresiones verbales a fórmulas o a estructuras moleculares, y viceversa).
- Sean capaces de *predecir* reacciones químicas en función de la aplicación de los modelos que explican las mismas.
- Sean capaces de *inferir* el comportamiento de la masa y la energía en distintas reacciones químicas.
- Sean capaces de *detectar* formulaciones correctas e incorrectas mediante la aplicación de las leyes y principios científicos básicos.

De lo anterior se deduce claramente que la evaluación de la adquisición de los objetivos cognitivos cuya consecución deben lograr los alumnos a través del trabajo realizado en este tema requiere diseñar tareas que tengan en cuenta la interacción entre los aspectos conceptuales y las capacidades mencionadas, punto que abordamos a continuación.

### 2.7.2. Tareas y criterios de evaluación.

El segundo paso en el planteamiento de la evaluación es el diseño de tareas adecuadas para proporcionar información que sirva como indicador inequívoco de los cambios observados en el alumno. Con este fin, y para que las tareas construidas tengan el máximo valor diagnóstico, esto es, para que permitan identificar el origen de los problemas fundamentales que los alumnos experimentan al trabajar este tema, hemos tenido en cuenta la abundante bibliografía existente sobre los mismos, gran parte de la cual ha sido revisada recientemente en el excelente trabajo de Pozo et. al. (1991).

De entre los trabajos relevantes merece destacar, en primer lugar, el de Andersson (1984), autor que ha desarrollado un modelo para explicar cómo evoluciona la comprensión infantil de las reacciones químicas:

1. *Las cosas suceden así*, o sea, los niños no se plantean ni siquiera si tiene lugar una reacción química.
2. *Se produce un desplazamiento de la materia*; aparece una sustancia "nueva" porque ha venido de otro sitio (la aparición de agua en la combustión de la madera se atribuye a la presencia de aquella en la leña inicial).
3. *Modificación*: la nueva sustancia es la misma original, que ha variado de forma o de aspecto (la ceniza final es el mismo leño que ha cambiado de forma).
4. *Transmutación*: se considera que la materia original se ha transformado en otra completamente nueva (¡o en energía!).
5. *Interacción química*: los alumnos que comprenden la atomicidad de la materia y su indestructibilidad, comienzan a considerar que las nuevas sustancias están formadas por la recombinación de los átomos de las materias originales.

Aunque en la escuela se estudie solamente la interacción química, está claro que las otras interpretaciones de los cambios químicos persisten en el razonamiento de los alumnos. Aunque éstos hayan asimilado los conceptos abstractos de átomo y molécula, cuando se enfrentan con un fenómeno físico o químico tienden a utilizar sus ideas intuitivas, basadas en la experiencia, en lugar de los conceptos estudiados en la escuela. Como señalan Pozo et. al. (1991), el pensamiento causal de los alumnos se apoya en los datos perceptibles, en el comportamiento de la materia a nivel macroscópico, hecho que dificulta el aprendizaje de la química.

El problema no es, pues, si el alumno entiende los modelos teóricos que se enseñan en la escuela, sino si es capaz de utilizarlos cuando tiene que interpretar los fenómenos que se le presentan. En esta línea, Yaroch (1985) señala que, cuando se pide a los alumnos que representen las ecuaciones mediante diagramas moleculares, ajustan correctamente el número total de partículas, pero sin reconocer el papel de los coeficientes y subíndices de las fórmulas químicas. Hesse y Anderson (1992) encontraron que sólo 1 de los 11 estudiantes entrevistados explicaban los cambios químicos en función de átomos y moléculas.

Briggs y Holding (1986) señalan que muy pocos alumnos recurren a las propiedades características de las sustancias (densidad, puntos de fusión o ebullición, etc.) para explicar si se ha producido un cambio químico (un 3% de su muestra de alumnos de 15 años), sino que acuden a explicaciones descriptivas, a lo que perciben por los sentidos (cambio de color, variación de

volumen, etc.). También confunden cambio de estado y reacción química, no distinguiendo, por ejemplo, entre vaporización y combustión del alcohol o entre evaporación y electrólisis del agua. Es una confusión resistente a la enseñanza, encontrándose todavía en un elevado porcentaje de estudiantes que terminan la enseñanza Secundaria (Carbonell y Furió, 1987). Nussbaum (1985) señala que un 40 % de su muestra explica la formación de cloruro de amonio como una combinación y no como una interacción de las diferentes partículas.

Driver (Driver et al., 1985) señala las dificultades que tienen los alumnos con los procesos de combustión y oxidación, procesos iguales desde el punto de vista químico pero totalmente diferentes desde el punto de vista perceptivo. Alrededor del 25% de una muestra de niños neozelandeses de 11-12 años señalaban que un estropajo metálico pesaría más al oxidarse, pero muy pocos adujeron la combinación con el oxígeno del aire. Otro 25 % señaló que no variaría de peso puesto que seguía siendo el mismo estropajo metálico; pero la mayoría señalaba que sería más ligero adjudicando la pérdida de peso al gas o al humo que escapa. Otro estudio análogo con una muestra de 300 alumnos ingleses de 15 años confirma estos resultados: solo un tercio señaló que la masa aumentaría, pero un 10% de ellos adujo que *"el peso del óxido se sumaría al de los clavos"*; para el tercio de alumnos que señala que la masa disminuye *"el óxido se come los clavos"*. La investigadora concluye que *"la comprensión de la naturaleza substantiva del aire o del oxígeno constituye un problema cuando se trata de entender los cambios que se producen en el peso cuando las sustancias se queman o se oxidan"*. Si esta pregunta se lleva al contexto de comparar la masa de los gases producidos en un coche con respecto a la masa de gasolina utilizada (Andersson, 1986; Donnelly y Welford, 1988), solamente un 3% de la muestra señala que la masa de los gases sería mayor, la mitad sugiere que sería la misma y una cuarta parte que sería menor; entre estos últimos hay quienes afirman que el combustible se ha convertido en calor. Todo parece indicar que no se reconoce el proceso como una interacción del oxígeno con la sustancia; en todo caso, el oxígeno se ve como "un fluido imponderable" y "un recurso infinito", dado que, aparentemente, la cantidad de aire no varía ni se observan cambios en él.

Parece, pues, que los problemas que experimentan los alumnos tienen que ver fundamentalmente con la representación de lo que implican los cambios físicos y químicos a nivel molecular, representación que condiciona en buena medida la forma de razonar al interpretar un fenómeno o predecir los resultados de un cambio. En consecuencia, la mayor parte de las tareas que

hemos diseñado tienen por objeto evaluar la forma en que los alumnos comprenden -se representan- los fenómenos a los que hacen referencia los conceptos recogidos en el mapa conceptual y las interacciones entre los mismos. Para ello, de acuerdo con los principios establecidos en el primer capítulo, hemos diseñado las tareas de modo que fuese lo que el alumno hiciese -categorizar, explicar, predecir fenómenos, etc.- más que lo que dijese, lo que nos permitiera inferir el tipo de representación que se hace del fenómeno en cuestión. Las tareas así diseñadas se han centrado en los siguientes puntos del mapa conceptual:

- Distinción entre cambios físicos y químicos e identificación del tipo de sustancia a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos.
- Reconocimiento de la conservación de la masa y de la energía en reacciones químicas presentadas tanto en contextos académicos como cotidianos.
- Aplicación de leyes y principios científicos al reconocimiento de ecuaciones científicas correctas e incorrectas.

Se ha dejado, pues, sin evaluar todo lo relativo a los factores que influyen en la velocidad de reacción, por considerar que los alumnos realizan un aprendizaje puramente memorístico de los mismos y, en cuanto al ajuste de ecuaciones, únicamente se contempla la conservación del número de átomos de cada elemento, evitando cualquier tipo de cálculo estequiométrico que exija un razonamiento proporcional.

Por otra parte, con el objeto de determinar en qué medida era capaz de leer adecuadamente la información en tablas y gráficos, de transformar la información presentada en un código a otros y de razonar para falsar una hipótesis cuando la información necesaria no ha de recordarse por estar presente, hemos desarrollado también otra serie de tareas centradas en los puntos siguientes:

- Conocimiento de la terminología científica y traducción de un lenguaje simbólico a otro (de fórmulas a estructuras moleculares).
- Interpretación y evaluación de los modelos de enlace químico, seleccionando qué compuestos son posibles y cuáles no a partir de datos aportados en forma tabular.

La prueba consta así de veinticuatro tareas distribuidas en dos partes para que los alumnos las resuelvan en dos períodos de clase. La primera parte (catorce elementos) recoge los aspectos cualitativos, más sencillos, de la

prueba; la segunda (diez elementos) implica ya la utilización de la nomenclatura y formulación químicas. Aunque se incluye completa en el Apéndice 2.6, incluimos a continuación algunas de las tareas que implican una mayor novedad en cuanto a diseño, a fin de mostrar de qué modo pueden ser útiles en el contexto de la práctica docente para ayudar a los alumnos a superar las dificultades con las que se encuentran. No se incluyen todos los tipos de tareas utilizados, pues algunos han sido ya ejemplificados en relación con las pruebas desarrolladas para evaluar los conocimientos relativos a otros temas.

### *Traducción de un lenguaje simbólico a otro*

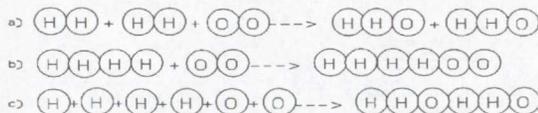
Aunque las fórmulas químicas sean el lenguaje utilizado más frecuentemente para expresar las estructuras moleculares y las transformaciones que tienen lugar en las reacciones químicas, el hecho de que los alumnos tengan problemas para comprender lo que ocurre a nivel microscópico cuando tiene lugar una transformación hace que tareas como la que se recoge en el Cuadro 2.20, en las que el sujeto debe traducir la fórmula a su equivalente en número y organización de partículas representados gráficamente, sean especialmente aptas para poner de manifiesto si la representación que el alumno se hace de lo que implica una transformación es adecuada o no. En el presente ejemplo, la elección de la opción correcta, indica que el alumno domina la estructura

Cuadro 2.20. Ejemplo de tarea para evaluar la capacidad de traducir una representación de un lenguaje a otro.

Has estudiado que la obtención de agua a partir de hidrógeno y oxígeno se puede representar por la ecuación química:



Elige entre los diagramas moleculares siguientes cuál corresponde a esta ecuación:



molecular de los elementos hidrógeno y oxígeno, así como de la molécula agua; en caso contrario, el alumno únicamente comprende la conservación del número de átomos en una reacción química. Obviamente, esta pregunta se podría haber formulado en formato abierto, dando al sujeto la fórmula y pidiéndole después que construyese él mismo la representación gráfica y que explicase lo que había hecho. De este modo se hubiera evitado la posibilidad

de acertar por azar. Sin embargo, cuando es preciso evaluar muchos alumnos el procedimiento propuesto es suficiente y permite identificar, especialmente si se utilizan varios elementos de este tipo, si el sujeto sostiene de modo sistemático un tipo de representación inadecuada.

### *Predicción de fenómenos*

Los alumnos pueden ser capaces de aprender de memoria el principio de conservación de la masa sin que ello suponga una verdadera comprensión que haga variar su forma de representarse los resultados de los cambios químicos. Por el contrario, pedirles que predigan si se produce cambio de peso en tareas como la que se presenta en el Cuadro 2.21, semejante a otras utilizadas en la bibliografía consultada, es especialmente útil para poner de manifiesto tal representación, pues el modelo teórico en que se basa establece una correspondencia entre tipo de representación y predicción de la variación.

Cuadro 2.21. Ejemplo de evaluación de la comprensión a partir del tipo de predicción de un fenómeno realizada por el alumno.

En un platillo de una balanza hemos puesto un recipiente cerrado que contiene un montoncito de sosa cáustica y un tubo de ensayo con ácido clorhídrico. Para equilibrarla hemos tenido que poner una masa de 500 gramos en el otro platillo. Un problema de traslado ha hecho que el tubo se rompa y el clorhídrico reaccione con la sosa produciendo sal (cloruro sódico) y agua. Como el recipiente estaba cerrado, no ha salido nada al exterior. Elige, entre las opciones siguientes, cuál señala la posición correcta del fiel de la balanza.



SITUACION INICIAL



SITUACION FINAL

### *Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo*

De acuerdo con Lawson (1995, cap. 9), el tipo de elemento que se ilustra en el Cuadro 2.22 evalúa la capacidad de pensar de forma hipotético-deductiva. La respuesta correcta exige conocer el comportamiento de los electro-

Cuadro 2.22. Interpretación y evaluación de datos desde un modelo teórico.

A continuación tienes una tabla que presenta la estructura atómica y electrónica de una serie de elementos:

ELEMENTO	PROTONES	NEUTRONES	ELECTRONES	Electrones por capa Dentro --> Fuera
A	1	0	1	1
B	3	4	3	2 - 1
C	8	8	8	2 - 6
D	9	10	9	2 - 7
E	11	12	11	2 - 8 - 1
F	18	22	18	2 - 8 - 8
G	19	20	19	2 - 8 - 8 - 1
H	35	45	35	2 - 8 - 18 - 7
I	36	51	36	2 - 8 - 18 - 8

Fijándote en los datos aportados por la última columna, señala cuál de las siguientes afirmaciones es **incorrecta**. Recuerda que, en el enlace iónico, uno de los elementos *cede* electrones para quedarse con la última capa completa y el otro los *toma* (por la misma razón). En cambio, en el enlace covalente, cada elemento *comparte* electrones con el otro.

- Los elementos **F** e **I** son totalmente inertes y, por esta razón, se presentan en la naturaleza en forma monoatómica.
- Dos átomos del elemento **D** pueden compartir un electrón de cada uno para completar su última capa, formando un enlace covalente.
- El elemento **E** puede ceder un electrón al elemento **B**, así ambos completan su última capa constituyendo un enlace iónico.

nes situados en la capa más externa del átomo, así como que para producirse un enlace iónico uno de los elementos debe ser electropositivo y el otro electronegativo, hacer una inferencia sobre las condiciones en que es posible la combinación de aquellos basándose en dicho conocimiento, examinar los datos de la tabla y determinar en qué caso se dan las condiciones adecuadas. Si la pregunta fuese abierta, con esto bastaría. En nuestro caso, la elección de la respuesta correcta requiere además examinar las alternativas, pero el resultado sería sólo una consecuencia de lo anterior.

### 2.7.3. *Contraste del modelo.*

#### 2.7.3.1. Muestra.

A fin de comprobar las características de la prueba desarrollada se examinaron 210 alumnos de 8º de EGB, niños y niñas, procedentes de dos colegios concertados de Madrid capital. Los seis profesores que impartían clase de Ciencias de la Naturaleza a los grupos de alumnos examinados valoraron la relevancia de las tareas propuestas y cuatro de ellos, además, el grado de dominio de las mismas que era deseable que consiguiesen los alumnos para poder decir que habían alcanzado el criterio de aprendizaje.

#### 2.7.3.2. Validez social del contenido del modelo.

Los datos relativos a la valoración de la relevancia del contenido de la prueba y del grado de dominio que puede considerarse como indicador de que se han logrado los objetivos de aprendizaje aparecen recogidos en la Tabla 2.26.

Como puede comprobarse analizando el contenido de la misma, la prueba considerada en conjunto es bastante relevante. Los profesores le asignan en promedio una puntuación de 4.83, que equivale al 69% del máximo posible (7). Pero, como en casos anteriores, existe una gran heterogeneidad en la valoración individual de cada tarea. Las tareas que suponen la distinción entre fenómenos físicos y químicos (1, 2, 3, 4 y 5) o la identificación de elementos y compuestos a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos (6 y 7) han sido consideradas bastante o muy relevantes, con medias que oscilan entre 1.83 y 2.67. Otras tareas consideradas relevantes, con medias superiores a 1.83, se refieren al reconocimiento de las características de las reacciones químicas cuando se presentan en contextos más académicos (10, 11, 12 y 13). Cuando se requiere aplicar el conocimiento de la con-

Tabla 2.26: Prueba: "Los cambios químicos".  
Relevancia y dominio de cada tarea y de la prueba en su conjunto.

Elemento	RELEVANCIA		DOMINIO	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	2.66	.51	73.75	17.01
2	2.66	.51	73.75	17.01
3	2.50	.54	76.25	12.50
4	1.83	.75	66.25	17.97
5	2.00	.89	68.75	20.96
6	2.16	.40	73.75	11.08
7	2.00	0.00	68.75	2.50
8	1.33	.51	66.25	17.01
9	1.33	.81	67.50	12.58
10	1.83	.40	61.25	14.36
11	2.16	.40	66.25	12.50
12	2.00	0.00	66.25	12.50
13	2.16	.40	66.25	12.50
14	1.33	.51	63.75	22.12
15	1.33	.81	63.75	17.01
16	1.50	1.22	48.75	31.72
17	1.33	1.21	51.25	31.19
18	1.66	.81	65.00	12.91
19	1.66	1.03	56.25	14.93
20	1.50	.83	61.25	16.52
21	1.16	.75	50.00	25.49
22	1.83	.98	61.25	16.52
23	1.50	.83	67.50	15.00
24	1.66	.81	65.00	12.91
Prueba	4.83	1.47	66.66	10.32

servación de la masa en una ecuación química (20 y 23), la tarea se considera menos relevante (1.5 en ambos casos) y muy poco relevante (1.33) si la reacción química se presenta en contextos poco habituales en el aula (8 y 9). Las tareas que requieren reconocer las valencias con que actúan los distintos elementos de un compuesto y relacionarlas con los datos proporcionados por el sistema periódico (18, 19, 22 y 24) presentan una relevancia media (entre 1.67 y 1.83), tanto si se presentan de forma directa o como falsación de hipótesis. Son consideradas tareas poco relevantes la traducción de fórmulas a

estructuras moleculares (15) y la interpretación de los modelos de enlace químico a partir de los datos de una tabla (14, 16 y 17) con medias entre 1.33 y 1.50. La tarea de reconocimiento de reacciones endotérmicas - exotérmicas es la considerada menos relevante (21; 1.17).

En cuanto al grado de dominio, los profesores consultados consideran, en promedio, que los alumnos deben superar el 67% de las preguntas de la prueba tomada en conjunto para considerar que su comprensión de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluadas son suficientes. Sólo tres tareas no alcanzan el 55% de dominio: la interpretación de los modelos de enlace químico a partir de los datos de la tabla (16 y 17) y el reconocimiento de reacciones endotérmicas - exotérmicas (21). Entre el 56 y el 65% oscilan 8 tareas (10, 14, 15, 18, 19, 20, 22 y 24): Salvo las tareas 10 y 20 - relativas a la aplicación de la conservación de la masa - las otras tareas siguen refiriéndose a la interpretación de los modelos de enlace químico (14), al reconocimiento de las valencias con que actúan los distintos elementos de un compuesto a partir de los datos proporcionados por el sistema periódico (18, 19, 22 y 24) y a la traducción de fórmulas a estructuras moleculares (15); tareas todas ellas que presentaban también una relevancia baja. A todas las demás se les asignan dominios comprendido entre este valor y el 74%; no existen asignaciones por encima de este valor.

En conjunto, los datos anteriores muestran una vez más que los profesores ponen un énfasis mayor en el conocimiento de los contenidos más conceptuales (distinción entre cambios físicos y químicos y aplicación del principio de conservación de la masa al reconocimiento de ecuaciones químicas correctas) que en el resto de las adquisiciones. Sitúan en un segundo nivel de importancia las tareas de falsación y las de traducción de un lenguaje simbólico a otro. Y en último lugar se encontrarían las tareas de interpretación y evaluación de los modelos de enlace químico debido, probablemente, a que son tareas a las que se dedica poco tiempo en el proceso de enseñanza-aprendizaje por considerarse demasiado difíciles.

Quisiéramos destacar aquí la importancia de la tarea 15 (traducción de un lenguaje simbólico a otro): si los alumnos no han asimilado correctamente la estructura molecular implicada en las fórmulas químicas que aparecen en una reacción, difícilmente podrán llegar a ajustar dichas ecuaciones y, mucho menos, a realizar cálculos estequiométricos que impliquen manejar moles, tal como se les exige en los cursos posteriores. Esa puede ser una de las razones de que los alumnos no sean capaces de aplicar conocimientos conceptuales en la resolución de los problemas químicos y se limiten a la aplicación de algoritmos, aprendidos memorísticamente (Gabel et. al, 1984,

1993; Bunce et al, 1991). Sin embargo, los profesores no parecen percibir este problema, dada la escasa relevancia que conceden a ser capaz de resolver tareas de este tipo.

### 2.7.3.3. Porcentaje de sujetos que escoge cada alternativa e índice de dificultad.

Como en los ejemplos anteriores del modelo de evaluación que proponemos, para analizar cual es el estado actual de los conocimientos de los alumnos sobre el tema se ha analizado, en primer lugar, el índice de dificultad de cada pregunta; después, a fin de determinar el origen de las dificultades que experimentan los alumnos se ha analizado el porcentaje de los mismos que elige las distintas alternativas de respuesta y las puntuaciones medias obtenidas por los alumnos en cada una de las categorías establecidas para evaluar los diferentes objetivos de aprendizaje. Los datos se recogen en la Tabla 2.27.

Como puede comprobarse examinando los datos correspondientes al índice de dificultad, más de la mitad de las preguntas -catorce exactamente- tienen una dificultad intermedia (entre 33,4 y 66,6 %); una tercera parte se encuentran en el tercio de mayor dificultad (superior a 66,6) y sólo dos cuestiones en el tercio de inferior dificultad (menos de 33,4). La prueba en su conjunto presenta para los alumnos una dificultad superior a la de "*Estructura de la materia*", con un valor medio de 43.8 frente al 56.4 de aquella, algo lógico si se piensa que la comprensión adecuada de los contenidos del tema de los cambios químicos depende en parte de la comprensión de la estructura de la materia, a lo que se añade la dificultad específica de comprender el resto de factores que afectan a las transformaciones estudiadas.

También puede comprobarse que existen tendencias a la hora de elegir algunas de las alternativas incorrectas que hace que las preguntas tengan un especial valor diagnóstico. Dado que estas tendencias se manifiestan más en relación con unos aspectos conceptuales que con otros, vamos a describir los resultados encontrados en este punto en relación con los diferentes bloques de contenido evaluados.

#### *Distinción entre cambios físicos y químicos (Tareas 1, 2, 3, 4 y 5)*

Se observa una gran diferencia entre las dificultades de las tareas 2, 4 y las tareas 1, 3, 5. Este hecho pone de manifiesto que la mayoría de los alumnos han asimilado que los cambios de estado (cera que se derrite, colonia que se evapora, agua que se congela) son cambios físicos. Sin embargo, en la

Tabla 2.27. Prueba "Los cambios químicos".  
Frecuencia con que ha sido escogida cada alternativa e índice de dificultad de cada elemento.

n=210	Alternativas											
	Elemento	a	b	c	0	ID	Elemento	a	b	c	0	ID
	1	115	47	36	12	54.8	13	98	55	48	9	26.2
	2	116	61	32	1	15.2	14	38	61	94	17	44.8
	3	30	39	141	0	67.1	15	67	122	20	1	31.9
	4	82	29	98	1	13.8	16	81	72	55	2	34.3
	5	126	26	57	1	60.0	17	71	56	77	6	33.8
	6	30	46	133	1	63.3	18	61	18	129	2	61.4
	7	26	135	47	2	64.3	19	55	70	78	7	37.1
	8	53	109	46	2	51.9	20	67	71	59	13	31.9
	9	46	120	44	0	21.9	21	80	71	47	12	33.8
	10	16	40	154	0	73.3	22	27	53	123	7	58.6
	11	51	95	55	9	45.2	23	77	78	42	13	37.1
	12	33	63	111	3	52.9	24	75	55	72	8	35.7

NB: 0 = No han respondido la pregunta.  
ID = Índice de dificultad (% de aciertos)

tarea 2 la opción elegida como *fenómeno químico* con más frecuencia es "cuando se azucara una taza de té". Este resultado es coherente con el hecho, puesto de manifiesto en estudios anteriores (Driver et al, 1985), de que los alumnos tienden a guiarse por sus percepciones externas, lo que les lleva a confundir el proceso de disolución, en el que se produce un cambio aparente, con una reacción química.

La mayor dificultad de la tarea 4 (la máxima de toda la prueba) no sólo reside en una confusión entre "quemar" y "calentar" alcohol. Hay que desta-

car que ambos distractores presentan frecuencias análogas, pero la confusión es más seria en el caso de la opción "*el alcohol ha desaparecido ... transformándose en energía calorífica del aire*", pues implica la idea de la falta de conservación de la materia. Es un esquema alternativo muy frecuente (Carbonell y Furió, 1987) que es preciso tener en cuenta durante el proceso de enseñanza, dada la diferencia existente entre la dificultad que presenta para el alumno y el grado de dominio exigido por los profesores (discrepancia del 50%).

*Identificación del tipo de sustancia a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos (Tareas 6 y 7)*

Se trata de áreas de dificultad intermedia, con valores análogos a los exigidos por los profesores.

*Reconocimiento de la conservación de la masa en reacciones químicas (Tareas 8, 9, 10, 20 y 23).*

Llama la atención, en primer lugar, la diferente dificultad de las tareas 8, 9 y 10, en las cuales los alumnos deben señalar el resultado final de una transformación de modo que al hacerlo se ponga de manifiesto si consideran que la masa se ha conservado o no. Creemos que la explicación puede deberse a las diferentes pistas que el alumno recibe en cada una de las tareas. En la 9, la más difícil de las tres, se le pide que indique si habrá habido variación, sin indicar por qué. En la 8, de dificultad intermedia, no se le dan razones, pero el soporte gráfico y la idea de que "no sale nada al exterior" pueden haber facilitado la respuesta. Finalmente, en la tarea 10 se dan justificaciones que el alumno puede evaluar como más o menos plausibles. En conjunto, la información que proporcionan estas tareas se complementa, pues pone de manifiesto ayudas progresivas que pueden facilitar a los alumnos el reconocimiento de la conservación de la materia, ayudas sin las cuales no establecen ninguna conexión entre lo que aprenden en la escuela y su contexto cotidiano, como pone de manifiesto su interpretación de lo que sucede en la nave espacial (tarea 9), tarea en que los resultados han sido semejantes a los encontrados por Driver et al. (1985) en una tarea similar.

En cuanto a las tareas 20 y 23, si bien hacen referencia a la conservación de la masa, en realidad evalúan aspectos distintos. Primero, se menciona explícitamente en ambas el principio de la conservación de la materia. Y, segundo, ambas implican conocer las reglas de formulación química para po-

der deducir la equivalencia de masa antes y después de una transformación, de modo que sea posible detectar cuándo una formulación es incorrecta. No quieren, pues, la interpretación de un fenómeno real. Por ello no es extraño que su dificultad difiera de la de las restantes tareas.

*Aplicación de leyes y principios en las reacciones químicas:* Ley de las proporciones simples (Tareas 11, 12) y ley de conservación de la energía (Tarea 21)

Las dos primeras tareas resultan similares y de una dificultad intermedia. En cambio, la última sólo es resuelta correctamente por una tercera parte de los alumnos. Choca el hecho de que la alternativa más elegida suponga rechazar directamente el cumplimiento de los principios de conservación en las reacciones químicas, a saber, "*en todas las reacciones químicas, ya sean endotérmicas o exotérmicas, se conserva constante la cantidad total de materia y la cantidad de energía puestas en juego*", principio que se enseña de modo explícito en las clases. Esta tendencia podría deberse tanto a la tendencia a elegir la opción "correcta", que puede haber dado lugar a que los alumnos no se hubiesen fijado en que se pregunta por la alternativa "incorrecta" cuanto a que, realmente, sus ideas previas les hubieran hecho pensar que la energía no se conserva. Creemos, en consecuencia, que aunque esta pregunta funcione bien desde el punto de vista de su homogeneidad, como luego se verá, debería ser sustituida por otras cuyo valor diagnóstico esté más claro.

*Conocimiento de la terminología científica y traducción de un lenguaje simbólico a otro* (Tarea 15)

Esta pregunta, fundamental para la comprensión conceptual de la química y para posibilitar una resolución razonada y no memorística de sus problemas, sólo es respondida correctamente por menos de la tercera parte de los alumnos. La alternativa elegida con más frecuencia por los alumnos indica que no han asimilado la estructura molecular de elementos y compuestos tan cotidianos como el hidrógeno y el agua, así como que no reconocen el significado de índices y subíndices en la formulación química. La poca importancia y grado de dominio asignado por los profesores a esta tarea justifica estos resultados, indicando que son conocimientos y destrezas que no se desarrollan en clase, dando por supuesto que ya han sido asimilados por los alumnos. Se requiere, pues, que los profesores modifiquen sus planteamien-

tos, algo que puede hacerse en la línea sugerida por Johnstone (1990), esto es, relacionando los fenómenos con las representaciones simbólicas y corpusculares, ya que de este modo se ayudaría a los alumnos a superar algunos de sus esquemas conceptuales no-científicos.

*Interpretación y evaluación de los modelos de enlace químico a partir de datos aportados en forma de tabla (Tareas 14, 16, 17, 18, 19, 22 y 24)*

En esta categoría aparecen varias tareas de dificultades próximas al tercio superior. La menor dificultad de la tarea 14 puede deberse a la mayor facilidad de lectura de la tabla para los alumnos que han asimilado el átomo de Bohr y la tendencia de los átomos a completar los ocho electrones de su capa externa frente a la comprensión de la información proporcionada por el sistema periódico. Por otra parte, dado que no hay diferencia sustancial entre la frecuencia de elección de las distintas alternativas incorrectas en las preguntas relativas a este último, la dificultad de las distintas preguntas puede deberse simplemente a que no conocen las características de la organización de la tabla que recoge el sistema periódico.

En cuanto a la diferencia entre las tareas 22 y 24, en las que los alumnos deben reconocer las condiciones adecuadas para falsar una hipótesis, los resultados coinciden con los encontrados en relación con algunas de las pruebas anteriores. Elegir entre las alternativas de la tarea 22 requiere controlar solamente la valencia de dos elementos, siempre los mismos y cotidianos, mientras que para resolver adecuadamente la tarea 24, la valoración de dos de las alternativas exige controlar tres elementos, lo cual puede requerir una mayor capacidad de memoria de trabajo en el alumno (Opdenacker et al., 1990), haciendo más difícil la tarea.

*Conocimiento de las características de la combustión (Tarea 13)*

Esta tarea se planteó con el objetivo de comprobar si los alumnos de 8º de E.G.B. tenían dificultades para reconocer el papel del oxígeno en los procesos de combustión, tal como se señala en la bibliografía (Driver et al., 1985). Los resultados han confirmado una vez más que casi la mitad de los alumnos consideran que *"la combustión ha de realizarse en presencia de aire o, por lo menos de oxígeno, aunque éstos no participen activamente en el proceso"*.

En conjunto, los resultados del análisis de las alternativas escogidas por los alumnos pone de manifiesto la generalidad de los resultados encontrados

tanto en los estudios citados como en relación con las pruebas anteriormente descritas. Así, aunque conozcan teóricamente los modelos corpusculares y atómicos de la materia, no son capaces de usarlos en los cambios químicos (Stavridou y Solomonidou, 1989; Berkheimer y Blakeslee, 1988). Además, los alumnos de estas edades tienen dificultades para manejar más de dos variables, sobre todo en contextos poco conocidos. Finalmente, son sensibles a las pistas que pueden proporcionar ligeras variaciones en las preguntas, mejorando sus respuestas sin que haya una comprensión real de los fenómenos.

#### 2.7.3.4. Calificación y punto de corte.

##### *Establecimiento de categorías*

Analizadas las dificultades conceptuales y de razonamiento con que se encuentran los alumnos, el primer paso dado con el fin de posibilitar la toma de decisiones de clasificación o promoción, de acuerdo con el modelo descrito en el primer capítulo, ha sido establecer un perfil de puntuaciones, agrupando las tareas que evalúan un mismo concepto o capacidad, tal como se recoge en la Tabla 2.28. En ella se presentan también las puntuaciones medias obtenidas por la muestra de estudiantes en cada categoría y escala, tras transformar las puntuaciones directas en las puntuaciones correspondientes a una escala de diez puntos para facilitar su comparación, así como la fiabilidad (consistencia interna, índice  $\alpha$ ) de las escalas que pueden formarse a partir de las puntuaciones antes de su transformación.

Puede observarse que, salvo las categorías *Distinción de elementos y compuestos a partir de procesos físico-químicos* y *Comprensión de la oxidación*, todas las restantes categorías presentan medias inferiores, incluso, a la media tradicional; medias que son especialmente bajas en *comprensión de la combustión*, *de la conservación de la energía* en las reacciones químicas y en *transformación de la representación* de las fórmulas químicas. También puede comprobarse la gran dispersión de los datos, con desviaciones superiores al propio promedio, en estos casos y en *Comprensión de los enlaces*.

##### *Capacidad discriminativa*

Como en casos anteriores, el hecho de que los índices de fiabilidad sean bajos pone de manifiesto que se están evaluando conocimientos heterogéneos. La agregación de las puntuaciones, pues, tendrá sentido en la medida en que los distintos elementos contribuyan de modo significativo a la capacidad

Tabla 2.28. Prueba "Los cambios químicos".  
Categorías que integran el perfil de puntuaciones:  
Composición y puntuaciones medias.

Categorías	Elementos	N	Med.	Sx
a) Comprensión fenómenos físicos y químicos	1, 2, 3, 4, 5	210	4.21	2.13
b) Distinción de elementos - compuestos	6,7	210	6.38	4.31
c) Comprensión oxidación	10	210	7.33	4.43
d) Comprensión combustión	13	210	2.61	4.40
e) Comprensión enlaces	14	210	4.47	4.98
f) Conservación de la masa	8, 9, 10,	209	4.31	2.19
g) Ley proporciones simples	11, 12	210	4.90	3.75
h) Conservación de la energía	21	210	3.38	4.74
Integración del esquema conceptual Fiabilidad $\alpha = .47$	a+b+c+d+e+f+g +h	209	4.58	1.64
i) Representación fórmulas químicas	15	210	3.19	4.67
j) Interpretación tablas	14, 16, 17, 18, 19	209	4.23	2.42
k) Falsación hipótesis	20, 22, 23, 24	210	4.08	2.60
Razonamiento y solución de problemas Fiabilidad $\alpha = .38$	i+j+k	209	4.07	1.86
PRUEBA COMPLETA Fiabilidad $\alpha = .46$		209	4.37	1.27

discriminativa de la prueba, lo que supone examinar los diferentes índices de homogeneidad. Con este fin se presentan en la Tabla 2.29 las correlaciones de cada una de las categorías establecidas con las tareas individuales que la componen, así como las correlaciones de las distintas categorías con los subsquemas correspondientes y con el total de la prueba.

Tabla 2.29: Prueba "Cambios químicos". Índices de homogeneidad.

Elemento	Índice	Escala de la que forma parte	Elemento	Índice	Escala de la que forma parte	
1	.60	A) Comprensión de fenómenos físicos y químicos	8	.69	F) Conservación de la masa <sup>1</sup>	
2	.34		9	.53		
3	.55		10	.60		
4	.36					
5	.54					
6	.90	B) Comprensión de elementos y compuestos	11	.75	G) Ley proporciones simples	
7	.90		12	.75		
14	.55	J) Interpretación de tablas <sup>1</sup>	20	.44	K) Falsación de hipótesis	
16	.39		22	.58		
17	.53		23	.57		
18	.52		24	.57		
19	.49					
Correlación de cada categoría con el subesquema al que pertenece y con el total de la prueba.						
		Esquema			Total	
		<i>Comprensión conceptos y principios</i>			.82	
		Comprensión fenómenos físicos y químicos (A)	.67			.54
		Comprensión elementos y compuestos (B)	.60			.42
		Comprensión oxidación (C)	.32			.25
		Comprensión combustión (D)	.21			.18
		Comprensión enlaces (E)	.14			.35
		Conservación de la masa (F)	.55			.49
		Ley proporciones simples (G)	.38			.47
		Conservación de la energía (H)	.32			.26
		<i>Razonamiento y sol. de problemas</i>			.66	
		Representación fórmulas químicas (I)	.16			.21
		Interpretación tablas (J)	.80			.55
		Falsación hipótesis (K)	.72			.49

1. Las categorías C) Comprensión oxidación, D) Comprensión combustión, E) Comprensión enlaces, H) Conservación de la energía e I) Representación fórmulas químicas no se incluyen, obviamente, porque constan de un único elemento.

Las correlaciones de las categorías establecidas con las tareas individuales que las componen superan ampliamente en todos los casos el valor estándar 0.25, lo cual muestra que su contribución a la valoración de aquélla es aceptable. En cuanto a la contribución de cada categoría a la valoración del subesquema conceptual al que pertenece es también elevada, salvo en el caso de Comprensión de la combustión y de los enlaces con respecto al subesquema de *Comprensión de conceptos y principios*, lo cual es lógico teniendo en cuenta que ambas son categorías que implican una única tarea.

En el caso de las categorías que evalúan las capacidades de razonamiento y solución de problemas, la correlación de la categoría que evalúa la capacidad de representar las fórmulas químicas y sus transformaciones es la única que no contribuye significativamente a la puntuación de la escala correspondiente, probablemente debido a la dificultad de la única tarea que incluye.

Al igual que en los modelos anteriores, se dan correlaciones menores con las tareas que presentan mayores índices de dificultad. Y consideramos necesario volver a destacar el caso de la tarea 15, representación molecular de las fórmulas químicas, por sus importantes implicaciones pedagógicas. Como conclusión, la agrupación de elementos en categorías que se ha realizado puede considerarse adecuada y ser utilizada como base de la calificación.

### *Establecimiento del punto de corte*

Para determinar el punto de corte con vistas a tomar decisiones sobre el nivel alcanzado por los alumnos, se ha seguido el mismo procedimiento que en los casos anteriores, ponderando las notas equivalentes al nivel de dominio asignado por los profesores a cada una de las categorías en función de la proporción que la relevancia de las mismas representa respecto a la relevancia total atribuida a la prueba, y obteniéndose la calificación criterio o punto de corte a partir de la suma de las puntuaciones ponderadas. Los resultados del proceso descrito se recogen en la Tabla 2.30.

Puede observarse que, aunque la media real y la media ponderada son muy similares, están dos puntos por debajo de la nota que reflejaría el punto de corte deseable en opinión de los profesores. Este hecho se da también en casi todas las categorías, como ya hemos comentado anteriormente. Si los profesores asignan a estos conocimientos y capacidades niveles de dominio superiores al 50% es porque los consideran aspectos importantes del currículo y, si los alumnos alcanzan medias tan bajas, está claro que es necesario

buscar estrategias de enseñanza que permitan mejorar estos resultados. O, en caso contrario, será preciso replantearse los objetivos y grados de dominio para estas categorías.

Tabla 2.30. Prueba "Los cambios químicos".  
Ponderación de las diferentes categorías de puntuación

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva- lente	(c) Relevan- cia: Pro- porción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponde- rada
CATEGORÍAS						
Comp. cambios físicos/químicos	71.75	7.2	.123	.88	4.21	.52
Comp. elementos - compuestos	71.25	7.1	.110	.78	6.38	.70
Comp. oxidación	61.25	6.1	.097	.59	7.33	.71
Comp. combustión	66.25	6.6	.114	.76	2.61	.30
Comp. enlaces	63.75	6.4	.070	.45	4.47	.31
Conservación de la masa	64.75	6.5	.079	.51	4.31	.34
Ley proporciones simples	66.25	6.6	.110	.73	4.90	.54
Conservación de la energía	50.00	5.0	.062	.31	3.38	.21
Represent. de fórmulas químicas	63.75	6.4	.070	.45	3.19	.22
Interpretación tablas	57.00	5.7	.079	.45	4.23	.33
Falsación hipótesis	63.75	6.4	.086	.55	4.08	.35
Dominio medio exigido:	66.70	6.7				
Punto de corte:				6.46		
Medias (real y ponderada):					4.37	4.54

## 2.8. Evaluación del conocimiento en Ciencias de la Naturaleza en 1º y 2º de E.S.O.: Conclusión.

Al comienzo del presente capítulo planteábamos que, teniendo en cuenta los objetivos que se trata de conseguir con el actual diseño curricular, los profesores deberían evaluar, por un lado, el grado en que los alumnos van construyendo una representación integrada y funcional de las distintas realidades y fenómenos que se estudian en los distintos bloques de contenido, así como de los modelos causales que explican el modo en que unas y otros in-

teractúan y cambian y, por otro lado, el grado en que afrontan la búsqueda de explicaciones y la solución de problemas razonando de acuerdo con las pautas que describen el pensamiento científico. Decíamos a continuación que, para conseguir tal objetivo, era preciso definir previamente el tipo de información que es preciso recoger y los métodos más adecuados para ello, objetivos que hemos abordado a lo largo del capítulo. Es preciso, pues, ahora, hacer un balance de lo conseguido.

En primer lugar, hemos examinado los enfoques desde los que se plantea actualmente la evaluación en el ámbito de las Ciencias de la Naturaleza. Estos planteamientos se dividen en dos grupos. Por un lado, los que podemos considerar de tipo tradicional, centrados en el recuerdo y en la solución de problemas mediante el empleo de algoritmos, y que resultan altamente insatisfactorios pues no muestran en realidad el grado en que los alumnos comprenden lo que recuerdan o los procedimientos que aplican. Por otro lado están los planteamientos alternativos. Dentro de estos, una línea de trabajo muy importante es la que se centra en la evaluación de la capacidad de hacer ciencia experimentalmente, para lo que se propone a los alumnos trabajos de tipo práctico que van desde el diseño de investigaciones, pasando por su realización y la interpretación de los resultados hasta la redacción de informes. Evaluar estas capacidades requiere fundamentalmente, además de diseñar los problemas a plantear a los alumnos, el desarrollo de códigos de observación basados en modelos teóricos que describan las características que debe tener la actuación de los alumnos y que permitan registrar de forma válida sus progresos y dificultades. Un ejemplo de tales códigos se presentaba en el Cuadro 2.3. Obviamente, este tipo de evaluación requiere un modelo de enseñanza que no se da hoy en nuestras aulas, especialmente en los primeros cursos de la enseñanza secundaria. Además, consume mucho tiempo por alumno, lo que hace difícil su aplicación en estos niveles incluso si la evaluación se realiza de forma continua e integrada en el proceso de enseñanza.

Teniendo presentes los problemas anteriores, dado que el currículo en los cursos que nos ocupan está mucho más orientado a facilitar la comprensión de los conceptos y modelos básicos de la ciencia, y dada la dificultad que plantea a los alumnos tanto la comprensión de tales conceptos como el tener que razonar aplicando destrezas propias del pensamiento formal apenas adquiridas, era necesario desarrollar procedimientos centrados en la evaluación tanto de la adecuación de las representaciones que los alumnos van construyendo, representaciones que reflejan su comprensión de los fenómenos, como de las capacidades implicadas en la solución de problemas aplicando las destrezas de razonamiento mencionadas. Se trataba, pues, de en-

contrar modelos y técnicas que proporcionasen información que tuviese un valor diagnóstico, esto es, que permitiese identificar los factores responsables de las dificultades de comprensión y razonamiento de los alumnos, de modo que fuese posible a partir de dicho diagnóstico proporcionarles las ayudas necesarias para progresar. Y, al mismo tiempo, de sugerir criterios que permitiesen tomar decisiones respecto a la promoción de los alumnos a partir de la información recogida sobre el desarrollo de distintas capacidades, si fuera necesario.

Para afrontar el problema de obtener información válida sobre la comprensión y el razonamiento de los alumnos, una de las técnicas más adecuadas es la entrevista de tipo piagetiano. Esta técnica es, sin embargo, inviable cuando se han de evaluar muchos alumnos. En estos casos, la evaluación actualmente sigue haciéndose mediante pruebas de pregunta corta o de opción múltiple, de orientación tradicional, criticadas por su carencia de valor diagnóstico. Sin embargo, como ha señalado Tamir (1996) y como ya habíamos indicado en otro trabajo (Alonso Tapia, 1995), esto no se debe a la técnica misma sino a la forma en que se diseñan las preguntas, ya que es posible construir tareas con valor diagnóstico con tal que a) la tarea exija del alumno la realización de actividades de tipo clasificatorio, de razonamiento o de solución de problemas y no sólo de recuerdo, y que b) las alternativas incluyan errores de concepto o de razonamiento típicos de los alumnos. Estos errores, como señala Tamir, equivalen a las situaciones que se plantean en la entrevista piagetiana para contrastar la consistencia de las creencias y los modos de razonamiento de los alumnos.

En nuestro planteamiento de la evaluación nos hemos centrado en el uso de las técnicas mencionadas en último lugar. El problema, sin embargo, era diseñar tareas que tuviesen las características descritas, dificultad que se ha afrontado por dos vías. Por un lado, para diseñar las tareas y problemas, se han examinado las características que deberían tener para que pudiese aceptarse que evaluaban comprensión, razonamiento de distintos tipos, análisis e interpretación de distintas fuentes de información, etc., tarea en la que nos ha ayudado el análisis realizado por los expertos en psicología cognitiva (Alonso Tapia, 1992, cap. 13). Por otro lado, para diseñar los distractores, se han tenido en cuenta las investigaciones sobre las dificultades específicas que los alumnos de estas edades encuentran para comprender los distintos contenidos de la Física, la Química o la Biología, debido a sus ideas previas, o para razonar de modo eficiente debido a que no han alcanzado los niveles de razonamiento propios del pensamiento formal. Como resultado de esta forma de afrontar el problema, una de las principales aportaciones de este

trabajo han sido los numerosos ejemplos diseñados para evaluar de forma diagnóstica la comprensión y los procesos de razonamiento y solución de problemas cuya adquisición constituye el objetivo del trabajo curricular en estos niveles, tareas planteadas en el contexto de seis núcleos de contenido diferentes, tres para los alumnos de 12 a 14 años (7° de EGB, 1° de ESO) y otros tres para los de 13 a 15 años (8° de EGB, 2° de ESO). En el Cuadro 2.23 se enumeran algunos de los ejemplos de los distintos tipos de tareas diseñadas, señalando la prueba a la que pertenecen, a fin de que puedan compararse, de modo que su diseño sirva de prototipo para construir otras tareas semejantes.

Cuadro 2.23. Enumeración de ejemplos de las categorías de tareas utilizadas.

a) Para evaluar la *comprensión de conceptos y principios*:

- Tareas de *categorización*. Por ejemplo:
  - Preguntas 4, 5, 6 y 7 de la prueba "Reproducción de los seres pluricelulares".
  - Preguntas 1 a 5 de la prueba "Estructura de la materia".
  - Preguntas 1 a 3 de la prueba "Los cambios químicos".
- Tareas que demandan la *explicación de un fenómeno*. Por ejemplo:
  - Pregunta 7 de la prueba "El aire y el agua".
  - Preguntas 6 y 7 de la prueba "La corriente eléctrica".
  - Pregunta 6 de la prueba "La estructura de la materia".
  - Preguntas 4 y 5 de la prueba "Los cambios químicos".
- Tareas que implican hacer *inferencias de tipo predictivo*. Por ejemplo:
  - Preguntas 13, 14 y 15 de la prueba "El aire y el agua",
  - Preguntas 11, 12 y 13 de la prueba "La corriente eléctrica".
  - Pregunta 17 de la prueba "Nociones de Genética".
  - Preguntas 8, 15, 16 y 17 de la prueba "La estructura de la materia".
  - Preguntas 9 a 11 de la prueba "Los cambios químicos".
- Tareas que implican *traducir datos de un código de representación a otro*. Por ejemplo:
  - Pregunta 15 de la prueba "Los cambios químicos".

b) Para evaluar la *capacidad de leer la información presentada en distintas fuentes y códigos*.

- Tareas de *comprensión de textos*. Por ejemplo:
  - Preguntas 13, 14, 15 y 16 de la prueba "La reproducción de los seres pluricelulares"
  - Pregunta 21 de la prueba "Nociones de Genética".
- Tareas que implican la *lectura e interpretación de gráficos de datos*. Por ejemplo:
  - Preguntas 9 y 10 de la prueba "La estructura de la materia".
- Tareas que implican la *lectura e interpretación de esquemas gráficos*. Por ejemplo:
  - Preguntas 8, 9, 18 y 19 de la prueba "El aire y el agua".
  - Preguntas 18 a 21 y 23 de la prueba "La corriente eléctrica".
  - Pregunta 8 de la prueba "Los cambios químicos".
- Tareas que implican la *lectura e interpretación de tablas*. Por ejemplo:
  - Pregunta 26 de la prueba "La corriente eléctrica".
  - Pregunta 28 de la prueba "La estructura de la materia".
  - Preguntas 14 y 16 a 19 de la prueba "Los cambios químicos".
- Tareas que implican *conocer el significado de símbolos específicos*. Por ejemplo:
  - Pregunta 3 de la prueba "La corriente eléctrica".
  - Preguntas 15, 18 a 20 y 22 a 24 de la prueba "Los cambios químicos".

c) Para evaluar la capacidad de razonar:

- Tareas que exigen *interpretar si un factor es causa necesaria, suficiente o facilitadora de un fenómeno* (Razonamiento deductivo). Por ejemplo:
  - Tareas 18 a 25 de la prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".
- Tareas de *razonamiento combinatorio y deductivo*:
  - Preguntas 12, 13, 14, 19 y 27 de la prueba "Nociones de Genética".
- Tareas que exigen *detectar covariaciones* (Pensamiento correlacional). Por ejemplo:
  - Pregunta 26 de la prueba "La corriente eléctrica".
- Tareas que exigen *establecer relaciones entre proporciones* (Razonamiento proporcional).

- Pregunta 23 de la prueba "Nociones de Genética".
- Pregunta 30 de la prueba "La estructura de la materia".
- Tareas que exigen un adecuado *control de variables* para poder falsar hipótesis. Por ejemplo:
  - Preguntas 10, 11 y 12 de la prueba "El aire y el agua".
  - Preguntas 15, 16, 17 y 23 de la prueba "La corriente eléctrica",
  - Pregunta 17 de la prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".
  - Preguntas 15, 16 y 17 de la prueba "La estructura de la materia".
- Pregunta 17 de la prueba "La reproducción de los seres pluricelulares".
- Preguntas 15, 16 y 17 de la prueba "La estructura de la materia".

Para diseñar la evaluación no basta, sin embargo, con elegir una técnica y diseñar tareas apropiadas. Es preciso, como hemos señalado, decidir qué información recoger y con qué extensión hacerlo. En relación con este objetivo hemos puesto de manifiesto lo útil que resulta explicitar el tipo de reorganización conceptual que se busca mediante mapas conceptuales, así como definir los tipos de capacidades a cuyo desarrollo se pretende que contribuya el tema, ya que proporciona el marco de referencia desde el que determinar si la prueba cubre los objetivos buscados.

Con el fin de articular las actividades anteriores, hemos descrito e ilustrado, además, *un modelo de procedimiento* para diseñar las evaluaciones, modelo de seis pasos que recordamos:

- Especificar el tipo de reorganización conceptual que se espera.
- Determinar qué puede considerarse como criterio de comprensión, generando las tareas adecuadas.
- Seleccionar las tareas que permiten cubrir con la extensión adecuada los objetivos a evaluar.
- Determinar qué puede constituir un indicador válido de la adquisición de capacidades.
- Seleccionar las tareas para la evaluación de procedimientos y capacidades a incluir en el proceso de evaluación.

Como se ha podido comprobar a lo largo del capítulo, los pasos anteriores se han seguido en la construcción de cada una de las seis pruebas descritas, lo que pone de manifiesto su viabilidad.

Más allá de las consideraciones teóricas es preciso, sin embargo, mostrar empíricamente hasta que punto el modelo propuesto es válido para ayudar a los profesores en su actividad evaluadora. Un primer paso en este sentido lo constituye la valoración de las pruebas construidas realizada por un grupo de profesores del área. A pesar de lo reducido de la muestra -cinco profesores- la evaluación realizada ha proporcionado información importante por diversos motivos. Por un lado, el contenido de las pruebas, globalmente consideradas, ha sido considerado en general como bastante relevante. Por otro lado, el hecho de que hayan otorgado mayor relevancia a las tareas no sólo más centradas en lo conceptual, sino más semejantes a las usadas tradicionalmente, y menos a las que evalúan las diferentes capacidades implicadas en la lectura e interpretación de la información procedente de distintas fuentes o a las que evalúan los procesos de razonamiento, pese al valor que se concede a estas en el actual diseño curricular, sugiere que o bien no han interiorizado que el desarrollo de las mismas es un objetivo importante a conseguir a través de la enseñanza de los contenidos curriculares, o bien que no se concede mayor relevancia a estas tareas porque de hecho no se trabaja el desarrollo de las capacidades implicadas. En cualquiera de los casos, estos resultados plantean la necesidad de ayudar al profesorado a modificar sus planteamientos docentes en relación con el desarrollo de las capacidades mencionadas.

El segundo paso para mostrar la viabilidad de nuestro planteamiento ha sido la evaluación con cada una de las pruebas de una media de 200 sujetos, evaluación cuyos resultados han puesto de manifiesto algunos hechos importantes:

- En primer lugar, que la media de los alumnos en la mayoría de las pruebas está por debajo de los niveles que constituyen el criterio mínimo de aprendizaje. Esto es, cuando se les evalúa con pruebas que por su características evalúan la comprensión y las capacidades que se desea que desarrollen y no sólo el recuerdo, la media de los alumnos no aprueba.
- En segundo lugar, el análisis del perfil de puntuaciones ha puesto de manifiesto que los problemas no se deben sólo a las tareas que evalúan las capacidades que los profesores consideran menos relevantes -a veces, como ocurre con la comprensión lectora, realizan estas tareas bastante por encima del nivel criterio-, sino también a las tareas a las que los profesores otorgan mayor relevancia y que, en consecuencia, cabe suponer que se trabajan más en clase.

- En tercer lugar, el análisis de los errores cometidos por los alumnos ha puesto de manifiesto que, en general, coinciden con los señalados por los estudios previos realizados sobre la comprensión y el razonamiento sobre los contenidos evaluados.

En conjunto, los hechos anteriores sugieren la necesidad bien de modificar los planteamientos instruccionales en la medida en que sean responsables de los resultados encontrados, modificación sin la cual parece difícil una mejora de los niveles alcanzados por los alumnos, bien de replantear el tipo de objetivos a conseguir con el trabajo curricular dentro de estos niveles. No obstante, aunque las medias hayan sido bajas, muchos alumnos han resuelto adecuadamente la mayor parte de las tareas, lo que sugiere que no constituyen una meta imposible para los alumnos de estas edades, razón que nos lleva a inclinarnos por la primera posibilidad, algo en lo que las aportaciones de la obra más reciente de Lawson (1995) pueden ser de especial utilidad.

Finalmente, para facilitar a los profesores la toma de decisiones de promoción sugeríamos la necesidad, si se quiere establecer un punto de corte, de ponderar las puntuaciones en función tanto del dominio deseable de cada una de las categorías de tareas como de la relevancia que se supusiese que tenía la consecución del mismo. Somos conscientes de que el procedimiento descrito, en línea con los planteamientos de Rivas y Alcantud (1989), es complejo para ser utilizado en las clases, aunque resulta útil con fines de investigación pues implica una calibración más precisa del nivel alcanzado por los alumnos, teniendo en cuenta que las decisiones han de tomarse a partir de la agregación de puntuaciones correspondientes a contenidos heterogéneos, de distinta relevancia y dificultad. No obstante, constituye una referencia a tener en cuenta en futuros trabajos realizados sobre este punto.



## APÉNDICE 2: CIENCIAS DE LA NATURALEZA

### A) PRUEBAS UTILIZADAS

- 2.1. El aire y el agua.
- 2.2. La corriente eléctrica.
- 2.3. La reproducción de los seres pluricelulares.
- 2.4. Nociones de genética.
- 2.5. La estructura de la materia.
- 2.6. Los cambios químicos.
- 2.7. Criterios de corrección.

### B) MATERIAL UTILIZADO PARA LA VALORACIÓN DE LAS PRUEBAS.

- 2.8. Instrucciones y ejemplos



**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**EL AIRE Y EL AGUA.****(1º DE E.S.O.)****PRIMERA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

Las nubes que traen la lluvia se denominan:

- a) Cirros.
- b) Nimbos.
- c) Estratos.

deberías rodear con un círculo la alternativa b.

**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**



1. De las siguientes afirmaciones sólo una es verdadera. Indícala.

- a) Las partículas que forman el aire están unas junto a otras, sin dejar espacios entre ellas.
- b) Cuando no hay viento, el aire atmosférico no presiona sobre la superficie de la Tierra.
- c) La atmósfera es una capa de gases en movimiento continuo que rodea al planeta Tierra.

2. Señala cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor lo que es el **calor**:

- a) Es el proceso a través del que los cuerpos próximos tienden a igualar sus temperaturas.
- b) Es un estado de las cosas que experimentamos al tocarlas y que se mide con el termómetro.
- c) Es el resultado final del cambio de temperatura de los cuerpos debido a su actividad.

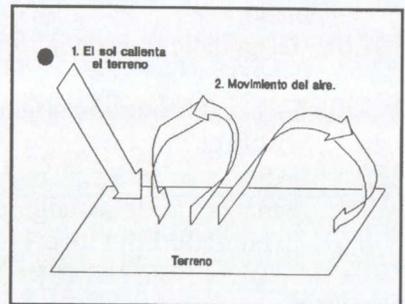
3. Señala cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor lo que es la **temperatura**:

- a) Es una medida de la cantidad de calor que hace en un lugar determinado.
- b) Es un indicador de la rapidez con que se mueven las partículas de un cuerpo.
- c) Es el calor que los objetos que están calientes transmiten a los objetos fríos.

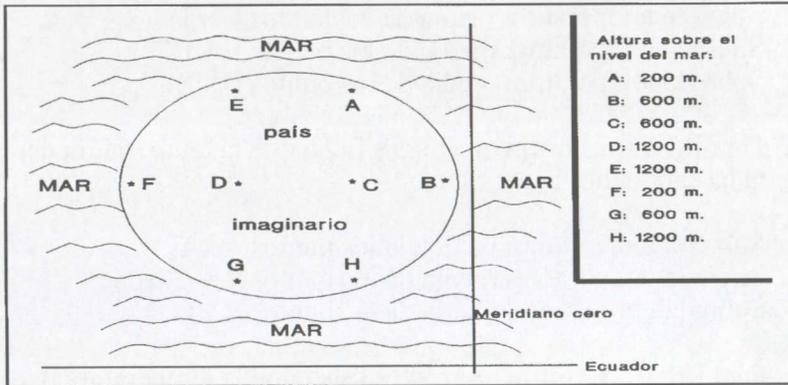
4. Señala cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor lo que es la **humedad del aire**:

- a) Es el agua que queda en forma de gotas en las plantas o las cosas tras las noches frías.
- b) Es la cantidad de agua que hay en el aire en cualquier momento, evaporada por el calor.
- c) Es el vapor de agua que forma las nubes: si no hay nubes, no hay humedad en el aire.

5. Señala cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor lo que es la **presión atmosférica**:
- Es la fuerza con que el peso del aire empuja sobre la Tierra.
  - Es el agobio que sentimos cuando nos falta el aire para respirar.
  - Es la sensación de sofoco que produce el aire caliente al respirar.
6. Imagínate que hay dos lugares, A y B. La temperatura media de A es más baja que la temperatura media de B. O sea, en A hace más frío. ¿A cuál de las siguientes **causas** es más probable que se deba este hecho?
- A que el lugar "A" está orientado al Sur y el "B" está orientado al Norte.
  - A que el lugar "A" está a mayor altura sobre el nivel del mar que el "B".
  - A que el lugar "A" es un lugar con mucha más humedad que el lugar "B".
7. El dibujo de la figura muestra el movimiento del aire cuando el sol calienta el terreno. Señala cuál de las siguientes explicaciones **describe mejor lo que ocurre para que el aire circule**:
- El aire se aleja porque repele el calor del terreno, y vuelve a ocupar su sitio cuando éste se enfría.
  - El aire se aleja porque al calentarse pesa menos, y vuelve a ocupar su sitio cuando se enfría.
  - El aire caliente sube por pesar menos y, al tiempo, el aire frío, que pesa más, ocupa su sitio.



Responde a las preguntas siguientes atendiendo a los datos de este mapa imaginario.



8. Señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre las temperaturas medias de los puntos A y E es cierta:
- Ambas temperaturas son semejantes probablemente por estar ambos cerca del mar.
  - Las temperaturas de estos dos puntos son diferentes por tener distinta latitud.
  - La temperatura del punto E es inferior a la del punto A por estar a más altura.
9. Señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre las temperaturas medias de los puntos que se indican es cierta:
- El que A tenga mayor latitud que C contribuye a que su temperatura media (la de A) sea mayor.
  - Los datos sugieren que la temperatura media de D es probablemente menor que la del punto C.
  - No hay razones para pensar que las temperaturas medias de los puntos F y B son diferentes.

- 10 Para **intentar comprobar si es falso** que la temperatura depende de la altura sobre el nivel del mar, debes coger datos:
- a) Sobre la temperatura media de los puntos C y F.
  - b) Sobre la temperatura media de los puntos E y H.
  - c) Sobre la temperatura media de los puntos F y B.
- 11 Para **intentar comprobar si es falso** que la temperatura depende de la latitud, debes coger datos:
- a) Sobre la temperatura media de los puntos A y F.
  - b) Sobre la temperatura media de los puntos B y C.
  - c) Sobre la temperatura media de los puntos E y G.
- 12 Para **intentar comprobar si es falso** que la temperatura depende de la proximidad al mar, debes coger datos:
- a) Sobre la temperatura media de los puntos D y F.
  - b) Sobre la temperatura media de los puntos B y C.
  - c) Sobre la temperatura media de los puntos C y G.

**EL AIRE Y EL AGUA.****SEGUNDA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

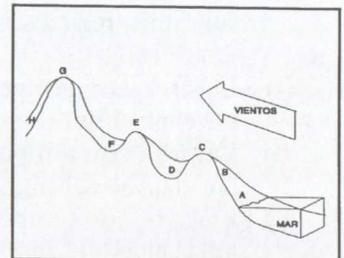
Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

- 13 Señala en cuál de los lugares siguientes es más probable que la humedad del aire sea mayor por término medio.
- a) En el centro del océano Atlántico a la altura de la línea del Ecuador.
  - b) En el desierto del Sahara, por la noche, pues allí hace mucho frío.
  - c) En el Polo Norte, porque hay mucho hielo y la evaporación es mayor.
- 14 Señala en cuál de los lugares siguientes es más probable que la humedad del aire sea mayor por término medio:
- a) En ciudades como Barcelona, por que se encuentran situadas cerca del mar.
  - b) En lugares como Madrid, por su cercanía a las montañas, en las que hace frío.
  - c) En lugares como León, protegidos de los vientos del norte por las montañas.
- 15 Señala en cuál de los tres lugares siguientes es probable que la presión atmosférica sea mayor:
- a) Lugar A, con temperatura media de 10 grados y situado a 200 m. sobre el nivel del mar.
  - b) Lugar B, con temperatura media de 25 grados y situado a 200 m. sobre el nivel del mar.
  - c) Lugar C, con temperatura media de 10 grados y situado a 900 m. sobre el nivel del mar.

En clase has oído que la presión atmosférica varía en función de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura. Teniendo esto presente, examina los datos de la siguiente tabla y responde a las preguntas que siguen:

Lugar	A	B	C	D
Altura sobre el nivel del mar	600 m.	100 m.	600 m.	100 m.
Temperatura	25°	10°	10°	25°
Presión atmosférica	?	?	?	?

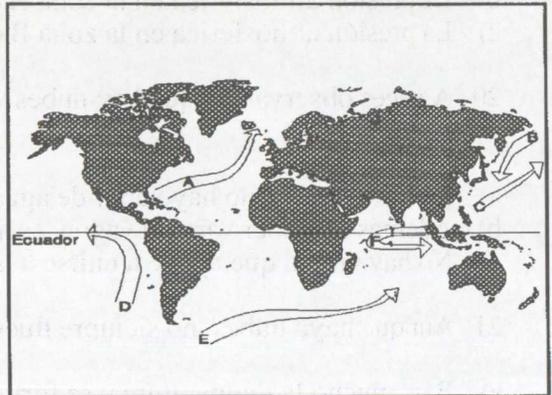
- 16 Señala cuáles de los datos sobre presión deberías buscar y examinar para **intentar comprobar si es falso** que la presión depende de la temperatura.
- Examinaría la presión de los lugares B y D.
  - Examinaría la presión de los lugares C y D.
  - Examinaría la presión de los lugares A y B.
- 17 Señala cuáles de los datos sobre presión deberías buscar y examinar para **intentar comprobar si es falso** que la presión depende de la altura sobre el nivel del mar.
- Examinaría la presión de los lugares A y B.
  - Examinaría la presión de los lugares C y D.
  - Examinaría la presión de los lugares A y D.
- 18 Señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre el gráfico de la derecha es correcta.
- La temperatura media en la zona C es menor que en la zona F.
  - La temperatura media en la zona A es mayor que en la zona F.
  - La temperatura media en la zona F es igual que en la zona D.



- 19 Señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre el gráfico de la derecha es incorrecta.
- a) La presión atmosférica en la zona E es igual que en la C.
  - b) La presión atmosférica en la zona H es menor que en la F.
  - c) La presión atmosférica en la zona B es mayor que en la G.
- 20 A veces observamos que hay nubes y otras no. Cuando no las hay es porque:
- a) En la atmósfera no hay vapor de agua, sino tan sólo aire.
  - b) Además de haber vapor de agua, es necesario que haga frío.
  - c) No hay viento que ayude a unirse a las partículas de vapor.
- 21 Aunque haya nubes, no siempre llueve. Cuando llueve es porque:
- a) Baja mucho la temperatura y se forman gotas gruesas que no pueden flotar.
  - b) Las nubes que están cargadas de agua chocan entre sí y entonces las sueltan.
  - c) El aire frío, al descender hacia el suelo, arrastra el vapor de agua del aire.
- 22 La razón por la que a mayor latitud, menor temperatura, es:
- a) La inclinación del eje de la tierra, que hace que el sol caliente menos al alejarnos del ecuador.
  - b) La rotación de la tierra, que hace que las zonas polares reciban menos sol que las ecuatoriales.
  - c) La forma de la tierra que hace que los rayos del sol lleguen más inclinados en las zonas polares.
- 23 Si unas nubes saturadas de agua se encuentran de repente con una masa de aire muy frío:
- a) Lo más probable es que llueva.
  - b) Lo más probable es que granice.
  - c) Lo más probable es que nieve.

24 ¿En cuáles de los lugares de la figura de la derecha que se indican a continuación las corrientes marinas tienden a hacer que las temperaturas sean menos frías?

- En los que están junto a las corrientes A y F.
- En los que están junto a las corrientes B y D.
- En los que están junto a las corrientes E y C.



25 ¿Cuál de las razones siguientes sobre la influencia del relieve en el tiempo atmosférico es falsa?

- La presión disminuye con la altura, lo que contribuye a que el aire circule de un sitio a otro.
- El Este de las montañas suele ser más húmedo que el Oeste, lo que hace que allí llueva más.
- El relieve modifica la dirección de los vientos, lo que contribuye al enfriamiento de las nubes.

26 A continuación se dan las razones por las que distintos factores influyen en el movimiento del aire de la atmósfera. ¿Cuál de esas razones es falsa?

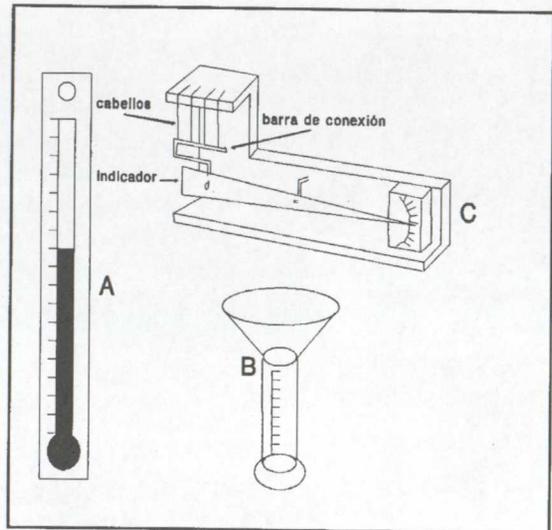
- El desplazamiento de los continentes contribuye al desplazamiento del aire que está encima.
- La rotación de la Tierra, al producir los días y las noches, hace que varíe la temperatura.
- La traslación de la Tierra modifica la cantidad de calor que distintos lugares reciben del sol.

27 Si el **hombre tala los bosques** de modo continuado, esto influye en el tiempo atmosférico porque:

- a) Los árboles detienen el viento; por esta razón, al cortarlos, el viento pasa y no deja lluvia.
- b) El agua de un lugar atrae la lluvia; por eso, al cortar los árboles que la retienen, deja de llover.
- c) Los árboles desprenden vapor de agua; al cortarlos, disminuye la humedad del aire y ya no llueve.

28 Los tres aparatos que se presentan en el gráfico de la derecha son:

- a) El A, un termómetro; el B, un barómetro y el C, un anemómetro.
- b) El A, un termómetro; el B, un pluviómetro, y el C, un higrómetro.
- c) El A, un barómetro; el B, un higrómetro y el C, un pluviómetro.



29 El aparato C del gráfico de la derecha sirve para:

- a) Medir las variaciones de la presión.
- b) Medir la temperatura del ambiente.
- c) Medir las variaciones de la humedad.

30 El agua de la lluvia que queda en las rendijas de las rocas, si se hiela las rompe porque:

- a) Aumenta su volumen, aunque no su peso.
- b) Aumenta su peso y también su densidad.
- c) Aumenta su densidad, pero no su volumen.



**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**LA CORRIENTE ELÉCTRICA****(1° DE E.S.O.)****PRIMERA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

La pila fue inventada por:

- a) Faraday.
- b) Volta.
- c) Coulomb.

deberías rodear con un círculo la alternativa b.

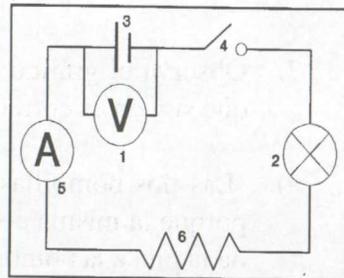
**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**



## PRIMERA PARTE

1. La carga eléctrica de un cuerpo es:
  - a) La diferencia entre el número de sus protones y electrones.
  - b) La cantidad de electrones que contiene en total ese cuerpo.
  - c) La cantidad de corriente eléctrica que es capaz de producir.
  
2. La materia está hecha de átomos formados por partículas más pequeñas. A continuación te describimos tres clases de éstas partículas, pero sólo una de las descripciones es correcta. ¿Cuál?
  - a) Un electrón es una partícula sin carga eléctrica alguna.
  - b) Un neutrón es una partícula con carga eléctrica negativa.
  - c) Un protón es una partícula con carga eléctrica positiva.
  
3. Rodea con un círculo el número que corresponde a cada elemento en el circuito de la derecha.

Aparato para medir la intensidad	1 2 3 4 5 6
Aparato para medir la tensión	1 2 3 4 5 6
Bombilla	1 2 3 4 5 6
Resistencia	1 2 3 4 5 6
Generador (Pila)	1 2 3 4 5 6
Interruptor	1 2 3 4 5 6



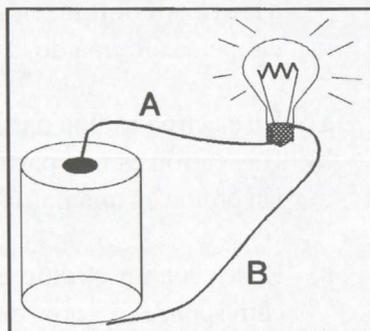
4. Señala cuál de las alternativas siguientes muestra la relación correcta entre diferentes características de la corriente eléctrica y la unidad que se utiliza para su medida.
  - a) Watio para tensión y ohmio para intensidad.
  - b) Watio para potencia y ohmio para resistencia.
  - c) Watio para tensión y ohmio para potencia.

5. Señala cuál de las alternativas siguientes muestra la relación correcta entre diferentes características de la corriente eléctrica y la unidad que se utiliza para su medida.

- a) Amperio para tensión y voltio para resistencia.
- b) Amperio para potencia y voltio para intensidad.
- c) Amperio para intensidad y voltio para tensión.

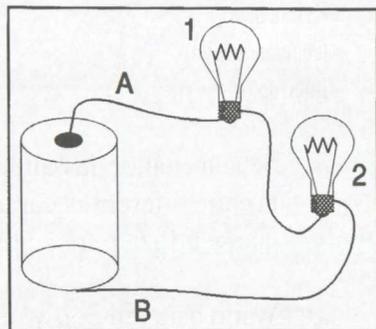
6. En el cable B del circuito de la derecha:

- a) No hay corriente alguna, pues se agota en la bombilla.
- b) Hay corriente y va en dirección a la bombilla, como en A.
- c) Hay corriente, y ésta va desde la bombilla hasta la pila.



7. Observa el gráfico de la derecha e indica cuál de las afirmaciones que siguen es correcta.

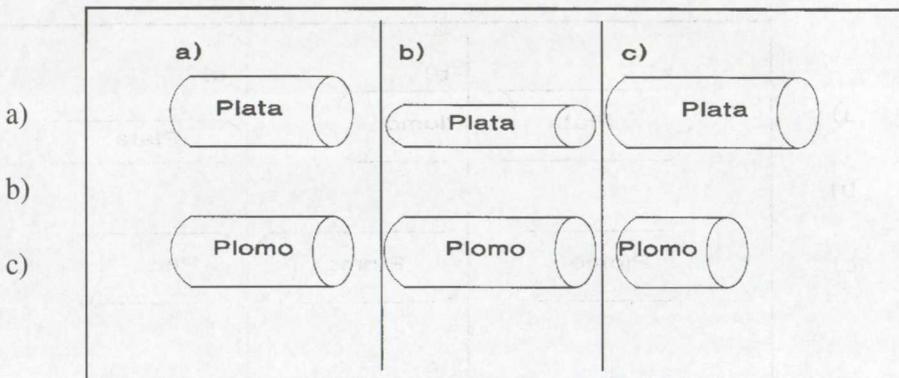
- a) Las dos bombillas lucirán igual porque la misma corriente que va de la pila a la bombilla 1 va de ésta a la 2.
- b) Las dos bombillas lucirán igual pero porque la misma corriente que va por el cable A a la 1, va por el B a la 2.
- c) El brillo será diferente porque la corriente va por A a la bombilla 1; parte se gasta y la que sobra pasa a la 2.



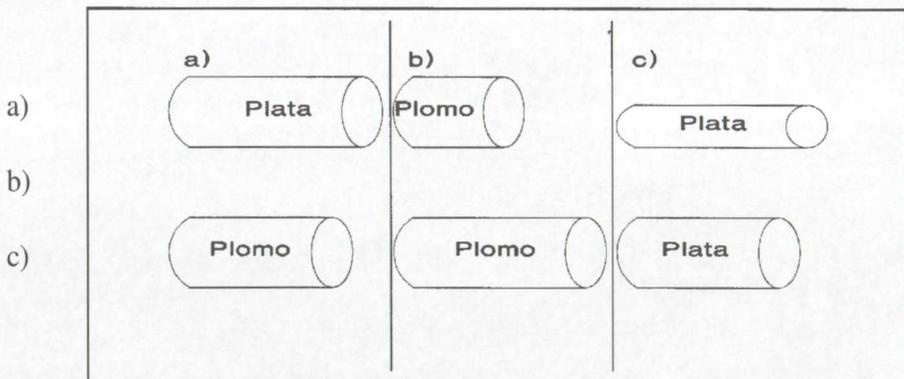
- 
8. Has oído hablar de la tensión eléctrica. Esta expresión se refiere:
- A la energía que consumen por unidad de tiempo los aparatos eléctricos cuando funcionan.
  - Al número de electrones que circulan en un tiempo dado por una sección del conductor.
  - A la energía suministrada por un generador a cada carga eléctrica para que pueda circular.
9. Cuando dos pilas se conectan en serie, es cierto que la cantidad de corriente que se produce:
- Es mayor que si se conectan en paralelo.
  - Es igual que si se conectan en paralelo.
  - Es menor que si se conectan en paralelo.
10. Si no varían las características de un circuito eléctrico, añadir una pila más y conectarla en paralelo a la que ya hay:
- Hace que aumente la tensión en el circuito, pero no la intensidad del mismo.
  - Hace que aumente la intensidad de la corriente, pero no la tensión del mismo.
  - No afecta ni a la tensión ni a la intensidad, pero sí al tiempo de funcionamiento.
11. Tres circuitos eléctricos de pilas iguales y aparatos para medir la intensidad de la corriente también iguales difieren en las características de los hilos conductores. Teniendo en cuenta las características del hilo conductor, ¿cuándo la intensidad será mayor?
- Con un conductor de 1 m. de longitud, de plata, y de un grosor de  $2 \text{ mm}^2$ .
  - Con un conductor de 1 m. de longitud, de plata, y de un grosor de  $1 \text{ mm}^2$ .
  - Con un conductor de 1 m. de longitud, de plomo, y de un grosor de  $1 \text{ mm}^2$ .

12. En una situación semejante a la anterior, ¿cuándo sería mayor la intensidad registrada si las características de los hilos fuesen las siguientes?
- a) Con un conductor de  $1 \text{ mm}^2$  de sección, de cobre, y con una longitud de 2 m.
  - b) Con un conductor de  $1 \text{ mm}^2$  de sección, de oro, y con una longitud de 1 m.
  - c) Con un conductor de  $1 \text{ mm}^2$  de sección, de cobre, y con una longitud de 1 m.
13. Y en la siguiente situación semejante a las anteriores, ¿cuándo sería mayor la intensidad registrada si las características de los hilos fuesen las siguientes?
- a) Con un conductor de cobre, de  $2 \text{ mm}^2$  de sección, y con una longitud de 1 m.
  - b) Con un conductor de cobre, de  $1 \text{ mm}^2$  de sección, y con una longitud de 1 m.
  - c) Con un conductor de cobre, de  $2 \text{ mm}^2$  de sección, y con una longitud de 2 m.
14. Señala cual de las siguientes afirmaciones sería cierta en el caso de que en un circuito disminuyese la resistencia al paso de la corriente:
- a) La potencia permanecería constante.
  - b) La intensidad de la corriente aumentaría.
  - c) La tensión eléctrica aumentaría.

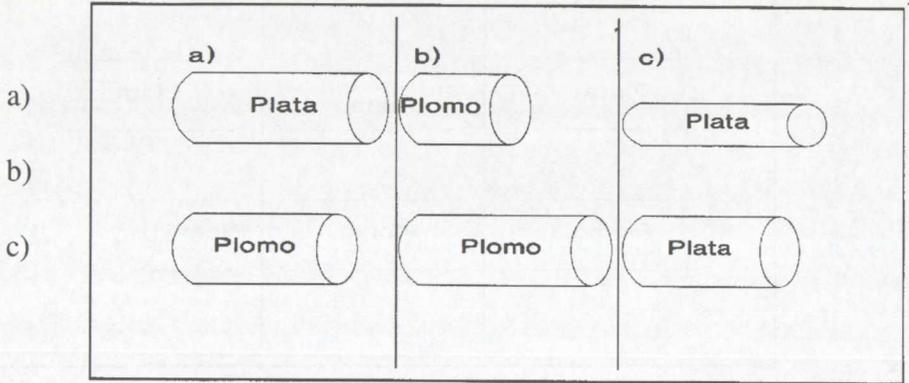
15. La resistencia de un conductor depende en parte del material de que está hecho. ¿En cuál de los casos siguientes podrías saber si esto es falso, midiendo la corriente de los dos cables?



16. Has oído que la resistencia de un conductor depende -entre otras cosas- de su longitud. ¿En cuál de los casos siguientes podrías saber si esto es falso, midiendo la corriente de los dos cables?



17. Has oído que la resistencia de un conductor depende -entre otras cosas- de su grosor. ¿En cuál de los casos siguientes podrías saber si esto es falso, midiendo la corriente de los dos cables?



**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**LA CORRIENTE ELÉCTRICA****(1° DE E.S.O.)****SEGUNDA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

La bombilla fue inventada por:

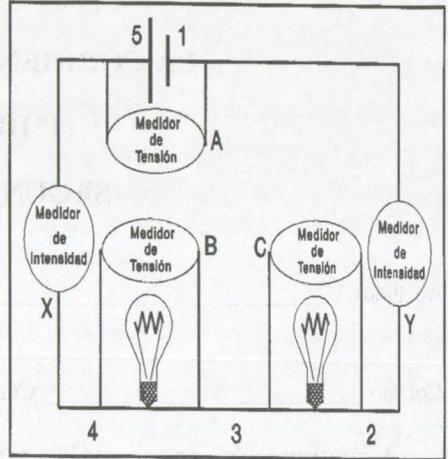
- a) Marconi
- b) Fleming
- c) Edison

deberías rodear con un círculo la alternativa C.

**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**

18 En la figura siguiente hay dos bombillas idénticas conectadas en serie. Debido a este hecho, podemos decir con certeza que la *intensidad de la corriente* registrada por el medidor Y:

- Será mayor que la registrada por el medidor X debido a la resistencia de las bombillas y a la dirección de la corriente.
- Será menor que la registrada por el medidor X debido a la resistencia de las bombillas y a la dirección de la corriente.
- Será igual que la registrada por el medidor X, porque la intensidad depende de la resistencia total del circuito.



19 En relación con la misma figura de la pregunta anterior, podemos decir con certeza que la *tensión eléctrica* registrada:

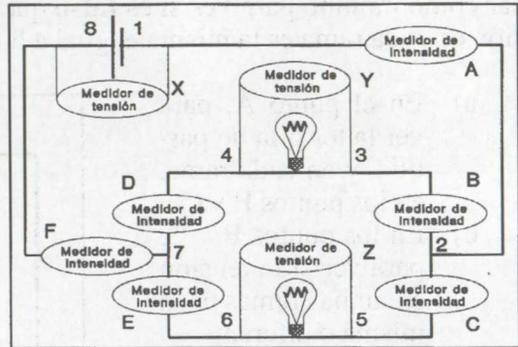
- Será mayor en el medidor A que en B, y mayor en este que en C.
- Será igual en el medidor B que en C y menor en ambos que en A.
- Será menor en el medidor A que en B, y menor en este que en C.

20 En la figura de la siguiente pagina unas bombillas idénticas están conectadas en paralelo. Debido a este hecho, podemos decir con certeza:

- Que la *intensidad* de la corriente registrada por el medidor D es igual a la registrada por el medidor F, pues entre medias no hay aparatos.
- Que la *intensidad* de la corriente registrada por el medidor B es distinta que la registrada por el medidor D, debido al consumo de la bombilla.
- Que la *intensidad* registrada por los medidores C y E es la misma, pues la bombilla no cambia la intensidad entre los puntos 5 y 6.

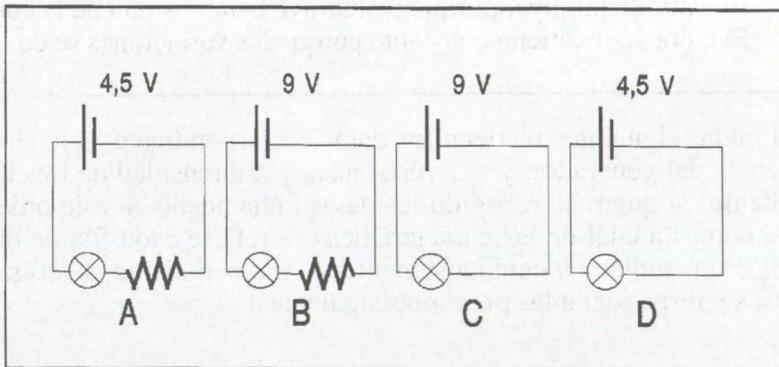
21 En la figura de la derecha, en relación con la *tensión eléctrica* podemos decir con certeza:

- Que es idéntica en los tres medidores.
- Que será mayor en el medidor X que en Y.
- Que será menor en X que en Z.



22 Medir la tensión eléctrica en X indica que la acumulación de cargas negativas -electrones-:

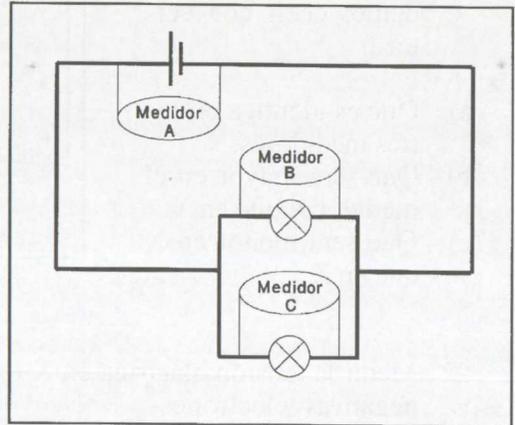
- Es mayor en el punto 1 que en el 8, que es el polo positivo.
  - Es igual en ambos puntos, pues la corriente es permanente.
  - Es mayor en el punto 8 que en el 1, que es el polo negativo.
23. En cuáles de los circuitos siguientes deberías colocar **como mínimo** un medidor de intensidad **para ver si es falso** que la intensidad varía con la resistencia.



- En los circuitos A y C.
- En los circuitos B y C.
- En los circuitos C y D.

24. Señala qué medidores de los indicados en el circuito deberías colocar como mínimo para **ver si es falso** que en los circuitos en paralelo la tensión de cada rama es la misma e igual a la proporcionada por el generador.

- En el punto A, para ver la tensión de partida, y en cada rama, en los puntos B y C.
- En los puntos B y C, para ver si la tensión en ambas ramas es la misma o diferente.
- En los puntos A y C, para ver si la tensión de las ramas es diferente de la inicial.



25. Te han dicho que el calor ( $Q$ ) desprendido en un circuito depende de la intensidad de la corriente ( $I$ ), la resistencia del circuito ( $R$ ) y el tiempo de funcionamiento. (La fórmula es:  $Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$ ). Sabiendo esto, señala cuál de las siguientes afirmaciones sobre lo que puede ocurrir al aumentar la resistencia es cierta:

- El calor aumenta, pues los conductores del circuito se ponen al rojo.
- El calor disminuye, porque disminuye la intensidad de la corriente.
- El calor se mantiene constante porque las variaciones se compensan.

Las tablas siguientes recogen los datos correspondientes a la tensión y a la potencia del generador, y a la resistencia y a intensidad de tres circuitos. No sabemos si quien ha recogido los datos lo ha hecho en este orden. Tampoco sabemos a cuál de las características se refiere cada fila de datos. No obstante, si estudiamos cuidadosamente los datos podemos averiguar algunas cosas y responder a las preguntas siguientes:

TABLA 1			
Característica	Circuito		
	A	B	C
U	4	6	8
X	2	2	2
Y	2	3	4
Z	8	18	32

TABLA 2			
Característica	Circuito		
	D	E	F
U	12	12	12
X	2	3	4
Y	6	4	3
Z	72	48	36

26. Observa los datos de la Tabla 1 y señala cuál de las afirmaciones siguientes es cierta:

- a) Las características U y X son independientes entre sí.
- b) Las características U e Y son independientes entre sí.
- c) Las características Y y Z son independientes entre sí.

27. Observa los datos de la Tabla 2 y señala cuál de las afirmaciones siguientes es cierta:

- a) X e Y varían *al mismo tiempo*, por lo que no son independientes entre sí.
- b) El valor de Z varía *solamente* en la medida en que varía el valor de Y.
- c) El valor de la característica U *depende* del valor de X e Y.

28. Examina los datos de la Tabla 1 y señala cuál de las siguientes afirmaciones es cierta:

- a) Z corresponde a la tensión, U a la resistencia, Y a la intensidad y X a la potencia.
- b) Z corresponde a la tensión, Y a la resistencia, U a la intensidad y X a la potencia.
- c) U corresponde a la tensión, X a la resistencia, Y a la intensidad y Z a la potencia.

29. Un fenómeno que has podido observar es que si se frota una regla de plástico con un paño, ésta atrae pequeños papelillos. Esto ocurre:
- Porque después de frotarla, la regla se ha cargado con los átomos del paño.
  - Porque ahora el número de protones y electrones de la regla no es el mismo.
  - Porque tiene más energía -está más caliente-, y la energía mueve las cosas.
30. Un fenómeno observable es que, cuando se frota un cuchillo metálico, luego no atrae papelillos. ¿Por qué no ocurre lo mismo en este caso que cuando se frota una regla de plástico?
- Porque el metal del cuchillo es más duro y no deja que pasen los átomos del paño.
  - Porque aunque el cuchillo también se calienta, se enfría más rápido que la regla.
  - Porque el cuchillo conduce las partículas que pasan a él, pero no las retiene.

**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**LA REPRODUCCION EN LOS SERES PLURICELULARESES****(1° DE E.S.O.)**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

Los cromosomas son:

- a) Cierta clase de células especializadas.
- b) Microorganismos que portan información.
- c) Unos componentes de todas las células.

deberías rodear con un círculo la alternativa C.

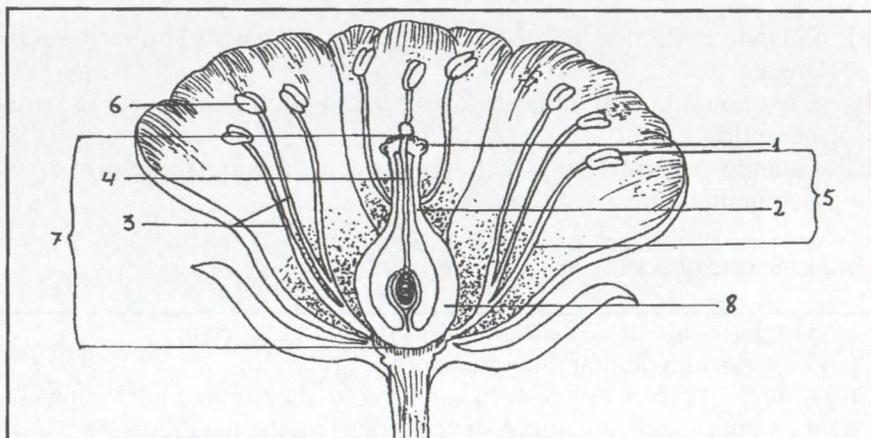
**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**



1. Señala en cuál de los casos siguientes NO existe reproducción.

- Los átomos, porque no son seres que estén vivos.
- Las bacterias, porque no tienen núcleo celular.
- Los virus, por no alimentarse, respirar ni crecer.

A continuación tienes una flor con sus partes numeradas.



2. Señala en qué caso cada parte ha sido numerada correctamente:

- 2: estigma; 1: estilo; 3: tubo polínico; 4: filamento.
- 1: estigma; 2: estilo; 3: tubo polínico; 4: filamento.
- 1: estigma; 2: estilo; 4: tubo polínico; 3: filamento.

3. En relación con el mismo dibujo, señala en qué caso cada parte está numerada correctamente:

- 5: estambre; 8: ovario; 7: gineceo; 6: antera.
- 6: estambre; 5: ovario; 8: gineceo; 7: antera.
- 5: estambre; 6: ovario; 7: gineceo; 8: antera.

4. Señala en cual de los casos siguientes la reproducción es asexual:
- a) Cuando la polinización de la planta la realiza el viento.
  - b) Cuando la planta entera se reproduce a partir de un esqueje.
  - c) Cuando el polen no necesita llegar a una flor distinta.
5. Señala cuál de los casos siguientes es un ejemplo de reproducción asexual:
- a) Cuando cortamos un brazo a un estrella de mar y el brazo le vuelve a crecer.
  - b) Cuando un lagartija pierde la cola, pero poco a poco ésta se va regenerando.
  - c) Cuando partimos un gusano en dos y cada parte se desarrolla independientemente.

Imagina que observas los casos siguientes:

- (a) Un perra que tiene cachorros tras unirse a un perro.
- (b) Una estrella de mar a la que le crece un brazo.
- (c) Un fresal cuyos tallos, si tocan el suelo, dan lugar a nuevas plantas.
- (d) Los cuernos de un ciervo se caen, pero vuelven a crecer.
- (e) Una lagartija a la que le crece la cola que ha perdido.
- (f) Un ornitorrinco, que pone huevos.
- (g) Una patata, que echa tallos.
- (h) Un esqueje de geranio, que crece al plantarlo.
- (i) Una rana cuyos huevos son fecundados después de puestos.

6. Rodea con un círculo el tipo de reproducción que ejemplifican:

- A) Reproducción sexual:            a b c d e f g h i
- B) Reproducción asexual:        a b c d e f g h i
- C) Ninguno de los anteriores:    a b c d e f g h i



10. ¿Qué tipo de polinización es más probable en caso de la flor 2?
- a) Es más probable que se polinice con ayuda de los insectos, que llevan el polen de flor en flor.
  - b) Es más probable que se polinice por la acción del viento, que transporta el polen a otras flores.
  - c) Es más probable que no necesite ayuda para polinizarse, pues el polen no ha de ir a otras flores.
11. ¿Qué tipo de polinización es más probable en caso de la flor 3?
- a) Es más probable que se polinice con ayuda de los insectos, que llevan el polen de flor en flor.
  - b) Es más probable que se polinice por la acción del viento, que transporta el polen a otras flores.
  - c) Es más probable que no necesite ayuda para polinizarse, pues el polen no ha de ir a otras flores.
12. En las plantas de "Reproducción Asexual (RA)" el descendiente tiene las mismas características que la madre, lo que no ocurre con las que tienen "Reproducción Sexual (RS)". Sabiendo esto, ¿cuál de las afirmaciones siguientes es más probable que sea cierta?.
- a) Si las condiciones ambientales no varían, los descendientes vivirán más adaptados en caso de RA.
  - b) Tanto si las condiciones ambientales varían como si no, la RA no es ni mejor ni peor que la RS.
  - c) Si las condiciones ambientales varían, la RS es preferible a la RA, pues facilita la supervivencia.

Lee el siguiente texto y responde a las preguntas que siguen.

Amanecía. Caminaba despacio por el bosque mientras observaba las flores junto al camino, acariciadas por el beso cálido del sol que las hacía abrir sus puertas a los primeros insectos que iban a tomar su desayuno. Flores rojas y azules. De pronto, me llamó la atención una cosa. Vi unas flores blancas que en vez de abrirse, parecían cerrarse. Me detuve a observarlas. Y en efecto, en breves momentos, se cerraron. Doña Abeja no podría tomar su polen en ellas. ¿Por qué ocurre esto, pensé? ¿Por qué hay flores que se abren de día y otras que se cierran al amanecer? Continué andando y me volví a detener cuando ví a contraluz una abeja que libaba la flor roja de un arbusto. Me acerqué con cuidado. Era hermoso contemplarla en medio de un silencio roto sólo por el canto de los pájaros saludando el día. Tan absorta estaba en su labor que no pareció darse cuenta de mi presencia. Entonces pude ver algo curioso. Sus patas parecían llenas de polvo... del polen de la flor. Había oído que las abejas llevaban polen en sus patas, pero no lo había visto nunca. Al rato, echó a volar y fué a posarse en otra flor, vecina de la primera. Al hacerlo, cayó una parte del polen. ¡Qué descuidada!, dije. Y seguí caminado, mientras pensaba en las flores que se cierran de día y en las abejas que pierden su polen cuando van como ladrones furtivos de flor en flor, dejando pistas que delatan su visita. Y entonces lo entendí todo. Recordé haber oído en la escuela que la forma y el color de las flores y los olores que emiten cuando se abren atraían a insectos distintos, que se encargaban de llevar el polen de unas a otras y que hacían posible su fecundación. No eran, pues, ladrones furtivos sino mensajeros de la vida que se guían por la forma, el color y el olor de las flores que les abren sus puertas.

13. ¿Cuál de las ideas siguientes es la más importante que el autor del texto quiere comunicar?

- a) No todas las flores son iguales: unas se cierran de día mientras que otras se abren al amanecer.
- b) Las abejas llevan el polen de unas flores a otras con sus patas y así las polinizan y se reproducen.
- c) La forma, el color y el olor de las flores sirven para atraer a los insectos, y éstos las polinizan.

14. En el texto aparece la frase: "Al hacerlo, cayó una parte del polen". Indica qué significa.
- Que cayeron granos de polen.
  - Que cayó un trozo de polen.
  - Que el polen se había partido.
15. En el texto, refiriéndose a los insectos, aparece la expresión "mensajeros de la vida". El autor, al decir esto, se refiere:
- A que la reproducción de muchas flores es posible debido a los insectos.
  - A que los insectos, con su ir y venir, alegran el campo y transmiten vida.
  - A que los insectos son seres vivos, que al reproducirse llevan la vida.
16. En el texto se dice que (los insectos) "hacían posible su fecundación". Esta frase significa:
- Que hacen posible que un grano de polen se divida en varios.
  - Que hacen posible que un grano de polen se una con otro.
  - Que hacen posible que el polen se una con el gameto femenino.

En el texto anterior has oído que el color de las flores influye en que sean polinizadas gracias a la acción de los insectos. Imagina que dispones de cuatro tipos de flores con las siguientes características:

Flores tipo 1	Flores tipo 2	Flores tipo 3	Flores tipo 4
Sin pétalos Con fuerte olor	Con pétalos rojos Sin olor	Con pétalos rojos Con fuerte olor	Sin pétalos Sin olor

17. ¿Qué pares de flores deberías observar como mínimo para ver si lo que el texto afirma es falso?
- Las flores 1 y 2.
  - Las flores 2 y 4.
  - Las flores 3 y 4.

18. Si los insectos viniesen sólo a las flores 1, 2 y 3, ¿qué conclusión podríamos sacar?
- a) Que son necesarios tanto un olor como un color fuertes para que acudan los insectos.
  - b) Que es suficiente la presencia de uno de los dos factores para que acudan los insectos.
  - c) Que el color no influye, porque los insectos vienen a veces a flores sin pétalos.
19. Si los insectos viniesen sólo a las flores 3 y 1, podríamos concluir con seguridad:
- a) Que como vienen a las flores del tipo 3, influyen tanto el color como el olor.
  - b) Qué un color fuerte es suficiente para que acudan los insectos, aunque no es necesario.
  - c) Que sólo un fuerte olor es necesario y suficiente para que los insectos acudan.
20. Si sólo viniesen los insectos a las flores del tipo 3, podríamos concluir con seguridad:
- a) Que ni el color fuerte por sí sólo ni el olor por sí sólo son suficientes para que los insectos acudan.
  - b) Que un olor fuerte por sí solo es causa suficiente para que los insectos vuelen atraídos a las flores.
  - c) Que es necesario y suficiente con que las flores sean de color fuerte para que los insectos acudan.
21. Si sólo viniesen los insectos a las flores de los tipos 2 y 3, podríamos concluir con seguridad:
- a) Qué un fuerte olor es suficiente para que acudan los insectos, aunque no es necesario.
  - b) Que sólo un color fuerte es necesario y suficiente para que acudan los insectos.
  - c) Que como acuden los insectos a las flores del tipo 3, influyen tanto el olor como el color.

La frase: "El beso cálido del sol las hacía abrir sus puertas a los primeros insectos" que aparece en el texto puede significar que las flores se abren debido a que la temperatura se eleva al salir el sol o a que hay luz. Para saber cuál de estos dos factores es la causa, hemos puesto el mismo tipo de flor diurna en cuatro cuartos con características diferentes. Examina las características de cada cuarto y responde a las preguntas siguientes.

	Cuarto 1	Cuarto 2	Cuarto 3	Cuarto 4
LUZ	Hay	No hay	Hay	No hay
TEMPERATURA	Alta	Baja	Baja	Alta

22. Si se abriesen las flores sólo en los cuartos 1, 3 y 4, ¿qué conclusión podríamos sacar?
- Que son necesarios tanto luz como temperatura alta para que se abran las flores.
  - Que la luz no influye, porque las flores se abren a veces cuando no hay luz.
  - Que es suficiente la presencia de uno de los dos factores para que se abran.
23. Si se abriesen las flores sólo en los cuartos 1 y 3, podríamos concluir con seguridad:
- Que como se abren las flores en el cuarto 1, influyen tanto la luz como la temperatura.
  - Que el aumento de temperatura es suficiente para que se abran, aunque no es necesario.
  - Que sólo la luz es necesaria y suficiente para que se abran las flores diurnas.

- 
24. Si sólo se abriesen las flores en el cuarto 1, podríamos concluir con seguridad:
- a) Que la presencia de luz es causa suficiente por sí sola para que las flores diurnas se abran.
  - b) Que ni la luz por sí sola ni la elevación de temperatura por sí sola bastan para abrir las flores.
  - c) Que es necesario y suficiente con que suba la temperatura para que las flores diurnas se abran.
25. Si sólo se abriesen las flores en los cuartos 4 y 1, podríamos concluir con seguridad:
- a) Que sólomente el aumento de temperatura es necesario y suficiente para que se abran.
  - b) Qué la presencia de luz solar es suficiente para que se abran, aunque no es necesario.
  - c) Que como se abren las flores en el cuarto 1, influyen tanto la luz como la temperatura.

- 24. El sol se eleva en el cielo en el momento de la salida del sol. ¿Por qué?
- 25. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 26. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 27. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 28. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 29. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 30. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 31. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 32. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 33. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 34. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 35. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 36. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 37. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 38. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 39. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?
- 40. ¿Por qué el agua hierve a una temperatura más alta que el alcohol?

**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**NOCIONES DE GENÉTICA****(2º DE E.S.O.)****PRIMERA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

Si la madre de Juan tiene el pelo rubio y el padre negro, y han tenido un hijo con pelo rubio, eso ha sido posible porque el par correspondiente de genes del niño:

- a) Porta la información Negro-Rubio.
- b) Porta la información Rubio-Rubio.
- c) Las dos alternativas son válidas.

deberías rodear con un círculo la alternativa b, ya que el color rubio es recesivo.

**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**



1. Luisa es rubia y de ojos azules. En base a tus conocimientos de Genética, señala cuál de las siguientes afirmaciones es la **incorrecta**:
  - a) En las células capilares de Luisa interviene la información pelo rubio y en las células oculares interviene la información ojos azules.
  - b) Cada célula del cuerpo de Luisa lleva toda la información de su cuerpo, tanto la relativa al pelo como la relativa a los ojos o al pie.
  - c) Las células capilares de Luisa llevan la información relativa al color del pelo, pero no llevan la relativa al color de los ojos.
  
2. Entre las afirmaciones siguientes sobre la disposición de cromosomas y genes, señala cuál es la **incorrecta**.
  - a) Los dos genes de un par están localizados en el mismo cromosoma dado que ambos se refieren a la misma característica (color de los ojos).
  - b) Cada cromosoma del par lleva un gen del par y ambos genes pueden llevar la misma información sobre dicha característica (azul, por ejemplo).
  - c) Cada cromosoma del par lleva un gen del par, pero cada gen puede llevar distinta información (uno lleva el color azul y el otro el marrón).
  
3. Los genes llevan la información sobre todas nuestras características, tanto las comunes (funcionamiento del hígado), como las específicas (color del pelo, de los ojos, altura, etc.). Pero, ¿cómo se relacionan genes y características? Entre las afirmaciones siguientes señala la **correcta**:
  - a) Dos genes controlan cada característica, aunque algunas de ellas son controladas por varios pares de genes.
  - b) Cada característica queda controlada por veintitrés genes, lo cual corresponde a un número impar de genes.
  - c) Cada característica queda controlada por cuarenta y seis genes, lo cual corresponde a un número par de genes.

4. La célula hija en una reproducción sexual (zigoto) se forma por la fertilización de un gameto materno (óvulo) por un gameto paterno (espermatozoide). Pero, ¿cómo se heredan las características aparentes (color del pelo, color de los ojos, etc.)?. Señala la afirmación **incorrecta**.
- De las características que el hijo manifiesta, la mitad proceden del padre y la otra mitad de la madre.
  - Espermatozoides diferentes del padre pueden llevar genes alternativos para una misma característica.
  - El espermatozoide lleva uno de los genes necesarios para cada característica y el óvulo lleva el otro gen del par.
5. Entre las afirmaciones siguientes relativas al número de cromosomas, señala cuál es la afirmación **incorrecta**:
- Óvulos y espermatozoides presentan un número idéntico de cromosomas, 23.
  - Las células del ser humano tienen 46 cromosomas que están formando 23 parejas.
  - Los gametos tienen igual número de cromosomas que el resto de las células, 46.
6. Todos sabemos que los hijos heredan características de sus padres y, por ello, se parecen a ellos. De las siguientes afirmaciones, señala cuál es la **correcta**:
- Aunque heredan el mismo número de cromosomas de ambos padres se parecerán más al padre en aquellas características en que los genes paternos sean dominantes.
  - Heredan el mismo número de cromosomas y, por tanto, de genes del padre que de la madre, por esa razón sus características serán normalmente intermedias de las de ambos.
  - Se parecen más a la madre porque, debido al crecimiento que experimentan durante los nueve meses de embarazo, heredan un mayor número de cromosomas y genes maternos.

7. Si comparamos células del pulmón, células de los bronquios y células de la piel, señala cuál de las siguientes observaciones es la **correcta**:
- a) El conjunto de genes de las células del pulmón, de los bronquios y de la piel son diferentes porque sus funciones son distintas.
  - b) Los genes de las células del pulmón y de la piel son distintos pues las primeras corresponden a un aparato y las segundas a un tejido.
  - c) Los genes de las células del pulmón, de los bronquios y de la piel son idénticos, pues todas las células del cuerpo proceden del mismo cigoto
8. Un padre pierde un brazo a causa de un accidente de tráfico pero, cuando tenga hijos, a éstos no les faltará normalmente ningún brazo. Señala cuál de las siguientes explicaciones de este hecho es la **correcta**:
- a) La pérdida de un brazo es un proceso demasiado rápido para que se produzcan cambios en los genes del padre y se transmitan al hijo.
  - b) Los hijos tendrán los dos brazos ya que la pérdida de un miembro es algo que no se puede heredar pues esa información no pasa a los genes.
  - c) El proceso de amputación es tan rápido que el cerebro paterno no tiene tiempo de guardar la información para poder pasársela al hijo.
9. Los padres de Jorge ya estaban enfermos de SIDA cuando él nació, por lo que lo más probable es que él padezca la enfermedad. Señala cuál de las explicaciones siguientes es la **incorrecta**:
- a) La madre puede contagiar a Jorge durante el proceso del parto, por medio de la leche o si se produce una transfusión de sangre entre ellos.
  - b) Durante los nueve meses del embarazo, Jorge se alimenta a través de la placenta de su madre y ésta puede transmitirle la enfermedad.
  - c) Los genes que Jorge hereda de sus padres llevan todos la información del SIDA ya que ésta es una enfermedad de transmisión sexual.

10. María ha vivido en Africa desde niña por lo que ha sufrido un ligero oscurecimiento de su piel ("se ha puesto morena") debido a una mayor exposición a los rayos del sol. Si contrae matrimonio con un joven de raza blanca que también vive en Africa desde niño, ¿qué se puede predecir del color de piel de sus descendientes cuando nazcan?. Señala cuál es la predicción **correcta**.
- a) El color de la piel al nacer queda determinado por la información genética contenida en los genes de sus padres, que es la de piel clara.
  - b) Al adaptarse los cromosomas paternos al nuevo clima, heredan unos cromosomas ya adaptados y, por tanto, nacen con una piel más oscura.
  - c) Al oscurecerse la piel se producen cambios en los genes, pero son tan lentos que no hay tiempo suficiente y los hijos nacen con piel clara.
11. Los padres de Luisa llevaban muchos años tiñéndose el pelo para tener una hija con el cabello rubio. Señala cuál es la predicción **correcta** respecto al color de pelo con que nacerá Luisa.
- a) Será rubia porque, dado que sus padres se tiñen el pelo constantemente, sus genes van sufriendo poco a poco el cambio correspondiente.
  - b) Será rubia porque el tinte produce la mutación correspondiente en el gen portador de la información sobre el color del pelo.
  - c) El esfuerzo de los padres es totalmente inútil; el tinte no puede cambiar la información que llevan los genes sobre el color del pelo.

Nacho tiene los ojos azules, aunque tanto sus hermanos Guillermo y Oliver como sus padres tienen los ojos marrones. Todos dicen que los ha heredado de su abuela paterna que también los tiene azules. Sabiendo ésto y con la información de que el color marrón es dominante mientras el azul es recesivo y que con la A mayúscula se representa el color marrón y con la a minúscula se representa el color azul, responde las preguntas siguientes.

12. Señala cuál de las combinaciones siguientes de genes es la **correcta** para los padres de Nacho que, aunque tienen los ojos marrones, tienen un hijo con ojos azules:

a) AA

b) Aa

c) aa

13. Señala cuál de las combinaciones siguientes de genes es la **correcta** para Nacho, que tiene los ojos azules:

a) AA

b) Aa

c) aa

14. Señala cuál de las combinaciones siguientes de genes **NO** puede tener Oliver, que tiene los ojos marrones:

a) AA

b) Aa

c) aa

El albinismo es consecuencia de la falta de pigmentación de las células. En un matrimonio, el varón era albino. Tuvieron cuatro hijos y dos hijas y ninguno de ellos era albino.

15. ¿Cómo puede ser esto posible? Señala cuál es la explicación **correcta**:

- a) Es natural, porque nunca se da el caso de heredar caracteres recesivos.
- b) Ninguno de los hijos heredó genes del padre relativos al color de la piel.
- c) El albinismo es un carácter recesivo y la madre no era portadora del mismo.

16. ¿Alguno de estos hijos podría tener en alguna ocasión un hijo albino?. Señala la explicación incorrecta.

- a) No, porque ya se ha perdido por completo el gen portador del albinismo del padre.
- b) Sí, en caso de que contraiga matrimonio con un hombre o con una mujer albinos.
- c) Sí, si se casa con otro hijo de padre/madre albinos, aunque él no lo sea tampoco.

## NOCIONES DE GENÉTICA

## SEGUNDA PARTE

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Para que una persona sea pelirroja, los dos cromosomas de la pareja que lleva los genes *color del pelo* deben llevar la información pelo de *color rojizo*, pues éste es un carácter recesivo. Representemos con **A** el carácter dominante (negro, por ejemplo) y por **a** el carácter recesivo para el pelo pelirrojo

17. Suponiendo que se ha dado cada una de las combinaciones señaladas en la primera columna de la tabla siguiente, señala si el sujeto será o no será pelirrojo:

GENOTIPO	AA	Aa	aA	aa
¿SERÁ PELIRROJO?				

18. Una pelirroja contrae matrimonio con el hijo (no pelirrojo) de un pelirrojo. Señala qué tipo de combinación de genes (genotipos) **NO** puede resultar nunca de este matrimonio.

a) AA

b) Aa

c) aa

19. Teniendo en cuenta que cada padre aporta un gen al hijo y que las combinaciones son totalmente aleatorias, completa la tabla siguiente indicando tanto la información de los padres como las combinaciones de las mismas que faltan:

		MADRE	
			a
PADRE	A	Aa	
			aa

20. Si tuviéramos un número estadísticamente suficiente de matrimonios entre pelirrojos e hijos de matrimonios entre un pelirrojo y una persona que no lo es, la proporción de hijos pelirrojos en estos matrimonios sería:
- a) No habría ningún pelirrojo, puesto que es un carácter recesivo y solamente se manifiesta el carácter dominante.
  - b) La mitad de los descendientes serán pelirrojos, mientras que la otra mitad no tendrá cabellos de color rojo.
  - c) La cuarta parte de estos descendientes serán pelirrojos, mientras que las otras tres cuartas partes no lo serán.

---

Lee con atención el texto siguiente y responde a las preguntas que se hacen a continuación:

En la actualidad se hacen muchos experimentos de hibridación. La unión de un caballo y una burra, por ejemplo, da lugar a un híbrido que es el mulo; la unión de un melocotón y una ciruela da otro híbrido, que se llama nectarina; etc. Mendel se dedicó a estudiar los cruces entre estos híbridos, pero en lugar de utilizar nectarinas, empleó plantas de guisante. Especialmente estudió los cruces entre plantas que se diferenciaban en el tamaño y forma de las hojas, plantas con semillas de formas diferentes (redondas y angulosas) y plantas con semillas de colores diferentes (amarillas y verdes). Su objetivo era determinar el número de formas distintas de plantas que aparecen en los descendientes de estos híbridos y poder comprobar las relaciones numéricas entre ellas. Cuando se observan las formas y colores de la primera generación de plantas (híbridos), se comprueba que en el caso de algunas características, como el tamaño y forma de las hojas, aparecen plantas cuyas hojas presentan rasgos que son una mezcla de las características de las plantas paternas. En otros casos, la característica de uno de los progenitores predomina tanto que es imposible detectar la característica del otro progenitor en sus descendientes. Pero cuando se cruzan dos de estos híbridos de la primera generación, que aparentemente presentan las mismas características, en la siguiente generación (segunda) aparecen, de nuevo, aquellas otras características que parecían haber desaparecido en la primera generación. Esto se produce sin excepción en todas las características estudiadas.

Algunos de los resultados obtenidos por Mendel en sus experimentos son los siguientes:

1. Respecto a la forma de la semilla: Partiendo de 250 plantas híbridas se obtuvieron 7.400 semillas, 5.550 redondas y 1850 angulosas.

2. Respecto al color de la semilla: 260 plantas híbridas dieron lugar a 8.003 semillas, 6.002 amarillas y 2.001 verdes.

Resulta claro que en la primera generación nos encontramos con semillas que portan los dos caracteres diferentes, aunque sólo se muestra físicamente la característica dominante. Al cruzar estos híbridos entre sí, volvemos a encontrarnos con que la mitad de los descendientes son híbridos con ambos caracteres pero que sólo muestran físicamente el carácter dominante, mientras la otra mitad recibe, en partes iguales, solamente el carácter dominante o el carácter recesivo (mostrando en este último caso, de nuevo, la característica aparentemente desaparecida).

Adaptación del trabajo de GREGORIO MENDEL, 1866

21. ¿Cuál es la idea principal que Mendel quiere comunicar en el texto?:
- a) Que al cruzar diferentes tipos de semillas de guisante, pueden obtenerse semillas redondeadas o angulosas, amarillas o verdes.
  - b) Que al cruzar diferentes tipos de semillas de guisante se observa la existencia de características que predominan unas sobre otras.
  - c) Que en los cruces de semillas existen relaciones numéricas entre el número de descendientes con cada una de las características.
22. De los datos proporcionados por el artículo anterior se infiere que en el cruce de semillas de guisante:
- a) El carácter amarillo es dominante frente al carácter redondeado.
  - b) El color amarillo es un carácter dominante frente al color verde.
  - c) La forma redondeada resulta recesiva frente a la forma angulosa.

23. De los datos proporcionados por el artículo anterior se infiere que en el cruce de semillas de guisante, la segunda generación presenta:
- a) Tres semillas con la característica dominante por cada una con la característica recesiva.
  - b) Igual número de semillas con la característica dominante que con la característica recesiva.
  - c) Todas las semillas con la característica dominante, la recesiva queda oculta por la anterior.
24. Veamos si recuerdas lo que sucede con el cromosoma **X**, señala la afirmación **correcta**:
- a) Las mujeres son las que sólo tienen un cromosoma **X**.
  - b) Los hombres son los que sólo tienen un cromosoma **X**.
  - c) Ambos géneros tienen idéntico número de cromosomas **X**.

El daltonismo es un defecto en la percepción de los colores. Se trata de un carácter recesivo que, además, está situado en el cromosoma **X**. Representemos por **X** al gen sano y por **x** al gen portador del daltonismo.

25. Señala cuál de las siguientes combinaciones de genes corresponden a varones daltónicos
- a) **Xx**      b) **xx**      c) **XY**      d) **xY**
26. Señala cuál de las siguientes combinaciones de genes corresponden a mujeres daltónicas
- a) **Xx**      b) **xx**      c) **XY**      d) **xY**

27. Consideremos el caso de los hijos de padre daltónico y madre portadora del gen, pero no daltónica. Representando, de nuevo, por **X** al gen sano y por **x** al gen portador del daltonismo, completa la siguiente tabla relativa a los gametos del padre y la madre y las posibles combinaciones de genes que se pueden dar en los hijos.

		MADRE	
			x
PADRE	x		xx
	Y		

28. Según la tabla anterior la relación entre número de daltónicos y no-daltónicos en la descendencia es:
- a) 4:0      b) 3:1      c) 1:1      d) 1:3

**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**DIVERSIDAD Y UNIDAD D DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA****(2° DE E.S.O.)****PRIMERA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

¿Cuál de las sustancias siguientes es mineral?

- a) Sal.
- b) Harina.
- c) Azúcar.

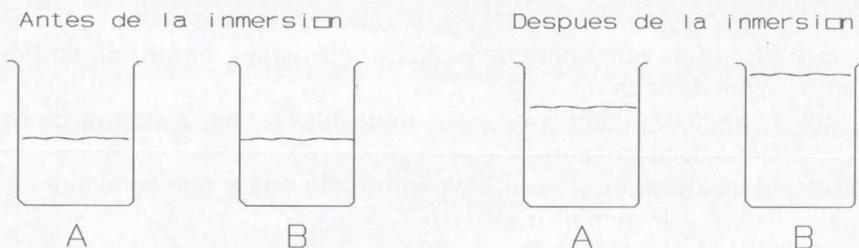
deberías rodear con un círculo la alternativa a.

**TRABAJA CON ATENCIÓN  
PUEDES EMPEZAR**



1. Entre las sustancias siguientes, indica cuál es una sustancia pura:
  - a) La leche porque ha sufrido un proceso de esterilización en la central lechera.
  - b) El aire porque contiene oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua.
  - c) La sal común porque es cloruro sódico (compuesto de cloro y sodio).
  
2. Entre las sustancias siguientes, señala cuál **no** es una mezcla homogénea:
  - a) El aire porque contiene oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua.
  - b) El agua destilada porque sus moléculas tienen 2 átomos de oxígeno y uno de hidrógeno.
  - c) El amalgama que se utiliza en la industria y que se elabora a partir de oro y de mercurio.
  
3. Entre las sustancias siguientes, elige cuál es una sustancia heterogénea:
  - a) El arena de playa porque contiene diversos materiales.
  - b) El agua de mar porque contiene diversos tipos de sales.
  - c) El latón porque se elabora a partir de diversos metales.
  
4. Entre las sustancias siguientes, señala cuál es un compuesto:
  - a) El aire porque contiene moléculas de oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua.
  - b) El nitrógeno porque se ha comprobado que sus moléculas tienen dos átomos.
  - c) El ácido sulfúrico porque sus moléculas tienen átomos de hidrógeno, de oxígeno y de azufre.

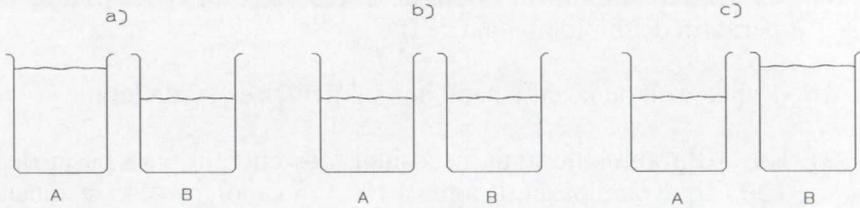
5. Entre las sustancias siguientes, elige cuál **no** es un elemento:
- El mercurio porque es un material líquido.
  - El cloro porque su molécula tiene dos átomos.
  - La sal común porque es cloruro sódico.
6. Si sumergimos dos cuerpos de **mismo material** en dos vasos, A y B, que contiene cantidades iguales de agua y observamos que, tras su inmersión completa, el nivel de agua en cada vaso ha variado como se muestra en la figura:



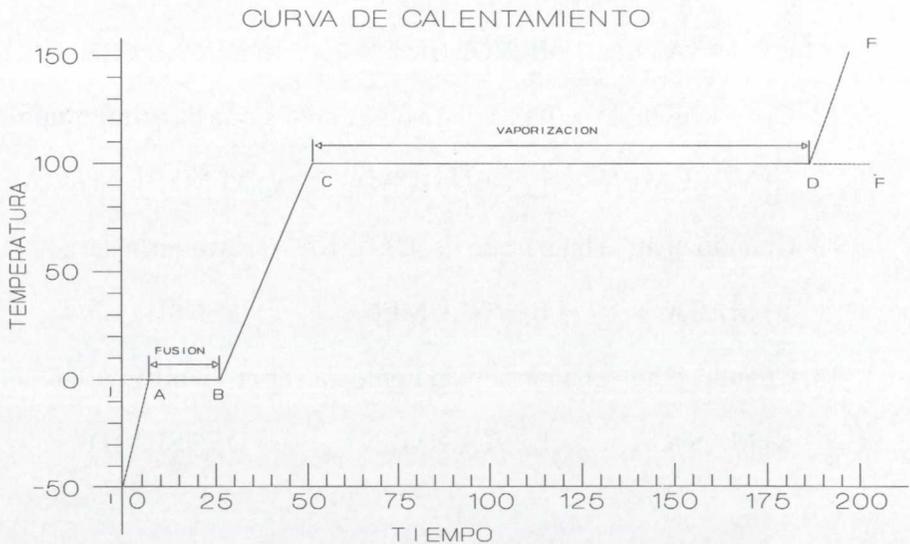
podemos decir que

- La masa del objeto sumergido en A es mayor que la del sumergido en B.
  - La masa del objeto sumergido en A es menor que la del sumergido en B.
  - De esta información no se puede determinar la relación de las masas.
7. Si sumergimos ahora en A y B, en los que el agua está inicialmente al mismo nivel, dos cuerpos de **distinto material** pero de la **misma masa** y observamos una situación análoga a la anterior, podemos decir que:
- El cuerpo sumergido en A es más denso que el sumergido en B.
  - El cuerpo sumergido en A es menos denso que el sumergido en B.
  - Con estos datos no se puede conocer la relación entre densidades.

8. Hemos sumergido totalmente en A una masa maciza de 100 gramos de acero (densidad = 7,6 gramos por centímetro cúbico) y en B otra masa maciza de 100 gramos de aluminio (densidad = 2,7 gramos por centímetro cúbico). Antes de sumergir las dos masas, el agua estaba al mismo nivel. Elige cuál será el nivel final del agua en ambos vasos:



Un cubito de 10 gramos de hielo que se encuentra a unos  $50^{\circ}\text{C}$  bajo cero se calienta lentamente, en un recipiente cerrado, hasta conseguir que se convierta totalmente en vapor. Observamos que las variaciones de la **temperatura** con el **tiempo** entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $100^{\circ}\text{C}$  son las señaladas en el gráfico.



9. Indica cuál de las afirmaciones siguientes es verdadera:
- Mientras funde el hielo, pasando de sólido a líquido, su temperatura no experimenta variaciones.
  - Durante el proceso de fusión, el hielo no necesita energía y por eso el gráfico es horizontal.
  - El gráfico anterior al inicio de la fusión sería el **IA** porque la temperatura del hielo no baja de  $0^{\circ}\text{C}$ .
10. Indica cuál de las afirmaciones siguientes es verdadera:
- Los 10 gramos de agua necesitan más energía para pasar de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$  que para pasar de agua a  $100^{\circ}\text{C}$  a vapor, por eso resulta un gráfico ascendente.
  - Para la fusión de los 10 gramos de hielo se necesita menos energía que para la vaporización de los 10 gramos de agua; por eso el gráfico está a menor altura.
  - Si continuamos calentando el vapor de agua, obtendremos un gráfico del tipo **DF'** porque la temperatura del vapor de agua formado sigue ascendiendo.
11. Cuando el hielo ha pasado de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  no ha **variado** su
- MASA
  - VOLUMEN
  - DENSIDAD
12. Cuando el hielo se ha fundido observamos que ha **aumentado** su
- VOLUMEN
  - DENSIDAD
  - TEMPERATURA
13. Cuando el agua ha pasado de  $4^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ , **aumenta** su:
- MASA
  - VOLUMEN
  - DENSIDAD
14. Cuando el agua ha pasado de líquido a vapor **disminuye** su
- MASA
  - VOLUMEN
  - DENSIDAD

## DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA

### SEGUNDA PARTE

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

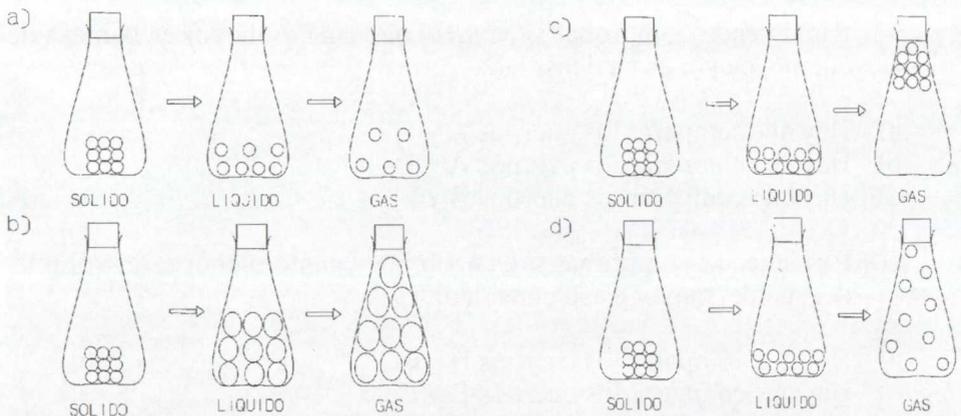
En la tabla siguiente se proporcionan los valores del volumen y la masa de diversos cuerpos tomadas a la misma temperatura ambiental:

Tabla 1

MAGNITUD	A	B	C	D	E	F
VOLUMEN (c.c.)	200	100	75	200	100	75
MASA (gramos)	500	500	375	375	200	200

15. Para intentar comprobar si es *falso* que cuanto mayor es la masa del cuerpo, mayor es su densidad:
- Hay que comparar los cuerpos A y C
  - Hay que comparar los cuerpos A y D
  - Hay que comparar los cuerpos B y F
16. Para intentar comprobar si es *falso* que cuanto menor es el volumen del cuerpo, mayor es su densidad:
- Hay que comparar los cuerpos B y C
  - Hay que comparar los cuerpos B y F
  - Hay que comparar los cuerpos C y D

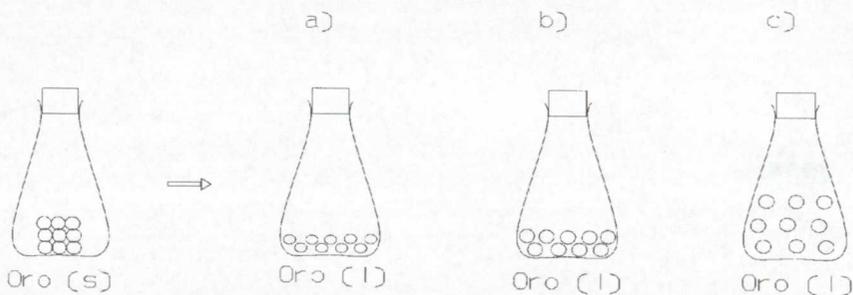
17. De las afirmaciones siguientes, señala cual es cierta, en relación con los datos de la tabla 1:
- El cuerpo B es más denso que el C
  - El cuerpo B es menos denso que el F
  - El cuerpo C es más denso que el F
18. Tras largos años de investigación los científicos han llegado a la conclusión de que todos los cuerpos - sean sólidos, líquidos o gases - están constituidos por átomos. En algunos cuerpos los átomos están solos; en otros están unidos constituyendo moléculas más o menos grandes. En tu opinión, las moléculas del alcohol:
- Están muy separadas y en continuo movimiento. El espacio entre ellas está completamente vacío.
  - Están muy pegadas y, por lo tanto, no hay nada entre ellas, pero tampoco se pueden mover.
  - Están muy separadas y en continuo movimiento debido a las moléculas de aire que hay entre ellas
19. A continuación se presentan una serie de esquemas que intentan explicar cómo se modifica el comportamiento de las moléculas del hielo en su paso al estado líquido y al gaseoso. Señala, de acuerdo con la teoría corpuscular, cuál de ellas es la correcta:



20. A continuación se realizan una serie de afirmaciones sobre cómo se modifica el comportamiento de las moléculas del hielo en su paso al estado líquido y al gaseoso. Señala cuál de ellas es falsa:
- En el hielo sólido hay el mismo número de moléculas que en el agua y en el vapor, pero están más unidas y apenas se mueven.
  - En el paso de líquido a vapor el tamaño de las moléculas no varía pero, al moverse más rápidamente, dichas moléculas se separan.
  - Las moléculas del vapor de agua son más pequeñas que en el agua y que en el hielo, están muy separadas y se mueven muy deprisa.

En los fenómenos siguientes se suministran tres opciones relativas al comportamiento de las moléculas en el proceso. Elige, tomando como base el modelo corpuscular de la materia, cuál de las opciones suministradas es la correcta:

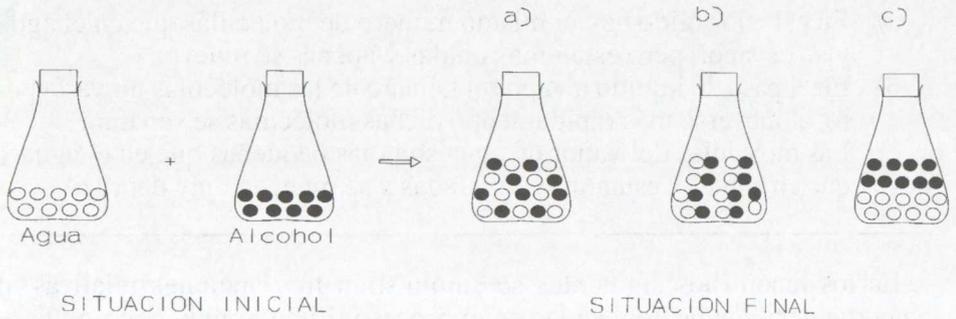
21. Cuando se funde el oro, la situación final es:



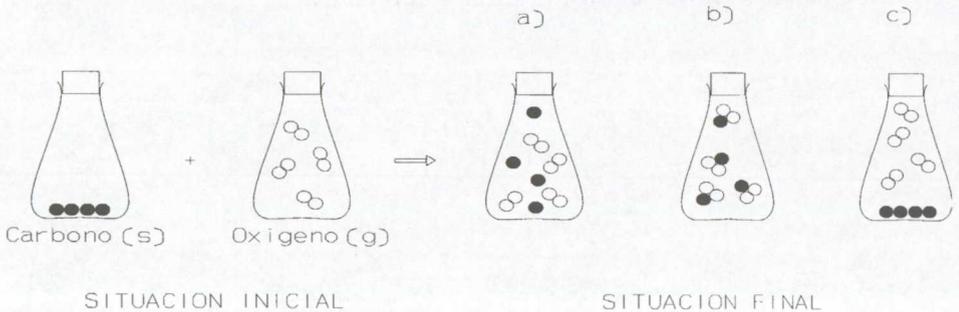
SITUACION INICIAL

SITUACION FINAL

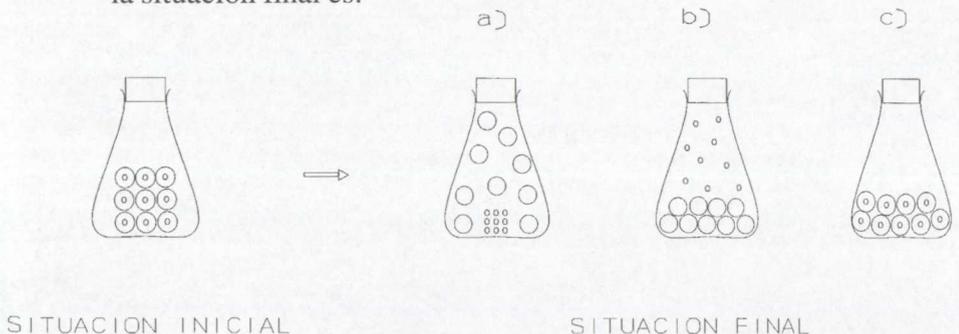
22. Cuando se mezclan agua y alcohol para constituir una disolución, la situación final es:



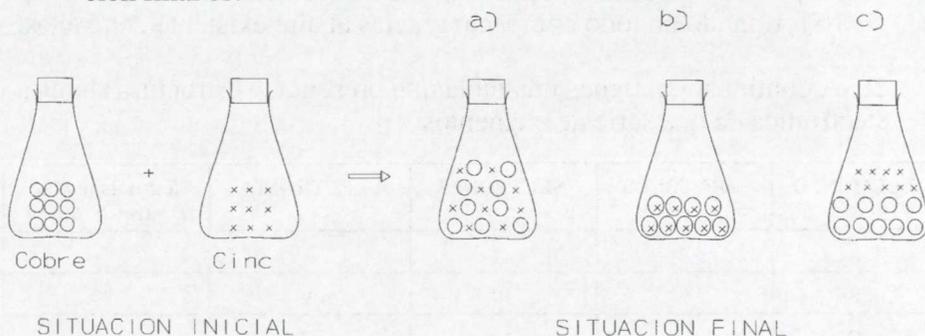
23. Cuando reaccionan carbono y oxígeno para constituir un compuesto gaseoso (anhídrido carbónico), la situación final es:



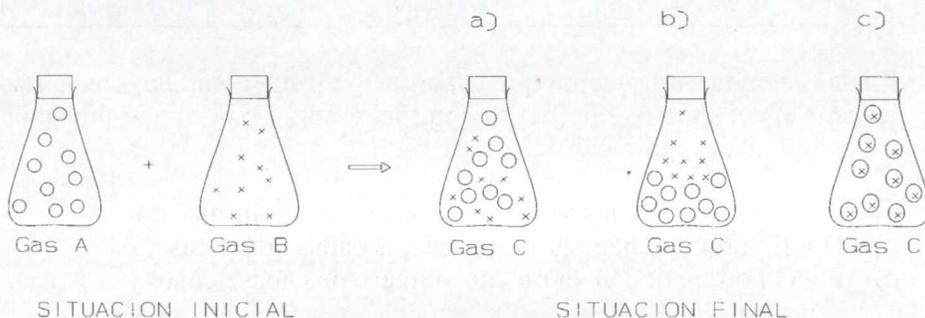
24. Cuando se funde un compuesto sólido (sal común ó cloruro sódico), la situación final es:



25. Cuando se mezcla cobre y cinc para obtener una aleación, la situación final es:



26. Cuando reaccionan dos elementos, A y B, para dar un compuesto AB, la situación final es:



27. Según el modelo atómico, un átomo de **cobre** está constituido por 29 protones, 29 electrones y 34 neutrones. Indica cuál de las afirmaciones siguientes es verdadera:

- Los 29 protones y los 34 neutrones están en el núcleo, mientras los electrones giran alrededor del mismo debido a que su carga eléctrica es opuesta a la de los protones y a que el núcleo está rodeado de aire.
- Los 29 protones y los 34 neutrones están en el núcleo del cobre, mientras los electrones giran alrededor del mismo porque tienen una carga eléctrica opuesta a la de los protones y porque entre ellos no hay nada.

- c) El átomo de cobre es una bola prácticamente maciza, en la cual los 29 protones, los 29 electrones y los 34 neutrones están separados pero formando un todo compacto gracias al aire existente entre ellos.

28. A continuación tienes una tabla que presenta la estructura atómica y electrónica de una serie de elementos:

ELEMENTO	PROTONES	NEUTRONES	ELECTRONES	Electrones por capa Dentro -> Afuera
A	3	4	3	2 - 1
B	9	10	9	2 - 7
C	11	12	11	2 - 8 - 1
D	18	22	18	2 - 8 - 8
E	19	20	19	2 - 8 - 8 - 1
F	35	45	35	2 - 8 - 18 - 7
G	36	51	36	2 - 8 - 18 - 8

Fijándote en la información que te aporta la última columna, señala cuáles son los elementos que, en tu opinión, tendrán con mayor probabilidad propiedades químicas parecidas:

- C y E porque hay los mismos electrones en la última capa
- D y E porque tienen las tres primeras capas idénticas.
- F y G porque tienen el mismo número de capas, cuatro.

29. Algunos piensan que las propiedades químicas de un elemento dependen del número de electrones que tiene en la última capa. Partiendo de los datos de la tabla anterior, señala qué elementos deberías elegir para comprobar si es *falsa* esa afirmación:

- Comparar las propiedades de C y G
- Comparar las propiedades de C y D
- Comparar las propiedades de D y G

30. En la tabla siguiente se indica la cantidad de sal que se ha disuelto en un determinado volumen de agua:

MUESTRA	A	B	C	D	E	F
MASA DE SAL	2g	3g	3g	4g	6g	3g
VOLUMEN DE AGUA	10 cc	10 cc	20 cc	20 cc	25 cc	14 cc

A continuación se hacen una serie de afirmaciones relativas a la mayor o menor concentración de dichas disoluciones. Señala cuál es, en tu opinión, la correcta:

- La disolución **F** está mas concentrada que la disolución **D** porque tiene menos agua por cada gramo de sal.
- La concentración en la disolución **E** es mayor que en la disolución **B** porque contiene una masa mayor de sal.
- La disolución **C** está más concentrada que la disolución **A** porque está disuelta en un volumen de agua mayor.



**BATERÍA AP-N****(Aprendizaje de las Ciencias Naturales)**

© Alonso-Tapia, J. y Pérez de Landazabal, C.

**LOS CAMBIOS QUÍMICOS****(2º DE E.S.O.)****PRIMERA PARTE**

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

A continuación encontrarás varias preguntas seguidas de diferentes alternativas de respuesta. Lee con detenimiento cada pregunta y señala la alternativa que mejor responda a lo que se pregunta rodeando con un círculo la letra o número correspondiente. Por ejemplo, si te encuentras con una pregunta como:

¿En cuál de las situaciones siguientes se está produciendo un cambio químico?

- a) Cuando el aceite arde.
- b) Cuando hacemos café.
- c) Cuando el oro se funde.

deberías rodear con un círculo la alternativa a.

**TRABAJA CON ATENCIÓN****PUEDES EMPEZAR**



1. Entre los tres fenómenos cotidianos que se citan a continuación, señala cuál es un **fenómeno físico**:
  - a) Cera que se derrite al calentarla.
  - b) Madera que arde en una chimenea.
  - c) Zumo de uva que se convierte en vino.
  
2. Entre los tres fenómenos cotidianos que se citan a continuación, señala cuál es un **fenómeno químico**:
  - a) Cuando se azucara una taza de té.
  - b) Agua de colonia que se evapora de un frasco.
  - c) Una rebanada de pan que se quema en un tostador.
  
3. Entre los tres fenómenos cotidianos que se citan a continuación, señala cuál **no es** un **fenómeno químico**:
  - a) Una reja que se oxida a la intemperie en tiempo húmedo.
  - b) Zumo de limón que ataca una superficie de mármol.
  - c) El agua de un lago que se congela durante el invierno.
  
4. Para hacer una queimada se prende con una cerilla el aguardiente de orujo hasta quemar todo el alcohol que contiene. Elige la opción que consideras verdadera:
  - a) Los gases que se han producido siguen siendo alcohol, que ahora está en estado gaseoso.
  - b) Los gases ya no son de alcohol, sino de otra sustancia nueva también en estado gaseoso.
  - c) El alcohol ha desaparecido por completo, transformándose en energía calorífica del aire.
  
5. Calentamos en un vaso alcohol hasta que no quede nada de líquido:
  - a) Los gases que se han producido siguen siendo alcohol, que ahora está en estado gaseoso.
  - b) Los gases ya no son de alcohol, sino de otra sustancia nueva también en estado gaseoso.
  - c) El alcohol ha desaparecido por completo, transformándose en energía calorífica del aire.

Lee el caso siguiente y contesta a las preguntas que se te plantean.

Al estudiar experimentalmente las propiedades de una sustancia desconocido que se encuentra en estado sólido a temperatura ambiente, un químico obtiene los siguientes resultados:

- 1) Funde a una temperatura constante.
- 2) Se disuelve totalmente en agua a temperatura ambiente.
- 3) En su electrólisis se obtiene más de un producto.

De estos datos, el químico concluye que no es un elemento.

6. Señala: ¿En qué experimento 1 - 2 - 3 se basa el químico para llegar a esa conclusión?:

a) 1

b) 2

c) 3

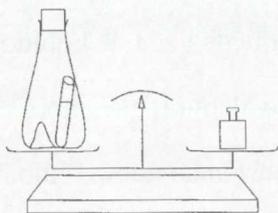
7. ¿De qué tipo de sustancia se trata realmente?.

a) Aleación

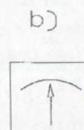
b) Compuesto

c) Disolución

8. En un platillo de una balanza hemos puesto un recipiente cerrado que contiene un montoncito de sosa cáustica y un tubo de ensayo con ácido clorhídrico. Para equilibrarla hemos tenido que poner una masa de 500 gramos en el otro platillo. Un problema de traslado ha hecho que el tubo se rompa y el clorhídrico reaccione con la sosa produciendo sal (cloruro sódico) y agua. Como el recipiente estaba cerrado, no ha salido nada al exterior. Elige, entre las opciones siguientes, cuál señala la posición correcta del fiel de la balanza.



SITUACION INICIAL



SITUACION FINAL

9. Dos astronautas viajan en una cápsula espacial, llevando alimentos sólidos y líquidos suficientes para un viaje suborbital de unas horas. También llevan escondido un paquete de cigarrillos para fumarse durante el viaje. Entre las afirmaciones siguientes elige la opción correcta:
- a) Cuando concluye el viaje espacial, la cápsula pesa lo mismo que cuando iniciaron el viaje.
  - b) Cuando concluye el viaje espacial, la cápsula pesa menos que cuando iniciaron el viaje.
  - c) Cuando concluye el viaje espacial, la cápsula pesa más que cuando iniciaron el viaje.
10. Un ferretero comprueba que la masa de los clavos que ha solicitado es efectivamente de 1 kilogramo. Cuando, al cabo de cierto tiempo quiere vendérselos a un cliente, se encuentra con la desagradable sorpresa de que, por la humedad de su almacén, los clavos se han oxidado. Si los vuelve a pesar ahora se encontrará con que la masa actual:
- a) Sigue siendo un kilogramo porque la herrumbre obtenida es el mismo hierro original que se ha transformado.
  - b) Será inferior a un kilogramo porque la herrumbre que se ha formado es más ligera que el hierro que había.
  - c) Es mayor de 1 kg porque a la masa de hierro inicial se añade la masa de oxígeno del aire con que ha reaccionado.
11. Cuando 2 gramos de Zn y 1 gramo de S se calientan juntos se forma un compuesto que se llama sulfuro de cinc, sin que sobre prácticamente nada ni de cinc ni de azufre.  
¿Qué pasaría si se calientan los 2 gramos de cinc con 2 gramos de azufre?. Elige la respuesta correcta, explicando tus razones:
- a) El sulfuro de cinc obtenido en esta nueva reacción contendrá el doble de azufre.
  - b) Se obtendrá la misma cantidad de sulfuro de cinc, pero quedará azufre sin reaccionar.
  - c) La cantidad de sulfuro de cinc obtenido en esta reacción será el doble de la anterior.

12. Jorge ha preparado una lista con las variables que señalan que se ha producido una **reacción química**. Pero ha cometido **un error**, señalando una característica propia de los procesos de disolución que no se puede dar en una reacción química. Indica cuál es la afirmación **incorrecta**:
- a) Se pueden producir cambios en el color y en el estado (sólido, líquido o gaseoso) de las sustancias reaccionantes.
  - b) Se pueden producir variaciones en el volumen, y por tanto en la densidad, de las sustancias reaccionantes.
  - c) Toda la masa, cualquiera que sea, de las sustancias que se ponen juntas para combinar, reacciona sin que sobre nada.
13. Jorge ha preparado otra lista con las características del proceso de combustión. Pero esta vez ha comprendido mal las explicaciones del profesor y sólo ha señalado **una característica correcta**, indica cuál es:
- a) La combustión ha de realizarse en presencia de aire o, por lo menos, de oxígeno, aunque éstos no participen activamente en el proceso.
  - b) Los átomos del combustible no se destruyen en la llama, únicamente se recombinan con los átomos de oxígeno formando nuevas moléculas.
  - c) Los productos de una combustión son las mismas sustancias que los reactivos iniciales, lo único que ha cambiado son sus propiedades.

14. A continuación tienes una tabla que presenta la estructura atómica y electrónica de una serie de elementos:

TABLA I

ELEMENTO	PROTONES	NEUTRONES	ELECTRÓNES	Electrones por capa Dentro ---> Fuera
A	1	0	1	1
B	3	4	3	2 - 1
C	8	8	8	2 - 6
D	9	10	9	2 - 7
E	11	12	11	2 - 8 - 1
F	18	22	18	2 - 8 - 8
G	19	20	19	2 - 8 - 8 - 1
H	35	45	35	2 - 8 - 18 - 7
I	36	51	36	2 - 8 - 18 - 8

Fijándote en los datos aportados por la última columna, señala cuál de las siguientes afirmaciones es **incorrecta**. Recuerda que, en el enlace iónico, uno de los elementos *cede* electrones para quedarse con la última capa completa y el otro los *toma* (por la misma razón). En cambio, en el enlace covalente, cada elemento *comparte* electrones con el otro.

- Los elementos **F** e **I** son totalmente inertes y, por esta razón, se presentan en la naturaleza en forma monoatómica.
- Dos átomos del elemento **D** pueden compartir un electrón de cada uno para completar su última capa, formando un enlace covalente.
- El elemento **E** puede ceder un electrón al elemento **B**, así ambos completan su última capa constituyendo un enlace iónico.

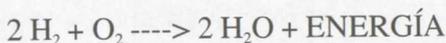
## LOS CAMBIOS QUÍMICOS

## SEGUNDA PARTE

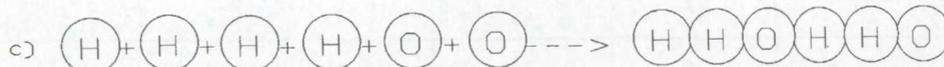
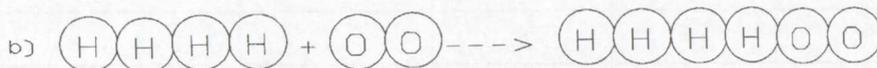
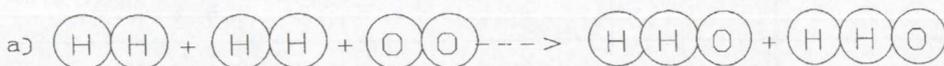
Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_

Colegio \_\_\_\_\_ Curso \_\_\_\_\_ Grupo \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

15. Has estudiado que la obtención de agua a partir de hidrógeno y oxígeno se puede representar por la ecuación química:



Elige entre los diagramas moleculares siguientes cuál corresponde a la ecuación anterior:



La TABLA II presenta algunas filas y columnas del **SISTEMA PERIÓDICO**, cuya organización tiene que ver, en parte, con la valencia de los elementos.

TABLA II

I	II						III	IV	V	VI	VII	VIII
1 H												2 He
3 Li	4 Be						5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg						13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 A
19 K	20 Ca	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr

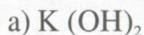
16. Basándote en los datos aportados por la TABLA II, indica cuál de las afirmaciones siguientes es la **correcta**:

- a) Para formar un compuesto con el azufre, un átomo de Litio cede los dos electrones de su última capa a un átomo de azufre.
- b) Para formar un compuesto con el cloro, el átomo de Magnesio cede los dos electrones de su última capa a dos átomos de cloro.
- c) Un átomo de Aluminio puede reaccionar con un átomo de Bromo, cediéndole los tres electrones que tiene en su última capa.

17. Basándote en los datos aportados por la TABLA II, señala cuál de las afirmaciones siguientes es **incorrecta**:

- a) En el óxido de potasio, el potasio tiene que ceder dos electrones al oxígeno, para que así ambos se queden con su última capa completa.
- b) En el óxido de Berilio, el Berilio cede los dos electrones que tiene en su última capa porque son los que necesita el oxígeno para completar la suya.
- c) El Silicio puede completar su última capa si comparte con dos átomos de oxígeno, los cuatro electrones que tiene en su capa externa.

18. Basándote, de nuevo, en los datos de la TABLA II, que aportan información sobre las valencias de los elementos, señala cuál de las fórmulas siguientes está escrita **correctamente**:



19. Si el Carbono, tal como se puede ver en la TABLA II, opera con valencia -4 cuando completa su última capa comparte 4 electrones con un elemento con valencias positivas, y con valencia +2 y +4 cuando comparte electrones con un elemento con valencias negativas, indica cuál de los compuestos siguientes **no** se puede dar:





(+1) y con valencias +1, +3, +5 y +7 cuando reacciona con elementos electro-negativos como el OXÍGENO (-2). Señala cuál de los siguientes compuestos, de existir, permitiría comprobar que esa afirmación sobre las valencias atribuidas al CLORO es falsa:





## APÉNDICES 2.7 y 2.8

2.7: Criterios de corrección.

2.8: Material utilizado para la valoración de las pruebas.



APÉNDICE 2.7.

Contestaciones correctas a cada una de las pruebas.

Aire y Agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	C	A	B	B	A	B	C	C	B	C	A	B	A	A	A
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	A	C	B	A	B	A	C	B	A	B	A	C	B	C	A

Corriente Eléctrica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A	C	5 1 2 6 3 4	B	C	C	A	C	A	C	A	C	A	B	A
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	B	B	C	B	C	A	A	B	A	B	A	C	B	C	

Reproducción de los seres pluricelulares	1	2	3	4	5	6a	6b	6c	6d	6e	6f	6g	6h	6i
	A	C	A	B	C	A	C	B	C	C	A	B	B	A
	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h	7i	8	9	10	11	12
	B	C	C	C	C	B	C	C	A	B	B	A	C	A
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	C	A	A	C	B	B	C	A	B	C	C	B	A	

Genética	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	C	A	A	A	C	A	C	B	C	A	C	B	C	C	C
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
	A	(d)	A	(a)	B	C	B	A	B	D	B	(X)	C		

Estructura de la materia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	C	B	A	C	C	B	A	C	A	C	A	B	B	C	B
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	C	C	A	D	C	B	A	B	C	A	C	B	A	B	A

Cambios químicos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	A	C	C	B	A	C	B	B	A	C	B	C	B	C	A
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	B	A	C	C	A	B	C	B	A						

## APENDICE 2.8.

## ENSEÑANZA SECUNDARIA OBLIGATORIA

## Valoración de pruebas de Ciencias Naturales

Edad: \_\_\_\_\_ Años de docencia: \_\_\_\_\_ Centro: Público \_\_\_  
Privado \_\_ Concertado \_\_\_  
Sexo : ( ) Hombre ( ) Mujer Provincia: \_\_\_\_\_

El objetivo de este estudio es obtener de diferentes profesores del área de Ciencias Naturales su percepción acerca de la adecuación de varias pruebas construidas para evaluar el conocimiento de los alumnos en relación con algunos temas de su área. Para ello se pide:

- I. Evaluar el grado de **RELEVANCIA** de cada pregunta para la evaluación de los objetivos a conseguir con el estudio de los temas siguientes de 7° y 8° de EGB: a) Aire y agua, b) La reproducción de los seres pluricelulares, c) La corriente eléctrica, d) Genética, e) La estructura de la materia y f) Los cambios químicos. Esto es, se trata de señalar si, en su opinión, la adquisición del aprendizaje al que hace referencia la pregunta es imprescindible, importante, poco importante o irrelevante en relación con la evaluación de los contenidos y capacidades a desarrollar con el estudio de dichos temas.  
Para evaluar la relevancia de una pregunta, basta con marcar con una X en la casilla elegida dentro de la columna correspondiente al elemento de que se trate.
  
- II. **Estimar el nivel de dominio** que un alumno de su centro debe alcanzar para que usted, como profesor o profesora, considere que el **grado de aprendizaje** mostrado es **suficiente** como para que ese alumno pueda proseguir su proceso de aprendizaje sin dificultad.  
Se trata de situarse en el siguiente supuesto: "Si cada objetivo de aprendizaje fuese medido por cien preguntas del mismo contenido (aunque variase la presentación de las mismas), (usted) consideraría que un alumno que resolviera correctamente X (100, 80, 60, etc) preguntas de las planteadas dominaría suficiente ese objetivo como

para darlo por superado. Por ejemplo, si se trata de ajustar un reacción, quizás usted consideraría que un 90% de aciertos es suficiente como para poder decir que ese aprendizaje está bien dominado.

Para evaluar el grado de dominio requerido, lea cada pregunta y señale la cantidad (0 al 100) en la casilla correspondiente.

#### EJEMPLO:

Número de pregunta	1	2	3	4	5
IMPRESCINDIBLE	X		X		
IMPORTANTE		X			
POCO IMPORTANTE				X	
IRRELEVANTE					X
% DE DOMINIO	90	85	75	95	65

- III. Finalmente, le pedimos que evalúe: a) La relevancia de la prueba en su conjunto para evaluar el tema indicado, esto es, el grado de adecuación con que cubre el tema sobre el que versa; y b) el grado de dominio que consideran que un alumno debería tener del conjunto de conocimientos que cubre. Para ello debe responder de modo semejante al indicado anteriormente.

## AIRE Y AGUA

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo														
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima														
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100														

## LA REPRODUCCIÓN EN LOS SERES PLURICELULARES

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Imprescindible										
Importante										
Poco importante										
Irrelevante										
% de dominio										

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo														
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima														
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100														

## LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo														
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima														
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100														

## GENÉTICA

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Imprescindible													
Importante													
Poco importante													
Irrelevante													
% de dominio													

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo												
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima												
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100												

## DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo														
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima														
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100														

## LOS CAMBIOS QUÍMICOS

Número de pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Imprescindible															
Importante															
Poco importante															
Irrelevante															
% de dominio															

Número de pregunta	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Imprescindible									
Importante									
Poco importante									
Irrelevante									
% de dominio									

PRUEBA COMPLETA	Respóndase rodeando el número elegido con un círculo									
Relevancia	. Ninguna 1 2 3 4 5 6 7 Muchísima									
Dominio	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100									



**VOLUMEN 2**

**REFERENCIAS**

## INTRODUCCIÓN

ALONSO TAPIA, J., ASENSIO, F., FERNÁNDEZ, E., LABRADA, A. y MORAL, F. (1993) Modelos y estrategias para la evaluación del conocimiento y su adquisición: Un estudio piloto. *Tarbiya*, 3, 7-48.

CARPENTER, T.P., FENNEMA, E. y ROMBERG, T.A. (Eds.) (1993) *Rational numbers: an integration of research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

FREDERIKSEN, J.R., GLASER, R., LESGOLD, A., Y SHAFTO, M.G. (Eds.) (1990) *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

VILLA, J.L. y ALONSO TAPIA, J. (1996) Evaluación del conocimiento: Procedimientos utilizados por los profesores en BUP y FP. En Ministerio de Educación y Ciencia: *Premios Nacionales de Investigación e Innovación Educativa 1994*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE.

## CAPÍTULO 1

ALONSO TAPIA, J. (1983) Evaluación del pensamiento conceptual. En R. Fernández-Ballesteros (Ed.): *Psicodiagnóstico*. Vol 1. (pp. 599-631) Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

ALONSO TAPIA, J. (1991) *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*. Madrid: Santillana.

ALONSO TAPIA, J. (1992 a) Evaluación del conocimiento, la inteligencia y las aptitudes. Aportaciones de la psicología cognitiva. En R. Fernández-Ballesteros: *Introducción a la evaluación psicológica*. I. (pp. 415-452) Madrid, Pirámide.

ALONSO TAPIA, J. (1995) *Orientación educativa. Teoría, evaluación e intervención*. Madrid: Síntesis.

ALONSO TAPIA, J., ASENSIO, F., FERNÁNDEZ, E., LABRADA, A. y MORAL, F. (1993) Modelos y estrategias para la evaluación del conocimiento y su adquisición: Un estudio piloto. *Tarbiya*, 3, 7-48.

- ALONSO TAPIA, J., CARRIEDO, N. y MATEOS, M. (1992) Evaluación de la supervisión y regulación de la comprensión: La batería SURCO. En J. Alonso-Tapia, y Col. (1992) *Leer, comprender y pensar. Nuevas estrategias y técnicas de evaluación*. (pp. 11-58). Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia (CI-DE)
- ALONSO TAPIA, J. y CORRAL DOMÍNGUEZ, C (1992) *Un modelo de evaluación en el área de Lengua*. La batería AP-L. Consellería de Cultura, educació y Ciència, Generalitat Valenciana. (Colección: Materiales para el desarrollo curricular). Valencia.
- BEREITER, C. y SCARDAMALIA, M. (1987) *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum.
- BRUNER, J.S., GOODNOW, J.J. y AUSTIN, G.A. (1956) *A study of thinking*. Nueva York: Wiley.
- BRUNER, J.S., OLVER, R.R. y GREENFIELD, P.M. (1966) *Studies in cognitive growth*. Nueva York: Wiley. (Traducción castellana de A. Maldonado: *Investigaciones sobre el desarrollo cognitivo*. Madrid: Pablo del Río, 1980).
- COLL, C. (1987) *Psicología y currículum*. Barcelona, Laia.
- DOCHY, F. (1996) Assessment of domain-specific and domain-transcending prior knowledge: Entry assessment and the use of profile analysis. In M. Birenbbaum and F. Dochy (Eds.) *Alternatives in assessment of achievements, learning processes and prior knowledge*. Boston: Kluwer.
- EAGLY, A.H. y CHAIKEN, S. (1993) *The psychology of attitudes*. Nueva York: Harcourt Brace.
- GLASER, R., y BASSOK, M. (1989) learning theory and the study of instruction. *Annual Review of Psychology*, 40, 631-666.
- GRAVES, D.H. y SUNSTEIN, B.S. (1992) *Portfolio Portraits*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- KRUGLANSKI A.W. (1989) *Lay epistemics and human knowledge: Cognitive and motivational bases*. Nueva York: Plenum.
- MAYER, R. (1987) *Educational Psychology: A cognitive approach*. Boston. Little, Brown and Co., 1987.
- MEICHEMBAUM, D., BURLAND, S., GRUSO, L. y CAMERON, R. (1985) Metacognitive assessment. En S.R. Yussen (Ed.) *The growth of reflection in children*. Orlando, FL: Academic Press.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA (1989) *Diseño curricular base*. Madrid: MEC.

- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1984) *Learning how to learn*. Londres: Cambridge University Press.
- OLSON, J.M. y ZANNA, M.P. (1993) Attitudes and attitude change. *Annual Review of Psychology*, 44, 117-54.
- PIAGET, J. (1926) *La représentation du monde chez l'enfant*. París: PUF.
- RIVAS, F. y ALCANTUD, F. (1989) *La evaluación criterial en la educación primaria*. Madrid: CIDE, Ministerio de Educación y Ciencia.
- SELDIN, P. (1993) *Successful use of teaching portfolios*. Bolton, MA: Anker.
- SHEPARD, L. (1980) Standard setting issues and methods. *Applied Psychological Measurement*, 4 (4), 447-467.
- SMITH, E.E. y MEDIN, D.L. (1981) *Categories and concepts*. Cambridge, MS: Harvard University Press.
- SNOW, R.E. y LOHMAN, D.F. (1989) Implications of cognitive psychology for educational measurement. En R.L. Linn (Ed.) *Educational measurement*. Nueva York: McMillan.
- TIERNEY, R.J., CARTER, M.A. y DESAI, E. (1991) *Portfolio assessment in the reading-writing classroom*. Norwood, MA: Christofer Gordon.
- TRIANDIS, H.C. (1991) Attitudes and attitude change. En *Ency. Hum. Biol.* 1:485-96. San Diego, CA: Academic Press.
- VILLA, J.L. y ALONSO TAPIA, J. (1996) ¿Cómo se evalúa el aprendizaje en Enseñanzas Medias? *Revista de Ciencias de la Educación*, 168, 473-503.
- VILLA, J.L. y ALONSO TAPIA, J. (en prensa) Evaluación del conocimiento: criterios informales utilizados por los profesores. *Revista de Ciencias de la Educación*.
- YANCEY, K.B. (1992) *Portfolios in the Writing Classroom*. Urbana, Ill: National Council of Teachers of English.
- ZANNA, M.P. y REMPEL, J.K. (1988) Attitudes: a new look at an old concept. En D. Bar-Tal y A.W. Kruglanski (Eds.) *The social psychology of knowledge*. (pp. 315-334). Nueva York: Cambridge University Press.

## CAPÍTULO 2

- ALONSO TAPIA, J. (1992) Evaluación del conocimiento, la inteligencia y las aptitudes: Aportaciones de la psicología cognitiva. En R. Fernández-Ballesteros (Ed.) *Introducción a la evaluación psicológica*. Vol. 1. (pp. 415-452). Madrid: Pirámide.

- ALONSO TAPIA, J. (1995) *Orientación educativa. Teoría, evaluación e intervención*. Madrid: Síntesis.
- ANDERSSON, B. (1979) Some aspects of Children's Understanding of Boiling-point. *Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, Leeds Univ., 252-260
- ANDERSSON, B. (1984) Citado por Driver et al. (1985).
- ANDERSSON, B. (1986) Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education* 70 (5), 549-563.
- ARCHENHOLD, W.F., BELL, J., DONNELLY, J., JOHNSON, S. y WELFOLD, G. (1988) *Science at age 15. A review of APU findings 1980-84*. Londres: HMSO.
- BERKHEIMER, G.D. Y BLAKESLEE, T.D. (1988) Citados por Gabel y Bunce, (1993).
- BROWNING, M.E. y LEHMAN, J.D. (1988) Identification of students misconceptions in genetics problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching* 25 (9), 747-761
- BRIGGS, H. y HOLDING, B. (1986) *Children's Learning in Science Project. Aspects of Secondary Students' Understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds Univ.
- BROOK, A., BRIGGS, H. BELL, B. y DRIVER, R. (1984) *Children's Learning in Science Project. Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds Univ.
- BROOK, A., BRIGGS, H. y DRIVER, R. (1984) *Children's Learning in Science Project. Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter: Full Report*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Leeds Univ.
- BULLEJOS, J. y SAMPEDRO, C. (1990) Diferenciación de los conceptos de masa, volumen y densidad en alumnos de B.U.P. mediante estrategias de cambio conceptual y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias* 8 (1), 31-36.
- BUNCE, D.M., GABEL, D.L. y SAMUEL, K.B. (1991) Enhancing chemistry problem-solving achievement using problem categorization. *Journal of Research in Science Teaching* 28 (6), 505-521.
- CAAMAÑO, A., MAYÓS, C., MAESTRE, G. y VENTURA, T. (1983) Consideración sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias* 1 (3), (198-200).
- CARBONELL, F. y FURIÓ, C. (1987) Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial de las reacciones químicas. *Enseñanza de las Ciencias* 5 (1), 3-9.
- DONNELLY, J.F. y WELFORD, A.G. (1988) Citado por Pozo et al. (1991).

- DORAN, R.L., LAWRENZ, F. y HELGESON, S. (1993) Research on assessment in science. En D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research in science teaching and learning*. Nueva York, McMillan. (pp. 388-342).
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985) *Children's ideas in science*. Open Univ. Press, Milton Keynes. Trad. cast. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, (1989. Morata y Centro Publicaciones M.E.C., Madrid).
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1994) *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*. Londres: Routledge.
- ENGEL, E. y WOOD-ROBINSON, C. (1985) Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19, 4, 304-310.
- ERICKSON, G. y TIBERGHIE, A. (1985) Calor y temperatura. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata-MEC. (pp. 88-110).
- FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, J. (1983) Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* 1 (1), 83-91.
- GABEL, D.L., SHERWOOD, R.D. y ENOCH, L.G. (1984) Problem-solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching* 21 (2), 221-233.
- GABEL, D.L. y BUNCE, D.M. (1993) Research on problem solving: chemistry. En D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research in science teaching and learning*. Nueva York, McMillan. (pp. 301-326).
- GIPSON, M.H., ABRAHAM, M.R. y RENNER, J.W. (1989) Relationships between formal-operational thought and conceptual difficulties in genetics problem solving. *Journal of Research in Science Teaching* 26 (9), 811-821.
- GOTT, R. DAVEY, A., GAMBLE, R., HEAD, J., KHALIGH, N., MURPHY, P., ORGEE, T., SCHOEFIELD, B. y WELFORD, G. (1985) *Science in schools: ages 13-15. Report. n° 3*. Assessment of Performance Unit. Department of Education and Science. Londres: HMSO.
- HACKLING, M.W. y TREAGUST, D. (1984) Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching* 21 (2), 197-209.
- HAMPSHIRE EDUCATION AUTHORITY (1986) *Children's preconceptions in biology*. Secondary Science Curriculum Review in Hampshire.
- HESSE, J.J., III y ANDERSON, C.W. (1992) Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (3), 277-299.

- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988) *La Ciencia de los alumnos*. Laia-M.E.C., Madrid.
- I.E.A. (1988) *Science achievement in seventeen countries: A preliminary report*. Nueva York: Pergamon.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y FERNÁNDEZ PÉREZ, J. (1987) El "desconocido" artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias* 5 (3), 239-246.
- JOHNSON, S. (1989) *National assessment: The APU science approach*. Londres: Department of Education and Science.
- JOHNSTONE, A.H. (1990) Citado por Gabel y Bunce (1993)
- JUNCOS, P. y PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C. (1989) Persistencia de las ideas previas sobre Calor y Temperatura en el B.U.P. Santiago de Compostela, (1989, III Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, pp. 225-226.
- KARPLUS, R., KARPLUS, E. FORMISANO, M. y PAULSEN, A.C. (1977) A survey of proportional reasoning and control of variables in seven countries. *Journal of Research in Science Teaching* 14 (5), 411-417.
- KINNEAR, J. (1983) Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulations in their correction. En H. Helms y J. Novak (Eds), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, N.Y.: Cornell Univ., 84-92.
- KLOPFER, L.E. (1973) Evaluation of science achievement and science test development in an international context: The IEA study in science. *Science Education*, 57, 387-403.
- LAWSON, A.E. (1985) A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching* 22 (7), 569-617.
- LAWSON, A.E. (1995) *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth.
- LAWSON, A.E. y THOMPSON, L.D. (1988) Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 25 (9), 733-746.
- LEVINE, D.I. y LINN, M.C. (1977) Scientific reasoning ability in adolescence: Theoretical viewpoints and educational implications. *Journal of Research in Science Teaching* 14, 371-384.
- LLORENS, J.A. (1987) (citado por Pozo et al., 1991).
- LUNETTA, V.M. y TAMIR, P. (1979) Matching lab activities with teaching goals. *The Science Teacher*, 45, 494-502.

- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA (1989) *Diseño curricular base*. Madrid: MEC.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1975) *Selected results from the national assessments of science: Scientific principles and procedures*. (Report No. 04-5-02). Princeton, NJ: Author.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1978) *The national assessment in sciences: Changes in achievement, 1969-72*. Denver: Educational Commission of the States.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1987a) *Science objectives, 1985-86 assessment*. Princeton, NJ: Educational Testing Services.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1987b) *Learning by doing-a manual for teaching and assessing higher order skills in science and mathematics*. (Report 17, HOS-80). Princeton, NJ: Educational Testing Services.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1992) *Trends in academic progress: Achievement of U.S. students in science 1969-70 to 1990, mathematics 1973 to 1990, reading 1971-1990, and writing 1984-1990*. Princeton, NJ: Educational Testing Services.
- NÍAZ, M. y LAWSON, A.E. (1985) Balancing chemical equations: The role of developmental level and mental capacity. *Journal of Research in Science Teaching* 22 (1), 41-51.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1984) *Learning how to learn*. Londres: Cambridge University Press.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1978) Junior high school pupils understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 63 (3), 273-281.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1981) Pupils understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education* 65 (2), 187-196.
- NUSSBAUM, J. (1985) The particulate nature of matter in the gaseous phase. En J.R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien *Children's ideas in Science*. Milton Keynes: Open Univ. Press. Traducción castellana: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, (1989).
- OPDENACKER, C., FIERENS, H., VAN BRABANT, H., SEVENANTS, J., SPRUYT, J. SLOOTMAEKERS, P.J. y JOHNSTONE, A.H. (1990) Academic performance in solving chemistry problems related to student working memory capacity. *International Journal of Science Education* 12 (2), 177-185.
- OSBORNE, R.J. (1981) Children's ideas about electric current. *New zeland Science Teacher*, 29, 12-9.

- PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C., GARCÍA-GALLO, J. y MORENO, J.M., (1992) Cambio Conceptual Inducido por Experimentos con Ordenador: Calor y Temperatura. Teaching Modern Physics - Statistical Physics. Badajoz.
- PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C., GARCÍA-GALLO, J. y MORENO, J.M., (1993) Cambio Conceptual Obtenido Mediante unidades Didácticas Experimentales con Ordenador: Calor y Temperatura. *IV Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas*, Barcelona.
- PIAGET, J. (1926) *La représentation du monde chez l'enfant*. París: PUF.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1971) *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Barcelona: Nova terra.
- POZO, J.I., GÓMEZ CRESPO, M.A., LIMÓN, M. y SANZ SERRANO, A. (1991) *Procesos cognitivos en la comprensión de la Ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Madrid: C.I.D.E. Ministerio de Educación y Ciencia.
- RIVAS, F. y ALCANTUD, F. (1989) *La evaluación criterial en la educación primaria*. Madrid: C.I.D.E., Ministerio de Educación y Ciencia.
- ROWELL, J.A., DAWSON, C.J. y LYNDON, H. (1990) Changing misconceptions: A challenge to science educators. *International Journal of Science Education* 12 (2), 167-175.
- RUSSELL, T., BLACK, P., HARLEN, W., JOHNSON, S. y PALACIO, D. (1988) *Science at age 11. A review of APU findings 1980-84*. Londres: HMSO.
- SCHOFIELD, B., BLACK, P., BELL, J., JOHNSON, S., MURPHY, P., QUALTER, A. y RUSSELL, T. (1988) *Science at age 13. A review of APU findings 1980-84*. Londres: HMSO.
- SÉRÉ, M.G. (1985) El estado gaseoso. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata-MEC. (pp. 168-195).
- SHEPHERD, D.L. y RENNER, J.W. (1982) Student understandings and misunderstandings of states of matter and density changes. *School Science and Mathematics* 82 (8), 650-665.
- SHIPSTONE, D. (1985) Electricidad en circuitos sencillos. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.) *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata-MEC. (pp. 62-88)
- SMITH, M. (1986). Is formal thought required for solving classical genetics problems? Citado por Stewart y Hafner, 1993).

- SMITH, M.U. y GOOD, R. (1984) Problem solving in classical genetics: successful and unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching* 21 (9), 895-912.
- STAVRIDOU, H. y SOLOMONIDOU, C. (1989) Physical phenomena - chemical phenomena: Do pupils make the distinction?. *International Journal of Science Education* 11, 83-92.
- STAVY, (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education* 10 (5), 533-560.
- STEWART, J.H. (1983) Student problem solving in high school genetics. *Science Education* 67, 523-540.
- STEWART, J.H. (1988) Potential learning outcomes from solving genetics problems: A typology of problems. *Science Education* 72 (2), 237-254.
- STEWART, J. y DALE, M. (1989) High School students' understanding of chromosome - gene behavior during meiosis. *Science Education* 73 (42), 501-521.
- STEWART, J. y HAFNER, R. (1993) Research on problems solving: Genetics. En D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of research in science teaching and learning*. Nueva York, McMillan. (pp. 284-300).
- TAMIR, P. (1996) Science assessment. En M. Birenbaum y P. Dochy (Eds.) *Alternatives in assessment of achievements, learning processes and prior knowledge*. (93-129). Boston: Kluwer.
- Von RHÖNECK, C. (1981) Student conceptions of the electric circuit before physics instruction. En *Proceedings of the International Workshop on Problems Concerning Student's Representations of Physics and Chemistry Knowledge*. Ludwigsburg. Alemania Federal.
- YARROCH, W. (1985) Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching* 22, 449-459.





---

**Ministerio de Educación y Cultura**

Secretaría General de Educación y Formación Profesional

---