



EVALUACIÓN Y DETECCIÓN
DE DIFICULTADES EN EL
APRENDIZAJE DE FÍSICA Y
QUÍMICA EN EL SEGUNDO
CICLO DE LA ESO

M^a del Carmen Pérez de Landazábal
José M^a Moreno Rebollo

Ministerio de Educación y Cultura

CIDE

**EVALUACIÓN Y DETECCIÓN DE
DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE
FÍSICA Y QUÍMICA
EN EL SEGUNDO CICLO DE LA ESO**

**M^a del Carmen Pérez de Landazábal
José M^a Moreno Rebollo**

**ESTUDIO FINANCIADO CON CARGO AL CONCURSO NACIONAL DE PROYECTOS
DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DE 1993**

**REALIZADO EN EL CENTRO DE TECNOLOGÍAS FÍSICAS "L. TORRES QUEVEDO",
CSIC**

Número : 134
Colección INVESTIGACIÓN



© MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA
Secretaría General de Educación y Formación Profesional
Centro de Investigación y Documentación Educativa (C.I.D.E.)
EDITA : CENTRO DE PUBLICACIONES - Secretaría General Técnica
N.I.P.O. : 176 -98 -161- 9
I.S.B.N. : 84-369-3152-1
Depósito Legal : 48017-1998
Impresión : Óptima Comunicación S. L.
C/ Alberto Alcocer, 32. 28036 Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Queremos señalar nuestro agradecimiento a todos aquéllos que han hecho posible este trabajo: al profesor Jesús Alonso Tapia que, al invitarnos a colaborar en su proyecto de evaluación, dio origen al que ahora se presenta; a los profesores que prestaron su ayuda como expertos y permitieron que aplicáramos las pruebas a sus alumnos; a José Hierrezuelo y sus compañeros, a Angela Brook y, en especial, a la desaparecida Rosalind Driver que nos han dado su permiso para la utilización y publicación de sus pruebas.



ÍNDICE

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO	1
Capítulo 1 LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE EN CIENCIAS	
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. FUNCIONES DE LA EVALUACIÓN	5
1.3. TIPOS DE EVALUACIÓN	6
1.3.1. Evaluación diagnóstica inicial	7
1.3.2. Evaluación formativa	7
1.3.3. Evaluación sumativa	8
1.3.4. Evaluación criterial y normativa	8
1.4. LOS OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS COMO MARCO DE LA EVALUACIÓN	10
1.5. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	13
Capítulo 2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. INTRODUCCIÓN	17
2.2. OBJETIVOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS EN EL DISEÑO CURRICULAR BASE PARA LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA	18
2.3. DESARROLLO DEL MODELO DE EVALUACIÓN	20
2.3.1. Elaboración del mapa conceptual que se espera que construya el alumno	20
2.3.2. Establecimiento de cuáles pueden ser los criterios de comprensión. Selección de las tareas	22
2.4. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONTRASTACIÓN DEL MODELO	26
2.4.1. Validación del contenido de las pruebas por expertos	26
2.4.2. Análisis de los resultados de la prueba	27
2.4.3. Evaluación y calificación. Establecimiento del punto de corte	29

Capítulo 3. UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA 3° DE LA E.S.O.

3.1. INTRODUCCIÓN	33
3.2. EVALUACIÓN INICIAL O PRUEBA DE DIAGNÓSTICO	34
3.2.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	34
3.2.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	35
3.2.2.1. Fenómenos químicos	36
3.2.2.2. Circuitos eléctricos	38
3.2.2.3. Destrezas de razonamiento general	39
3.2.3. Resultados de la prueba de diagnóstico inicial	42
3.2.3.1. Muestra	42
3.2.3.2. Validación social del contenido de la prueba	42
3.2.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	44
3.2.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	47
3.2.3.5. Implicaciones didácticas	50
3.3. EVALUACIÓN SOBRE "DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA"	51
3.3.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	51
3.3.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	56
3.3.3. Resultados de la prueba de "DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA"	61
3.3.3.1. Muestra	61
3.3.3.2. Validación social del contenido de la prueba	61
3.3.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	62
3.3.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	65
3.3.3.5. Cambios conceptuales	69
3.3.3.6. Implicaciones didácticas	70
3.4. EVALUACIÓN SOBRE "LOS CAMBIOS QUÍMICOS"	71
3.4.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	71
3.4.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	74
3.4.3. Resultados de la prueba de "LOS CAMBIOS QUÍMICOS"	78
3.4.3.1. Muestra	78
3.4.3.2. Validación social del contenido de la prueba	78
3.4.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	80
3.4.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	83
3.4.3.5. Cambios conceptuales	87
3.4.3.6. Implicaciones didácticas	88
3.5. EVALUACIÓN SOBRE "ELECTRICIDAD"	89
3.5.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	89

3.5.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	91
3.5.2.1. Validación social del contenido de la prueba	96

Capítulo 4. UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA 4° DE LA E.S.O.

4.1. EVALUACIÓN INICIAL O PRUEBA DE DIAGNÓSTICO	99
4.1.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	99
4.1.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	100
4.1.2.1. Conceptualización de la energía	101
4.1.2.2. Conceptualización del calor y la temperatura	102
4.1.2.3. Conceptualización de los fenómenos dinámicos	104
4.1.2.4. Destrezas de Razonamiento	107
4.1.3. Resultados de la prueba de diagnóstico inicial	108
4.1.3.1. Muestra	108
4.1.3.2. Validación social del contenido de la prueba	108
4.1.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	109
4.1.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	114
4.1.3.5. Implicaciones didácticas	117
4.2. EVALUACIÓN SOBRE "MOVIMIENTO"	118
4.2.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	118
4.2.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	122
4.2.3. Resultados de la prueba de "MOVIMIENTO"	126
4.2.3.1. Muestra	126
4.2.3.2. Validación social del contenido de la prueba	126
4.2.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	127
4.2.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	132
4.2.3.5. Implicaciones didácticas	135
4.3. EVALUACIÓN SOBRE "FUERZA y MOVIMIENTO"	137
4.3.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	137
4.3.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	138
4.3.3. Resultados de la prueba de "FUERZA y MOVIMIENTO"	141
4.3.3.1. Muestra	141
4.3.3.2. Validación social del contenido de la prueba	142
4.3.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación	143
4.3.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba	149
4.3.3.5. Implicaciones didácticas	153
4.4. EVALUACIÓN SOBRE "LA ENERGÍA"	
4.4.1. Objetivos de instrucción y esquema de los conocimientos que el alumno debe adquirir	155
4.4.2. Presentación de las tareas y criterios de evaluación	155
4.4.3. Resultados de la prueba de "LA ENERGÍA"	158

4.4.3.1. Muestra	158
4.4.3.2. Validación social del contenido de la prueba	158
4.3.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índice de dificultad	160

Capítulo 5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

5.1. PRESENTACIÓN	163
--------------------------------	-----

5.2. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	166
--	-----

5.3. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS	170
--	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173
---	-----

ANEXO I: PRESENTACIÓN DE LAS PRUEBAS DISEÑADAS	181
---	-----

ANEXO II: EJEMPLO DEL PROTOCOLO UTILIZADO PARA LA VALORACIÓN POR LOS EXPERTOS	267
--	-----

PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se presenta forma parte de un trabajo más amplio cuyo objetivo general es el **desarrollo y valoración de instrumentos de evaluación del conocimiento** que no se limiten simplemente a determinar si el sujeto conoce los contenidos del currículum escolar propuesto, sino el grado en que su trabajo sobre ellos ha dado lugar a la adquisición de destrezas cognitivo-procedimentales y al desarrollo de actitudes positivas hacia la Ciencia en general o hacia las disciplinas en cuestión, elementos clave del planteamiento curricular actual. Este trabajo supone una ampliación del realizado dentro del Proyecto *"Evaluación del conocimiento y su adquisición. I. Desarrollo y valoración de modelos, estrategias y técnicas de evaluación de las adquisiciones cognitivo - conceptuales de los alumnos del Primer Ciclo de ESO (7º y 8º de E.G.B)"*, dirigido por el Dr. D. Jesús Alonso Tapia y subvencionado por el C.I.D.E. en su convocatoria de 1992. Si bien el proyecto mencionado abarca tanto las áreas de Ciencias de la Naturaleza como las de Ciencias Sociales y Matemáticas, esta investigación se circunscribe al área de Física y Química.

Frente al modelo tradicional, en que la evaluación se concibe como una mera recopilación de datos cuya finalidad es calificar el rendimiento del alumno exclusivamente desde el punto de vista de los conocimientos adquiridos, nuestro modelo de evaluación se mueve en el marco teórico señalado por Coll (1983) y Gimeno (1985) que contempla una gama más extensa de posibilidades que incluye los objetivos, la metodología, el ambiente de aprendizaje, etc. La comparación del conjunto de informaciones relativas al sujeto evaluado con los criterios previamente establecidos, convierte la simple medición de un aprendizaje en una evaluación. Evaluación que conduce a emitir un juicio. De este modo, el proceso evaluativo no se agota en sí mismo: se evalúa con el propósito de disponer de una base más sólida para tomar decisiones de diverso orden.

La influencia que tiene el modelo de evaluación en el proceso de aprendizaje del alumno ha quedado demostrada en numerosos contextos. Por mucho que el planteamiento educativo de la Reforma destaque que el trabajo sobre los diferentes contenidos curriculares debe facilitar la consecución de destrezas cognitivas, si los profesores no tienen acceso a modelos alternativos de evaluación de dichas destrezas, seguirá existiendo discrepancias entre los objetivos que se pretende que los alumnos alcancen y los tipos de conocimientos (recuerdo de hechos, conceptos, principios o procedimientos) que se evalúan realmente. Y, por lo tanto, los estudiantes seguirán aplicando las mismas técnicas de estudio y aprendizaje, dando relevancia a procesos más o menos memorísticos. De ahí la necesidad de aportar al profesorado nuevos materiales de evaluación que les sirvan de orientación para su trabajo en el aula y que hayan sido suficientemente contrastados.

No es suficiente realizar una evaluación sumativa que nos señale cuánto ha aprendido el estudiante, consideramos fundamental la labor formativa de la evaluación (Allal, 1979): *"La evaluación debe servir, tanto al alumno como al profesor, de realimentación sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiéndoles identificar los puntos conflictivos y que es preciso modificar. Pero si el objetivo de la evaluación*

es ayudar al alumno a mejorar su aprendizaje, se necesita conocer, además, por qué no ha resuelto bien las cuestiones." Una respuesta requiere tanto información como procesamiento mental (Champagne y Newell, 1992). Es preciso saber si dicha respuesta procede de una memorización correcta de la información o de un razonamiento lógico basado en dicha información y, en caso de fracaso, si el fallo está en el tipo de razonamiento lógico o en la información de base. Para ello la respuesta debe incluir una explicación de cómo se ha llegado a ella o una elección entre explicaciones alternativas igualmente plausibles. Todo esto implica tener en cuenta las deficiencias de los alumnos no sólo en los conocimientos de tipo semántico o de tipo procedimental, sino tratar de conocer sus procesos autorregulatorios (Mayer, 1987).

De acuerdo con este planteamiento y dentro del marco propuesto, los objetivos específicos del presente trabajo han sido:

1. Establecer la estructura de la Ciencia que, siguiendo las orientaciones del Ministerio de Educación y Ciencia y las líneas actuales de la Filosofía de la Ciencia (Kuhn, Popper, Nagel, etc.) se desea transmitir al alumno y que, por lo tanto, se necesita reflejar en la evaluación.
2. Crear los mapas conceptuales de los conocimientos declarativos requeridos por el diseño curricular, ajustando su organización a la estructura de la Ciencia previamente establecida.
3. Establecer los objetivos declarativos y procedimentales correspondientes al diseño curricular de las disciplinas de Física y Química para el nivel académico elegido.
4. Determinar el tipo de habilidades cognitivo-procedimentales implicadas en cada uno de los objetivos anteriores.
5. Elaborar tareas que requieran la aplicación de:
 - los conocimientos declarativos establecidos, prestando especial atención a los esquemas alternativos y errores conceptuales más frecuentes según la bibliografía.
 - las habilidades que se han debido desarrollar, aplicadas en la mayor variedad posible de contextos.

Estas tareas se han agrupado en ocho prototipos de evaluación, correspondientes a la exploración de la situación del alumno cuando inicia el curso y a los tres períodos de evaluación que se realizan en cada uno de los dos cursos del 2º ciclo de la ESO, pudiéndose utilizar tanto para una evaluación continua como para una evaluación final.

6. Elaborar instrumentos que permitan medir aspectos cognitivos de las actitudes del alumno hacia la Ciencia en general y hacia el estudio de las disciplinas científicas en particular.
7. Validar los instrumentos de evaluación elaborados, mediante su valoración por profesores - expertos y el análisis de los resultados de su aplicación en muestras escolares de 3º y 4º curso de la ESO

CAPÍTULO 1

LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE EN CIENCIAS

1.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de evaluación se considera, cada vez más, como un aspecto esencial del aprendizaje y la enseñanza de las Ciencias. Como señala Tamir (1996), frente a la reforma educativa de los años 60 enfocada en el desarrollo de programas centrados en la estructura de la Ciencia y de los procesos científicos, las propuestas de los años 70 que basaban el currículo en las necesidades locales del medio en que se encontraba la escuela y la orientación Ciencia - Tecnología - Sociedad de los años 80, la década de los años 90 puede ser la de la reforma de la evaluación del alumno.

En un modelo de enseñanza tradicional la palabra evaluación se considera sinónimo de prueba, examen, control, y se concibe como una mera recopilación de datos cuya finalidad es calificar el rendimiento de un alumno exclusivamente desde el punto de vista de los conocimientos adquiridos. Sin embargo, la evaluación constituye una parte muy importante en el proceso de enseñanza - aprendizaje, que sirve de punto de partida para una reflexión posterior que facilite la mejora continuada del trabajo del profesor.

Según Coll (1983), la evaluación educativa contempla la existencia de una extensa gama de posibilidades respecto al objeto mismo de la evaluación. Si se toma como unidad de análisis el proceso de enseñanza - aprendizaje, es posible analizar elementos diferentes del currículo: los objetivos, el material, la metodología, el comportamiento del profesor, el ambiente del aprendizaje, los resultados del aprendizaje realizado por el alumno e, incluso, el proceso tomado en su globalidad. Por otra parte, la evaluación conduce a emitir un juicio, una valoración que surge al comparar un conjunto de informaciones relativas al objeto evaluado con unos criterios previamente establecidos. En este sentido, "evaluar" no es sinónimo de "medir". La referencia a unos criterios con los que se compara, convierte la simple medición de un aprendizaje en una evaluación. Por último, el proceso evaluativo no se agota en sí mismo: se evalúa siempre con alguna finalidad, con el propósito de disponer de una base más sólida para tomar decisiones de diverso orden.

Gimeno (1988) señala que es preciso ampliar el concepto de evaluación. La necesidad de una evaluación integral u holística viene exigida por cuatro razones:

- 1.- *Por considerar que la gama de efectos producidos por los métodos pedagógicos es amplia y que la evaluación debe considerarse en toda su amplitud.*

- 2.- *El hecho de que cualquier efecto educativo o resultado de aprendizaje es un producto de la interacción codeterminante de múltiples factores.*
- 3.- *Los resultados detectables en la evaluación son expresión de las interacciones entre todos los componentes del modelo didáctico, presentándose así como un instrumento de investigación del propio modelo didáctico.*
- 4.- *Es fundamental para la didáctica recuperativa. Los resultados no satisfactorios son una llamada al sistema en su conjunto, a todos sus elementos, por lo que es anticientífico adjudicar la responsabilidad del proceso exclusivamente al alumno.*

La idea de una evaluación exhaustiva no es compatible, hoy por hoy, con la búsqueda de datos de evaluación totalmente precisos, fiables y cuantificables. Se preconiza recurrir a las más variadas fuentes de información, incluidos todos los participantes del proceso de enseñanza - aprendizaje. En la práctica de dicha evaluación es necesario asumir los márgenes de subjetividad que conlleva, adoptando una doble actitud: por un lado, aceptarla y ser coherente con ella, no tomando posturas autoritarias, ni técnicas para la cuantificación a ultranza y, por otro lado, emprender una lucha por un conocimiento más objetivo, confrontando las diversas subjetividades que se filtran a través de los más variados instrumentos y datos de observación personales.

Así pues, la evaluación se concibe no como un proceso de inspección externo e impuesto, sino como una exigencia interna de perfeccionamiento, lo que implica como condición necesaria la participación voluntaria de quienes actúan y desean conocer la naturaleza real de su intervención y las consecuencias y efectos que produce. De este modo, la evaluación podrá influir positivamente tanto en la calidad y cantidad del aprendizaje de los estudiantes como en sus características afectivas, su actitud e interés hacia las Ciencias y su aprendizaje.

Este planteamiento de evaluación tendría que desarrollarse cubriendo las etapas descritas en "La evaluación formativa en una perspectiva cognitivista" de Allal (1980) y que son:

1. *Recogida de informaciones.*
2. *Interpretación de las informaciones recogidas.*
3. *Adaptación de las actividades pedagógicas.*

A partir de esa "medida" de todo lo referente a los estudiantes, podrá llegarse a emitir juicios acerca de:

- la validez de la metodología empleada, así como de las secuencias de aprendizaje utilizadas para un determinado concepto o teoría.
- la validez del currículo propuesto tanto en su lógica interna como en su adecuación a los alumnos a los que va dirigido.
- las principales dificultades que se presentan en el proceso de cambio conceptual e identificación de las ideas previas que persisten a pesar del aprendizaje.
- la fiabilidad y validez de las pruebas en sí mismas, así como de las preguntas que las componen y por tanto su adecuación como instrumento de medida.

El hecho de que el parámetro fundamental para la toma de decisiones sean los resultados obtenidos por los alumnos ha provocado que, en muchas ocasiones, la evaluación haya frenado la innovación educativa. Así, muchas de las críticas sobre el fracaso en el cumplimiento de sus objetivos de los diseños curriculares de los años 60 (P.S.S.C., S.C.I.S., etc.) se basan en los resultados de pruebas con preguntas de opción múltiple que favorecían el aprendizaje memorístico y rutinario y, en consecuencia, eran incapaces de detectar avances en destrezas de pensamiento de nivel superior. Por otra parte, los profesores *enseñan* y los alumnos *estudian* para tener éxito en los exámenes. Por todo ello, para que el proceso de enseñanza - aprendizaje sea eficaz, es necesario que exista una fuerte relación entre los objetivos del mismo, la metodología y actividades que se realizan en el aula y la evaluación. Ello exige una programación coherente y realista, así como una reflexión sobre lo que supone todo el proceso de evaluación, esto es, qué decisiones implica, qué factores afectan a esas decisiones y qué efectos tiene evaluar de un modo u otro. 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 de la reforma educativa.

1.2. FUNCIONES 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 manifestado en la información recogida (Alonso Tapia, 1997). Pero también, la evaluación es la *reflexión crítica* sobre todos los momentos y factores que intervienen en el proceso didáctico para determinar cuáles pueden ser, están siendo o han sido los resultados del mismo (Rosales, 1981), a fin de que el estudiante y el medio escolar dispongan de la información necesaria para regular sus respectivos proyectos, así como para elegir, con conocimiento de causa, entre distintas estrategias educativas (M.E.C., 1987).

El análisis reflexivo de la evaluación debe tener en cuenta diversos factores (De Ketele, 1984) :

- ¿Por qué se evalúa?
- ¿Qué se evalúa?
- ¿Quién evalúa?
- ¿Cómo se evalúa?

El *por qué* viene marcado por el tipo de decisión que se pretende tomar a partir de la evaluación: se puede evaluar para seleccionar la persona más capacitada para un puesto; para clasificar en grupos a una población dada; para orientar a los distintos grupos de forma que aprovechen al máximo sus posibilidades; para certificar la obtención de una capacitación determinada, para diagnosticar problemas, dificultades, errores; etc.

El *qué* se refiere al sujeto u objeto de la evaluación. Como ya se ha señalado, el sujeto directo es siempre el alumno, pero el objeto real de la evaluación puede ser muy distinto: puede ser un proceso de enseñanza determinado, los objetivos de la misma, la metodología utilizada en el aula, las propias técnicas de evaluación, incluso el propio sistema educativo.

El **quién** señala la figura del evaluador, personalizado generalmente en la figura del profesor o de una autoridad interna al centro (claustro de profesores) pero que, en los últimos tiempos, está derivando hacia tendencias diametralmente opuestas como son la evaluación por autoridades totalmente externas (The National Assessment of Educational Progress en los Estados Unidos, the Assessment of Performance Unit en el Reino Unido, Exámenes de Selectividad en España, etc.) y los procesos de autoevaluación o de participación activa del alumno en su propio proceso de evaluación (evaluación de portafolios, por ejemplo).

El **cómo** o técnica de evaluación es, con toda probabilidad, el tema más controvertido y sobre el cual se ha escrito más en educación, incluyendo desde la evaluación clásica de recogida de datos en momentos específicos del proceso educativo (exámenes escritos, exámenes orales, preguntas en clase), la evaluación centrada en objetivos (medida por pruebas, más o menos cerradas, o por entrevistas) hasta la evaluación durante el proceso mediante observaciones más o menos estructuradas.

Este trabajo se centra en la evaluación de los alumnos y del currículo de Ciencias (**qué**) por parte del profesor (**quién**) y con un propósito que es el marcado por la reforma educativa en marcha (**por qué**). El planteamiento curricular de la reforma define los objetivos del proceso de enseñanza - aprendizaje en términos de una serie de capacidades de distinta naturaleza (psicomotoras, cognitivas, afectivas, de relación interpersonal y de inserción social) que los alumnos deben ir desarrollando a lo largo de su escolaridad. Evaluar requiere, por tanto, precisar hasta que punto los alumnos han desarrollado dichas capacidades. Todo ello en el marco de una perspectiva constructivista. Pero, en el constructivismo, una enseñanza eficaz es aquella que proporciona a los alumnos la ayuda que necesitan en el proceso dinámico de construcción de significados. Con lo cual, cuando se evalúa el aprendizaje de los alumnos, se está evaluando, voluntariamente o no, la enseñanza realizada. Por ello, la información recogida en el proceso de evaluación debe revertir tanto en el alumno como en el proceso de enseñanza, aspectos ambos olvidados con mucha frecuencia. Porque proporcionar una calificación al alumno no significa suministrarle información útil sobre el proceso de construcción de significados que está llevando a cabo. Como señala Coll (1993), *"Las actividades de evaluación deberían atender más a esta posible y deseable función autorreguladora, mediante una presentación previa clara y explícita de lo que se pretende evaluar, de las finalidades que se persiguen y del análisis posterior de los resultados obtenidos. En último extremo, el ideal sería que los alumnos fueran capaces de utilizar mecanismos de autoevaluación susceptibles de proporcionarles informaciones relevantes para regular su propio proceso de construcción de significados"*. Esto significa que el alumno debe saber, desde un principio, **cómo** se va a evaluar, es decir, las técnicas y los objetivos de la evaluación.

1.3. TIPOS DE EVALUACIÓN

Un proceso evaluador entendido como el conocimiento sistemático de cómo los alumnos están aprendiendo a lo largo de una secuencia de enseñanza - aprendizaje, está estrechamente relacionado con la metodología empleada en dicha secuencia. Unas exigencias evaluadoras determinadas comportan, también, unas determinadas exigencias metodológicas. La opción por una concepción constructivista del

aprendizaje supone que el proceso evaluador conste de las fases siguientes: una evaluación diagnóstica inicial, otra reguladora o formativa y una evaluación final o sumativa.

1.3.1. EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA INICIAL

Según Rosales (1981), la evaluación diagnóstica tiene las características siguientes:

- Se produce al principio o durante el proceso de aprendizaje, pero siempre antes de que el alumno se enfrente con los nuevos conocimientos.
- Su objetivo es determinar el grado de preparación del alumno antes de abordar una unidad de aprendizaje.
- Su utilidad radica, también, en la identificación de las causas que pueden subyacer tras determinados errores o dificultades de aprendizaje que se producen durante el proceso instructivo.

En resumen, como afirma Ausubel (1978), **"de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese en consecuencia"**. Pero esta afirmación implica diferentes aspectos según las perspectivas en que se desenvuelva la enseñanza, y el profesor debe tener en cuenta las tres siguientes (Gutiérrez y otros, 1990):

- El nivel de desarrollo cognitivo en que se encuentra el alumno (que, en las edades correspondientes al Segundo Ciclo de la ESO, puede corresponder a razonamiento concreto, razonamiento en transición o razonamiento formal) (Perspectiva piagetiana).
- Los conocimientos previos que, desde la lógica de las Ciencias, son prerrequisitos para el aprendizaje posterior de la misma (Perspectiva académica).
- La concepción actual que el alumno tiene del mundo y a partir de la cual ha de construir nuevos significados o experimentar un cambio conceptual en la línea establecida por la Ciencia (Perspectiva constructivista).

1.3.2. EVALUACIÓN FORMATIVA

Como ya se ha señalado, la evaluación no es un apéndice de la enseñanza, sino parte integral del proceso de enseñanza - aprendizaje, en el que desempeña funciones de diagnóstico, corrección, comprobación y prevención de necesidades, en lugar de limitarse exclusivamente a funciones de tasación de lo ya hecho, cuando ya es inevitable (Alvarez, 1987). El propósito es formar a la persona y mejorar su actuación, de manera que alcance con éxito los objetivos de instrucción. Por ello, se denomina evaluación formativa aquella que tiene como propósito la modificación y mejora continua del alumno que está siendo evaluado, y se caracteriza por:

- Producirse a lo largo de todo el proceso de aprendizaje.
- Su objetivo es adaptar de forma continua el proceso de enseñanza - aprendizaje a las necesidades y dificultades del alumno.

- Su utilidad radica en la identificación del nivel alcanzado por cada alumno en cada uno de los objetivos propuestos, así como los puntos conflictivos para el grupo en su conjunto.

Por tanto, la evaluación formativa tiene dos consecuencias: de retroalimentación al alumno y al profesor, informándoles del progreso realizado (evaluación para la confirmación de un estado) y de descubrimiento de problemas en el proceso de enseñanza - aprendizaje, señalando la necesidad de proponer actividades alternativas que ayuden a lograr los objetivos propuestos (evaluación para la toma de decisiones) (Chadwick y Rivera, 1990). Con los antecedentes de la evaluación formativa, los alumnos deben decidir sobre cómo orientar sus esfuerzos, modificar sus hábitos de estudio y trabajo, etc.; mientras que el profesor ha de decidir sobre las modificaciones necesarias en la organización del proceso de aprendizaje, de los materiales o actividades propuestas, distribuciones temporales, etc.

1.3.3. EVALUACIÓN SUMATIVA

Frente a los dos tipos de evaluación anteriores, centradas en el perfeccionamiento del proceso de enseñanza - aprendizaje, la evaluación sumativa tradicional se centra exclusivamente en el alumno y, por tanto, sus características son :

- Producirse al final del proceso.
- Su finalidad es "medir" el aprendizaje, asignando una calificación al alumno con el objetivo selectivo de determinar su situación dentro del grupo o de decidir su promoción o no a estudios posteriores.
- El juicio emitido es de carácter global y señala si el alumno ha superado el proceso de aprendizaje considerado como un todo, sin efectuar ninguna discriminación de las habilidades que ha desarrollado o dejado de desarrollar durante el mismo.

Es indudable que este tipo de evaluación no puede constituir nunca un instrumento de motivación del proceso de aprendizaje. Dicha motivación solamente se alcanzará cuando los alumnos perciban las situaciones de evaluación como ocasiones de ayuda real, que generan expectativas positivas y útiles que le permiten tomar conciencia de sus propios avances, dificultades y necesidades (Alonso y otros, 1992).

1.3.4. EVALUACIÓN CRITERIAL Y NORMATIVA

Diversos investigadores (Hodson, 1986; Satterly y Swann, 1988; Alonso y otros, 1992) señalan que, en la mayoría de los casos analizados, la evaluación es de tipo sumativo y solo aporta unas calificaciones que no suministran información sobre lo que el alumno sabe y puede hacer, ni tampoco sobre las dificultades encontradas en el aprendizaje y, por ello, aportan al alumno una base muy pobre para conocer su nivel de competencia y ayudarle a superarse. Estas deficiencias se atribuyen a la evaluación referida a normas que, generalmente, se limita a una comparación del alumno con otros estudiantes, fijando su posición relativa respecto a un grupo dado. En este sentido, indica quién lo ha hecho "mejor", "peor" o quién ha superado el "término medio", pero no permite localizar los puntos fuertes y los puntos débiles de los estudiantes, ni realizar las rectificaciones oportunas para conseguir los objetivos

propuestos, facilitando la realización de programaciones más realistas y ayudando a personalizar más eficazmente el trabajo de los alumnos. Su única ventaja es que, cuando las pruebas están bien construidas mediante procedimientos objetivos de puntuación, permiten evitar el efecto de halo presente en las pruebas establecidas a partir de criterios subjetivos del profesorado.

Por todo ello, desde el punto de vista pedagógico, resulta preferible la evaluación basada en criterios, es decir, aquella en que la actuación del alumno se confronta con metas previamente establecidas. Una prueba basada en criterios se emplea para determinar la posición de un individuo con respecto a un "**dominio de conducta perfectamente establecido**" (Popham, 1978), entendiendo como dominio de conducta el conjunto de conocimientos, habilidades o actitudes que los alumnos ponen en juego en una situación de evaluación dada. Black y Dockrell (1980) señalan las ventajas de la evaluación referida a criterios sobre la referida a normas, como son:

- La necesidad de establecer criterios de actuación específicos y explícitos para evaluar el aprendizaje del alumno proporciona unos objetivos mucho más claros tanto a los alumnos como a los profesores.
- La comparación del trabajo del estudiante con criterios específicos permite un diagnóstico mejor de sus dificultades, así como el establecimiento de un perfil más detallado de sus conocimientos y habilidades.
- La búsqueda del dominio en la comprensión de un concepto o la obtención de una habilidad estimula el aprendizaje por sí mismo, puesto que anima a los estudiantes a competir con sus propias actuaciones anteriores en lugar de competir con otros estudiantes, lo cual conduce, en la mayoría de los casos, a situaciones de frustración.
- La evaluación referida a criterios aumenta la motivación del estudiante para "actuar bien", permitiendo reconocer los progresos de todos y no solo los de unos pocos estudiantes afortunados.

Una de las limitaciones de este tipo de evaluación es que únicamente permite el diagnóstico de las dificultades de aprendizaje de los alumnos, pero sirve de poco para identificar la razón fundamental de la misma. Supone un primer paso, pero las rectificaciones a realizar dependen de la "causa" de la dificultad y no de los fallos cometidos. Una posibilidad de superar estas deficiencias puede radicar en establecer una progresión de complejidad que vaya desde realizar discriminaciones simples y llevar a término procedimientos hasta llegar a los conceptos y los principios, tal como establece Gagné (1971) en sus jerarquías de aprendizaje. De esta modo sería posible determinar si el origen de los problemas que encuentra el alumno está en insuficiencias o inadecuaciones de tipo conceptual (no conoce el concepto implicado o, incluso, mantiene un esquema de tipo alternativo respecto al mismo), si son de tipo procedimental o estratégico (desconoce los pasos necesarios para realizar la tarea) o son de tipo autorregulatorio (es incapaz de supervisar si el proceso seguido y el resultado obtenido son los adecuados, o no sabe que hacer para enfrentarse con la dificultad encontrada). Otra propuesta es la de Horne (1987) que sugiere desarrollar las pruebas de diagnóstico a partir "**de la concentración en los errores del alumno que indican un aprendizaje imperfecto de conceptos o una aplicación incorrecta de reglas**", (lo que él denomina "exámenes referidos a conceptos" para diferenciarlos de los "exámenes referidos a criterios").

1.4. LOS OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS COMO MARCO DE LA EVALUACIÓN

Tanto si el propósito de la evaluación se limita a decidir si se han alcanzado los objetivos de aprendizaje como si se desea determinar qué ayudas es preciso proporcionar a los alumnos para que puedan progresar, el problema básico es establecer qué puede considerarse como criterio inequívoco de un conocimiento.

Las intenciones educativas se expresan en forma de grandes metas u objetivos generales que definen lo que se espera del proceso escolar. Objetivos que, para poder ser evaluados, deben concretarse en actividades observables; actividades que, en el caso específico de la enseñanza de las Ciencias, deben abarcar cinco áreas fundamentales (Yager y McCormak, 1989):

1. ÁREA de la información

- categorizarla adecuadamente
- organizar y sistematizar la información
- relacionar diferentes elementos de información, etc.

2. ÁREA de las destrezas científicas

- detectar problemas y formularse preguntas
- buscar información para responder las propias preguntas
- formular hipótesis y tratar de falsarlas
- hacer inferencias plausibles a partir de una información y del esquema de conocimientos en el que se pretende integrar
- hacer predicciones ajustadas a la probabilidad de un hecho
- plantear un control de variables adecuado, etc.

3. ÁREA de las aplicaciones

- aplicar los conceptos aprendidos en Ciencias a problemas tecnológicos cotidianos
- comprender los principios científicos implicados en aparatos de uso habitual
- comprender y evaluar informes periodísticos sobre desarrollos científicos, etc.

4. ÁREA de la creatividad

- combinar objetos de formas nuevas
- diseñar aparatos o experimentos, etc.

5. ÁREA de las actitudes

- desarrollar actitudes positivas hacia la Ciencia, etc.

A partir de la taxonomía de Bloom, en el campo de las Ciencias se han realizado clasificaciones diferentes de los objetivos de la enseñanza. Una de las primeras y más utilizadas es la establecida por Klopfer (1975), que presenta nueve categorías :

- A. Conocimiento y comprensión de hechos específicos, conceptos, convenciones, clasificaciones, técnicas, leyes, principios y teorías de la Ciencia.

Comprensión y utilización de los procesos de la investigación científica, que abarca cuatro categorías:

- B. Observación y medida.
- C. Descubrimiento de un problema y búsqueda de las formas de resolverlo, lo cual supone la formulación de hipótesis, su contrastación, la creación de procedimientos adecuados para realizar comprobaciones experimentales, etc.
- D. Interpretación de los datos y formulación de generalizaciones, lo cual implica desde el procesamiento e interpretación de observaciones y datos experimentales, la evaluación de las hipótesis establecidas a la luz de dichos datos, hasta la justificación de las generalizaciones. (Obsérvese que algunos de estos objetivos están incluidos en las categorías superiores de la Taxonomía de Bloom: análisis de las relaciones y síntesis o derivación de un conjunto de relaciones abstractas).
- E. Construcción, prueba y revisión de un modelo teórico que ha de especificar, tanto las relaciones contempladas por el mismo como sus limitaciones.
- F. Aplicación de los conocimientos y métodos científicos tanto a problemas nuevos en ese campo de la Ciencia como a problemas externos a la misma. Se pretende que el alumno ponga en práctica sus conocimientos y habilidades científicas, no solo en la clase de Ciencias sino en la resolución de problemas cotidianos y actúe en la vida como un ciudadano informado.
- G. Desarrollo de destrezas manuales en la utilización de equipos comunes de laboratorio, teniendo en cuenta las normas de seguridad.
- H. Desarrollo de actitudes e intereses, en su sentido más amplio:
 - Manifestación de actitudes favorables hacia la Ciencia y los científicos.
 - Aceptación de la investigación científica como una forma de pensamiento.
 - Adopción de "actitudes científicas".
 - Placer ante las experiencias de aprendizaje de la Ciencia.
 - Desarrollo del interés por la Ciencia y las actividades relacionadas con ella.
 - Desarrollo del interés en seguir una carrera o un trabajo relacionado con la Ciencia.
- I. Orientación, referente al conocimiento y comprensión de la naturaleza de la Ciencia y sus interacciones con la Sociedad y la Cultura.
 - Distinción entre diversos tipos de afirmaciones en Ciencia.
 - Reconocimiento de las limitaciones de la explicación científica y de la influencia de la investigación científica en la Filosofía general.
 - Perspectiva histórica: reconocimiento de los antecedentes de la Ciencia.
 - Conciencia de la relación entre la Ciencia, la Tecnología y la Economía.
 - Conciencia de las implicaciones sociales y morales de la investigación científica y sus resultados.

Más modernamente, Kempa (1986) propone una clasificación en tres categorías, íntimamente relacionadas con las anteriores:

- Evaluación de los conocimientos y habilidades procesales científicas.
- Evaluación de habilidades prácticas
- Evaluación de actitudes y otras características afectivas.

Puede observarse que, en todas las propuestas de objetivos, ocupan siempre un papel destacado las destrezas de la metodología científica y el desarrollo de actitudes

positivas hacia la Ciencia. Lo cual se refleja también de una forma marcada en los inventarios de evaluación de los trabajos prácticos de laboratorio, tal como el propuesto por Pinchas Tamir (1996) y que se presenta en el Cuadro 1.1.

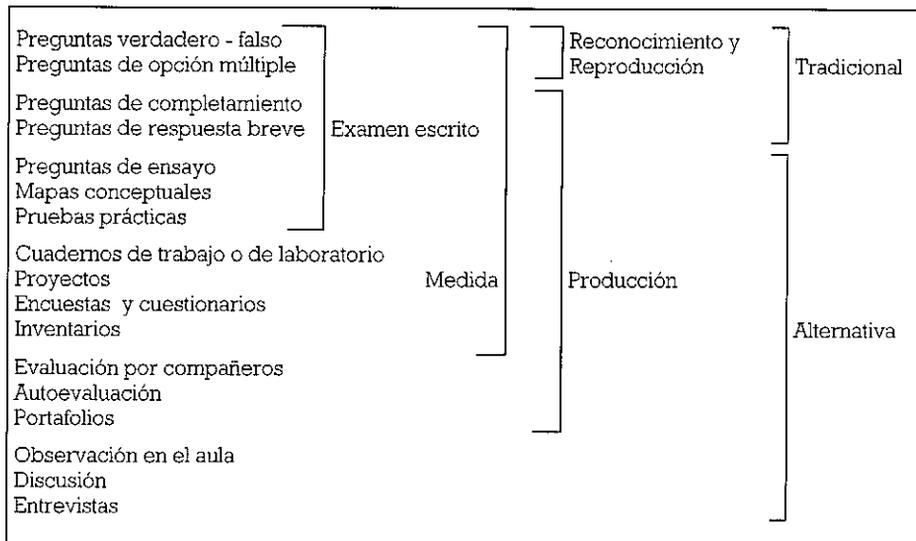
Cuadro 1.1. **Inventario de resultados de laboratorio** (Tamir, 1996)

1. Planificación y diseño de experimentos.
 - 1.1. Formula una pregunta o define un problema que hay que investigar.
 - 1.2. Predice los resultados de un 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 que hay que comprobar.
 - 1.5.5. Proporciona un diseño completo (incluyendo repeticiones del experimento)
 - 1.6. Prepara los aparatos necesarios.
2. Realización del experimento.
 - 2.1. Realiza las medidas y observaciones necesarias.
 - 2.1.1. De tipo cualitativo.
 - 2.1.2. De tipo cuantitativo.
 - 2.2. Maneja adecuadamente los aparatos y desarrolla técnicas instrumentales.
 - 2.3. Registra los resultados y describe las observaciones (incluyendo dibujos).
 - 2.4. Ejecuta los cálculos numéricos necesarios.
 - 2.5. 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 los compañeros cuando es necesario.
 - 2.9. Mantiene en orden el laboratorio y observa las normas de seguridad.
3. Análisis e interpretación de los resultados.
 - 3.1. Transforma los resultados de acuerdo con los procedimientos establecidos.
 - 3.1.1. Ordena los datos en tablas o diagramas.
 - 3.1.2. Representa los datos gráficamente.
 - 3.2. Interpreta los datos, estableciendo relaciones y deduciendo conclusiones.
 - 3.2.1. Establece relaciones cualitativas.
 - 3.2.2. Establece relaciones cuantitativas.
 - 3.3. Determina la precisión de los datos experimentales.
 - 3.4. Señala las limitaciones y suposiciones que subyacen en el experimento.
 - 3.5. Formula o propone una generalización de los resultados o un modelo.
 - 3.6. Explica los resultados y relaciones encontradas en la investigación.
 - 3.7. Se plantea nuevas preguntas o problemas a partir de los resultados obtenidos.
4. Aplicación de los resultados.
 - 4.1. Realiza predicciones a partir de los resultados obtenidos.
 - 4.2. Formula nuevas hipótesis en base a sus resultados.
 - 4.3. Aplica la técnica experimental a nuevas variables o nuevos problemas.
 - 4.4. Sugiere ideas y formas de continuar la investigación.

1.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Todo proceso de evaluación supone una recogida de información como paso previo a la toma de decisiones. En relación con la educación científica, se han identificado diversas técnicas de "medida" o recogida de información. Algunas de ellas se presentan en la Figura 1.1. (Tomado de Doran y otros, 1993). Como ya se ha señalado, en el proceso de evaluación se debe recurrir a diversas fuentes de información y utilizar la técnica o el instrumento de medida más adecuado para el propósito o el dominio de conocimientos que se desea evaluar.

Figura 1.1. **Técnicas e instrumentos de evaluación**



Tradicionalmente, y a pesar de las reformas educativas, la evaluación se realiza casi exclusivamente a partir de la calificación obtenida en las pruebas escritas o exámenes, cuando éstos suelen ser instrumentos de validez y fiabilidad insuficientes.

La validez de una prueba requiere que "*ésta mida lo que dice medir en la situación en que va a ser aplicada*" (Beggs y Lewis, 1979). Existen diferentes tipos de validez, como la predictiva o la de constructo, pero la más importante para el caso que nos ocupa es la validez de contenido. La validez de contenido implica la adecuación con que las tareas del test miden un contenido específico, así como si recogen una representación muestral de la población de contenidos objeto de la evaluación (Hernández y Sancho, 1989; Escudero, 1985). Así, en la mayoría de los exámenes del área de Ciencias, se da una sobrevaloración de la aplicación (problemas) y, en muchos casos, para evitar un elevado número de fracasos, se aprecia una saturación de tareas correspondientes a los objetivos inferiores de la taxonomía (Rodríguez Barreiro y otros, 1992). El análisis de la validez de contenido requiere una revisión sistemática y lógica de las diferentes tareas que componen la prueba y el procedimiento habitual para valorarla consiste en acudir a un conjunto de jueces que evalúan independientemente los contenidos de la misma. Obviamente,

existe mucha subjetividad en su determinación y, en el análisis final, el usuario debe decidir si la prueba le resulta útil para la situación en la que la va a aplicar.

La fiabilidad informa sobre la consistencia o estabilidad que presentan las medidas suministradas. Para valorar la fiabilidad, habitualmente se recurre a calcular la correlación entre aplicaciones sucesivas de la prueba a los mismos alumnos (test-retest, aplicación de formas paralelas) o al análisis de la correlación de unas tareas con otras (división por mitades). Otros autores consideran que una prueba es fiable cuando es valorada de la misma forma por distintas personas, o por la misma persona cuando se encuentra en situaciones diferentes.

El problema de la subjetividad en la valoración de las pruebas escritas tiene diversas raíces: desde la variación de la puntuación según se avanza en la corrección de las pruebas (influido por la calidad de las pruebas ya corregidas), hasta el efecto de *halo* de los resultados obtenidos anteriormente por el alumno. La corrección por tareas individuales en vez de por pruebas completas, variando el orden de corrección y "eliminando" al autor, puede ayuda a objetivar las puntuaciones. Más difícil de resolver es la falta de fiabilidad debida a las propias realizaciones de los alumnos, como señalan Hernández y Sancho (1989): ***"Distintos alumnos pueden llegar a los mismos resultados mediante procesos cognitivos de muy distinta calidad. Se puede dar una respuesta acertada utilizando un mecanismo poco adecuado, como la memorización mecánica, o utilizar un mecanismo de razonamiento correcto y llegar a conclusiones inaceptables científicamente"***.

La utilización de preguntas de verdadero-falso, de opción múltiple, de emparejamiento e, incluso, de completamiento de frases, permite soslayar el problema de la subjetividad. Las críticas a estas tareas provienen de que solamente miden un aprendizaje memorístico, superficial y rutinario, y requieren pocas destrezas de comunicación, por lo cual no permiten evaluar la capacidad para desarrollar y presentar un argumento. Pero presentan otras ventajas, como son:

- Permiten cubrir un amplio abanico de conceptos y contextos en un tiempo relativamente corto.
- Son corregidos y calificados con facilidad y rapidez.
- Favorecen a los estudiantes con una comprensión adecuada de los conceptos pero con problemas de expresión verbal.

Los inconvenientes de este tipo de pruebas pueden eludirse mediante la utilización como distractores de los errores conceptuales habituales de los alumnos. De este modo, los resultados señalan, rápidamente, no solo cuántos alumnos eligen la mejor respuesta, sino cuántos de ellos mantienen un esquema alternativo particular. Si, además, se exige al alumno que proporcione una justificación o que señale el grado de seguridad que tiene en su respuesta (lo cual supone un proceso autorregulatorio) se aumenta el nivel de exigencia cognitiva de la tarea. Para Tamir (1996), la utilización de justificaciones en tareas de opción múltiple de este tipo es preferible al uso de cuestiones breves de ensayo por dos razones: 1) Al tener que justificar su elección, el alumno debe considerar los datos de todas las opciones y explicar por qué una de ellas es mejor que las otras. Así se le "fuerza" a considerar conceptos específicos y a expresar su posición por escrito. 2) Cuando los alumnos saben que tienen que justificar sus opciones, intentan realizar un aprendizaje más significativo y profundo para poder escribir una justificación adecuada.

El uso de mapas conceptuales ha sido promovido por Novak (Novak y Gowin, 1988) como una herramienta que favorece el aprendizaje de nuevo material y que permite planificar, resumir y revisar todo el aprendizaje realizado sobre un concepto o un tema. La gran ventaja y utilidad del mapa conceptual es que facilita el conocimiento de la organización conceptual alcanzada por el alumno a partir del número y calidad de las relaciones que establece entre los diferentes conceptos estudiados, es decir, nos aproxima al esquema conceptual del alumno. En este sentido, resulta también un instrumento útil para la evaluación porque permite una valoración rápida y objetiva (Tamir, 1996) y presenta, como las pruebas de opción múltiple, escasa demanda de expresión verbal. Pero, en la actualidad, es una estrategia educativa que raramente se utiliza en nuestras aulas, lo cual imposibilita su utilización como instrumento de evaluación.

Es indiscutible que una de las mejores formas de evaluación formativa del alumno son las entrevistas y la observación en el aula o el laboratorio, sea de tipo libre o estructurada mediante crónicas de flujo de comportamiento y protocolos de análisis de interacción; también puede grabarse o no mediante medios audiovisuales (Rodríguez Barreiro y otros, 1992). Son utensilios muy valiosos para el análisis crítico de los procesos de aprendizaje, para la detección de las dificultades y bloqueos experimentados por los alumnos a la hora de aprender y para ayudar al profesor a tomar decisiones que le permitan mejorar su trabajo. Su mayor inconveniente es la cantidad de tiempo y esfuerzo que requieren, en especial cuando se trabaja con más de treinta alumnos por aula.

Los últimos instrumentos que se van a tratar corresponden a la autoevaluación y el portafolios y ambos implican una contextualización de la evaluación. En el proceso de evaluación, tanto los objetivos como la selección y propuesta de tareas se hace en base a lo que el profesor considera importante, 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 da lugar a que los alumnos no sean capaces de descubrir la importancia que ese aprendizaje tiene para su desarrollo personal y se enfrenten, tanto a dicho aprendizaje como a su evaluación, sin la motivación adecuada. Si se desea que el alumno valore positivamente la evaluación como una situación de ayuda se deben dar una serie de condiciones :

- Es necesario exponer y comentar los objetivos de aprendizaje a los alumnos y que éstos comprendan su importancia, asuman la necesidad de trabajar en esa dirección y asimilen qué es lo que se considera como indicador de progreso en la consecución de esos objetivos.
- Es preciso que las tareas seleccionadas para la evaluación pongan en juego capacidades cuya adquisición resulte realmente útil y puedan ser percibidas por los alumnos como realmente importantes para su desarrollo personal.
- Es esencial que el diseño de las tareas permita averiguar los factores subyacentes tanto en las dificultades como en los progresos del alumno.
- Es fundamental que los profesores comuniquen a sus alumnos los aspectos en los que han progresado y en los que no han progresado, ayudándoles a ver tanto las razones de sus progresos como de sus dificultades e indicándoles, en este último caso, qué pueden hacer para afrontar esas dificultades.

Estas condiciones pueden darse proporcionando al alumno pruebas o trabajos de autoevaluación que, una vez corregidos o discutidos con el profesor y los

compañeros, le permitan evaluar por sí mismo su aprendizaje Y, sobre todo, mediante la negociación entre alumno y profesor de los objetivos, trabajos a realizar y criterios de progreso que se van a utilizar para la evaluación de un período o proceso de aprendizaje dado (evaluación por portafolios).

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior se ha puesto de manifiesto que el planteamiento de la evaluación del proceso de enseñanza - aprendizaje de las Ciencias debe reunir una serie de condiciones para poder cumplir correctamente sus funciones:

- Tiene que situarse en el contexto de un diseño curricular en el que el alumno ha de aprender hechos y comprender conceptos para integrarlos en un esquema, u organización conceptual, que le permita una representación de los fenómenos del mundo en que vive acorde con la Ciencia; ha de llegar a dominar procedimientos, tanto estratégicos como específicos, y a desarrollar capacidades cognitivas de tipo general aplicables en situaciones diversas y ha de asumir actitudes positivas fundamentadas en los conocimientos adquiridos.
- No puede limitarse a la evaluación de conocimientos aislados sino que debe permitir determinar el grado de organización conceptual alcanzado por el alumno. 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 realizan sobre el cambio conceptual experimentado por el alumno
- Si el objetivo de la evaluación es proporcionar al alumno las ayudas necesarias para poder progresar, las técnicas utilizadas han de permitir determinar, tanto si el alumno es capaz o no de hacer algo como, en este último caso, cuáles son las causas subyacentes de su dificultad o de su bloqueo.

Análisis realizados sobre los tipos de pruebas utilizados en Física y Química (Alonso y otros, 1992; Rodríguez Barreiro y otros, 1992; Villa y Alonso Tapia, 1997) han puesto de manifiesto que la mayoría de las tareas plantean la solución de problemas mediante la aplicación, habitualmente mecánica, de reglas. El origen de este planteamiento radica, fundamentalmente, en el desconocimiento de modelos de tareas que permitan evaluar si se alcanzan objetivos correspondientes a las categorías superiores de las taxonomías indicadas, pero también se debe al hecho de que el diseño de la evaluación no se afronta con una conciencia clara del tipo de reorganización conceptual que se pretende que realice el alumno.

Por todo ello, el desarrollo de la investigación consta de dos etapas fundamentales:

- El desarrollo de modelos de evaluación que, ajustándose a los objetivos y criterios de evaluación propuestos en el Diseño Curricular Base (D.C.B.) para la

Física y la Química, permiten determinar el tipo de reorganización conceptual realizado por el alumno.

- La contrastación en el aula de los modelos de evaluación diseñados.

Con ello se pretende aportar al profesorado ejemplos contrastados de evaluación, al mismo tiempo que se recoge información sobre las dificultades encontradas por el alumno en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física y la Química, así como de las posibles causas subyacentes en los mismos.

2.2. OBJETIVOS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN PROPUESTOS EN EL DISEÑO CURRICULAR BASE PARA LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA

Como ya se ha señalado, el modelo de evaluación ha de enmarcarse en un planteamiento curricular que, en este caso, es el propuesto en el D.C.B. para el Segundo Ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Ello implica que el alumno, tras haber trabajado con los bloques de contenido señalados en el Cuadro 2.1, ha de haber alcanzado los objetivos que se enumeran en el Cuadro 2.2. (M.E.C., 1995)

Cuadro 2.1. Bloques de contenido de la ESO para el área de Ciencias de la Naturaleza

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

Como se refleja en el objetivo 2 del Cuadro 2.2., se pretende que el alumno elabore una interpretación científica del mundo que le rodea, incluyendo los seres vivos y el ser humano. Pero, además, ha de ser una representación integrada, tal como se indica en los criterios propuestos para la evaluación en el área de la Física y la Química:

- Utilizar la teoría cinética para explicar algunos fenómenos que se dan en la naturaleza, tales como la dilatación o los cambios de estado, y para interpretar los conceptos de presión, calor y temperatura.
- Utilizar algunos modelos de la teoría atómica para explicar el comportamiento eléctrico de la materia, la conservación de la masa en toda reacción química, y la formación de nuevas sustancias a partir de otras.

- Utilizar el conocimiento de las propiedades de la energía para explicar algunos fenómenos naturales y cotidianos, y aplicar el principio de conservación de la energía al análisis de algunos procesos.
- Interpretar algunos fenómenos naturales con apoyo de maquetas o dibujos del Sistema Solar, utilizando la ley de la gravitación universal para justificar la unión entre los elementos que componen el Universo, la atracción de cualquier objeto en la superficie de los astros y las variaciones del peso de los cuerpos.

Cuadro 2.2. Objetivos generales de la ESO para el área de Ciencias de la Naturaleza

1. Comprender y expresar mensajes científicos utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, así como otros sistemas de notación y de representación cuando sea necesario.
2. Utilizar los conceptos básicos de las Ciencias de la Naturaleza para elaborar una interpretación científica de los principales fenómenos naturales, así como para analizar y valorar algunos desarrollos y aplicaciones tecnológicas de especial relevancia.
3. Aplicar estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la Ciencia, en la resolución de problemas: Identificación del problema, formulación de hipótesis, planificación y realización de actividades para contrastarlas, sistematización y análisis de los resultados, y comunicación de los mismos.
4. Participar en la planificación y realización en equipo de actividades científicas, valorando las aportaciones propias y ajenas en función de los objetivos establecidos, mostrando una actitud flexible y de colaboración, y asumiendo responsabilidades en el desarrollo de las tareas.
5. Elaborar criterios personales y razonados sobre cuestiones científicas y tecnológicas básicas de nuestra época mediante el contraste y evaluación de informaciones obtenidas en distintas fuentes.
6. Utilizar sus conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo humano para desarrollar y afianzar hábitos de cuidado y salud corporal que propicien un clima individual y social sano y saludable.
7. Utilizar sus conocimientos sobre los elementos físicos y los seres vivos para disfrutar del medio natural, así como proponer, valorar y, en su caso, participar en iniciativas encaminadas a conservarlo y mejorarlo.
8. Reconocer y valorar las aportaciones de la Ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos, apreciar la importancia de la formación científica, utilizar en las actividades cotidianas los valores y actitudes propios del pensamiento científico y adoptar una actitud crítica y fundamentada ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre Ciencia y Sociedad.
9. Valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción ligado a las características y necesidades de la sociedad en cada momento histórico y sometido a evolución y revisión continua.

Por ello se da una gran importancia a la naturaleza de la Ciencia, destacando el papel que los modelos y teorías desempeñan en la explicación de los fenómenos pero señalando, al mismo tiempo, sus limitaciones y su provisionalidad: "**Que valoren como los modelos (gases perfectos, modelos atómicos, etc.) permiten hacerse una imagen de los fenómenos, posibilitan la obtención de leyes y la predicción de otros fenómenos. Que tengan en cuenta que solo son una aproximación de la realidad y que pueden ser sustituidos cuando dejen de explicar los fenómenos observados**".

Representación que debe construirse mediante la aplicación de estrategias personales, coherentes con los procedimientos de la Ciencia, lo cual implica el aprendizaje de dichos procedimientos y el desarrollo de habilidades y capacidades cognitivas propias del pensamiento científico (Objetivos 3, 4 y 5) que le permitan, además, comunicar sus ideas y conocimientos a los demás tanto en el lenguaje natural como en el lenguaje propio de la Ciencia (Objetivo 1).

Y todo ello desde una perspectiva fuertemente actitudinal de valoración de las contribuciones de la Ciencia y de la Tecnología a la Sociedad (Objetivo 8) y del valor, social y cultural, del conocimiento y las actitudes científicas (Objetivo 9) para desarrollar en el alumno actitudes positivas de preservación de la naturaleza (Objetivo 7) y mantener hábitos corporales, individuales y sociales, saludables (Objetivo 6).

Por lo tanto, ha de diseñarse un modelo que evalúe si los alumnos han construido esa representación integrada y funcional de los fenómenos estudiados en los distintos bloques, así como de los modelos que explican cómo interactúan y cambian. Y, además, ha de evaluar el grado en que afrontan la búsqueda de explicaciones y la solución de problemas utilizando procedimientos y estrategias propias del pensamiento científico.

2.3. DESARROLLO DEL MODELO DE EVALUACIÓN

2.3.1. ELABORACIÓN DEL MAPA CONCEPTUAL QUE SE ESPERA QUE CONSTRUYA EL ALUMNO.

Aunque la evaluación de los resultados del proceso de enseñanza - aprendizaje solo puede hacerse a partir de actividades y datos observables, esto no significa que los objetivos deban confundirse con éstos. Lo que el alumno debe conseguir puede definirse, como han señalado Bruner (1966) y Coll (1987), en términos de **esquemas, capacidades, habilidades y destrezas cognitivas** aplicables a una gran diversidad de situaciones. Se pretende que las representaciones que tienen los alumnos de las cosas sean más precisas y, además, que se relacionen y organicen de acuerdo con esquemas que puedan usarse de forma adecuada y funcional. Ahora bien, para evaluar si los alumnos han experimentado una reestructuración adecuada de sus esquemas conceptuales y si, en el contexto de la misma, están adquiriendo las capacidades establecidas en el currículo, es preciso ajustarse a un modelo teórico que garantice que las inferencias realizadas sobre el grado en que los alumnos han alcanzado los objetivos señalados son plausibles, lo que es necesario para justificar cualquier decisión al respecto. La explicitación y validación de estos modelos de organización e integración de conocimientos y capacidades constituye el paso fundamental en el diseño de cualquier evaluación. Tales modelos deben referirse

fundamentalmente a la forma de organización e integración tanto de conocimientos de tipo conceptual como de tipo procedimental, de las condiciones en que unos y otros deben aplicarse y de las disposiciones actitudinales cuya adquisición deben haber generado (Novak y Gowin, 1988; Coll, 1987; Alonso Tapia, 1992). Por ello tendrán que ver obviamente con la naturaleza de la materia sobre la que versa la enseñanza.

Una técnica para conseguir 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 lo abarquen totalmente y, si esto no es posible, que se garantice que se centran en los aspectos más representativos del mismo. Para la elaboración de este mapa es necesario tener en cuenta la visión de la Ciencia que, en la línea indicada por el M.E.C. en sus orientaciones y marcada por las tendencias actuales de la Filosofía de la Ciencia, se desea transmitir al alumno y que, por lo tanto, se debe reflejar en la evaluación.

Toda posición filosófica sobre la estructura de la Ciencia debe definirse en cuatro líneas (Koulaidis y Ogborn, 1988):

- Una toma de posición sobre la naturaleza del método científico.
- Un criterio para la diferenciación entre Ciencia y no-Ciencia.
- Un modelo sobre cómo se produce un cambio científico.
- Una declaración sobre el "estatus" asignado al conocimiento científico.

Aunque en los niveles educativos que nos ocupa no es posible un desarrollo completamente coherente con la estructura de la Ciencia, la evaluación que se propone se enfoca principalmente en los puntos siguientes:

- No hay, como aparentemente afirman algunos textos escolares, un método científico único y determinado.
- La Ciencia es un proceso dinámico de búsqueda del conocimiento y no una acumulación estática de información.
- La Ciencia está abierta a cambios sobre la base de aparición de nueva evidencia. Tiene un carácter tentativo. Nada está completamente demostrado.
- Entre los rasgos característicos de la Ciencia destaca su dependencia de la experiencia, la insistencia en las definiciones operacionales, el reconocimiento de la arbitrariedad de definiciones y esquemas de clasificación, así como la evaluación del trabajo científico en términos de su reproductibilidad y utilidad para investigaciones posteriores.

Por este motivo, en cada uno de los dos cursos que constituyen el Segundo Ciclo de la ESO se comienza por presentar el mapa conceptual que recoge la reorganización conceptual esperada. Para dar una visión integrada, tanto de la Ciencia como de la reorganización que se pretende, dicho mapa unifica los distintos modelos de evaluación que se van a diseñar para ese curso. En todos ellos se destacan las grandes teorías (cinética, atómica, etc.) y principios (conservación de la masa, de la carga eléctrica, de la energía, etc.) que unifican los diferentes campos y áreas de la Ciencia. Y, siempre que es posible, se confrontan los aspectos macroscópicos y observables con las hipótesis e interpretaciones teóricas proporcionadas por la Ciencia.

2.3.2. ESTABLECIMIENTO DE CUÁLES PUEDEN SER LOS CRITERIOS DE COMPRENSIÓN. SELECCIÓN DE LAS TAREAS

El segundo paso es determinar qué es lo que puede considerarse como criterio de comprensión. Recordar hechos, conceptos o definiciones no es suficiente para determinar si un alumno ha elaborado una representación adecuada de los mismos. El alumno puede conocer de memoria los conceptos de voltaje, resistencia e intensidad de corriente y la relación existente entre ellos (ley de Ohm) pero, sin embargo, puede pensar que *“Los enchufes de nuestra casa suministran una intensidad de corriente constante, es decir, independiente del aparato que se conecte”* porque se limita a reproducir memorísticamente relaciones del tipo $I = \frac{V}{R} \Rightarrow V = I.R$ y no reconoce que, al cambiar el aparato, sus características (su resistencia eléctrica) varía y, por tanto, varía la intensidad de corriente que va a circular por el circuito. O puede recordar perfectamente las definiciones de los conceptos de posición, velocidad o aceleración y, ante una situación en la que debe decidir cuál de las tres magnitudes ha de ser idéntica en el instante que un policía motorizado alcanza un coche, optar erróneamente por la velocidad o la aceleración.

Por ello, en todo momento, se debe evitar la evaluación del conocimiento de hechos y, salvo en raras excepciones, se debe eludir la evaluación de la comprensión de un concepto a partir de su definición. Es preferible evaluar el grado en que se comprende un concepto dado mediante tareas que requieran la categorización de objetos y la realización de inferencias o predicciones. También se debe evitar la evaluación de la representación que los alumnos tiene de un concepto a partir de la resolución de un problema porque puede conducir a conclusiones erróneas: Resolver un problema, del tipo que sea, implica, además de conceptualizarlo adecuadamente, conocer el procedimiento que hay que seguir para resolverlo. Por esta razón, un alumno puede fracasar, no por falta de comprensión del concepto, sino porque no conoce el procedimiento.

Cuando la evaluación se plantea, tanto para determinar si los alumnos han alcanzado los objetivos curriculares como para averiguar qué ayudas necesitan en caso de fracaso, hay que tener presente en el diseño de las tareas de evaluación que éstas, no solo deben señalar si el alumno comprende o no el concepto 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:

- Una *elaboración conceptual insuficiente*.
- Un *conocimiento insuficiente o inadecuado de los procedimientos a aplicar*.
- Deficiencias en la *supervisión y autorregulación de los procesos implicados en la comprensión y la solución de problemas*.

Los métodos que mejor reúnen las características anteriores son las observaciones en situaciones de aprendizaje, libres o estructuradas, y la entrevista clínica piagetiana. Estos métodos implican proponer a los alumnos las tareas a resolver y observar su actuación, preguntarles el porqué de sus respuestas, proponiéndoles situaciones que entren en conflicto cognitivo con ellas e inferir si sus respuestas reflejan de forma regular concepciones, razonamientos o pautas de

actuación que señalen el tipo de representación subyacente. En el caso de los procedimientos debe hacerse atendiendo a las distintas facetas que definen su conocimiento, esto es, preguntando qué sabe del mismo, observando si lo aplica siguiendo cada uno de sus pasos, si lo hace de forma precisa y automatizada y si es capaz de aplicarlo de forma generalizada a distintas situaciones.

Una buena entrevista clínica, no solo permite identificar dificultades en áreas que requieren procedimientos de tipo algorítmico; también permite evaluar en qué medida el problema radica en el desconocimiento de procedimientos de tipo estratégico, menos específicos. Para ello, además de obtener información sobre el procedimiento seguido por el alumno en la resolución de la tarea, es preciso compararlo con un modelo del proceso utilizado por un "experto", lo cual permite identificar en qué pasos el sujeto no actúa como sería deseable, sin lo cual difícilmente se le podría corregir.

Pero, como se ha señalado en el capítulo anterior, son técnicas de evaluación difíciles de aplicar cuando se cuenta con más de treinta alumnos por clase. Por este motivo, el modelo de evaluación que se ha desarrollado implica, fundamentalmente, el uso de preguntas de opción múltiple, verdadero - falso, completamiento de frases, emparejamiento de conceptos y procedimientos o tareas que exigen una respuesta breve. Para eludir los inconvenientes de este tipo de tareas se han utilizado los procedimientos siguientes:

- Seleccionar las tareas de evaluación tomando como base los conceptos, procedimientos y capacidades cognitivas que, por los estudios realizados con anterioridad y los resultados encontrados en la bibliografía, resultan más conflictivos para el alumno.
- Plantear como distractores de las tareas, los errores conceptuales y procedimentales más frecuentes de los alumnos y, en los casos de mayor conflictividad, solicitar que justifiquen su respuesta. Como ya se ha señalado, Tamir (1996) afirma que **"la utilización de justificaciones en tareas de opción múltiple de este tipo es preferible al uso de cuestiones breves de ensayo"**.
- Presentar un conjunto de tareas, relacionadas e integradas, que planteen la situación en diferentes contextos y con diferentes grados de complejidad. Porque, en palabras de Coll (1993), **"... el aprendizaje significativo no es una cuestión de todo o nada, sino de grado ... lo que procede es detectar el grado de significatividad del aprendizaje realizado utilizando para ello actividades y tareas susceptibles de ser abordadas o resueltas a partir de diferentes grados de significatividad de los contenidos implicados en su desarrollo o resolución"**.

De este modo, como se mostrará posteriormente (especialmente en el apartado 4.3 correspondiente al modelo de evaluación sobre fuerzas y movimiento), es posible evaluar realmente el grado de comprensión y reorganización conceptual logrado por el alumno, así como su capacidad para resolver problemas aplicando un razonamiento riguroso.

En el caso de las tareas de opción múltiple o de verdadero - falso cabe siempre la posibilidad de que el alumno responda al azar, enmascarando la información obtenida en la prueba. Pero, si se tiene en cuenta el propósito para el que se han diseñado estos modelos de evaluación y las técnicas existentes para controlar los

efectos del azar, este hecho no resulta problemático. Aunque no sea posible saber si un alumno ha respondido correctamente una pregunta concreta por casualidad, sí que es posible determinar la probabilidad de que cada pregunta se responda aleatoriamente y, por lo tanto, corregir el efecto del azar en el conjunto de la prueba. Por otro lado, el hecho de que una mayoría de los alumnos de la muestra elija una de las alternativas incorrectas no significa, forzosamente, que ésta deba eliminarse de la prueba: al haber utilizado como distractores los errores conceptuales más frecuentes, este hecho está poniendo en evidencia un punto conflictivo en el cual deben centrarse los esfuerzos por encontrar estrategias instructivas que permitan ayudar a los alumnos a superar esa dificultad. Este tipo de pruebas se **pueden y deben** comentar con los alumnos una vez realizadas, para que contrasten de nuevo sus conceptualizaciones con las de sus compañeros y con las del profesor y, así, fomentar el conflicto cognitivo y el cambio conceptual. De este modo, incluso los alumnos que han contestado correctamente por casualidad pueden llegar a realizar un aprendizaje más significativo del concepto en cuestión.

Otra posibilidad para perfeccionar los modelos de evaluación diseñados es pedir a los alumnos que, una vez terminada alguna de las tareas, describan lo que han ido pensando a lo largo de la misma y lo que les ha llevado a resolverla de esa manera o, también, que contesten un cuestionario relativo a tales pensamientos. Aunque el mejor método sigue siendo la supervisión directa, observando al alumno mientras trabaja o pidiéndole que "piense en voz alta", existen distintos indicadores observables que pueden servir como criterios de si realiza, o no, actividades de supervisión y autorregulación. Algunos indicadores son de tipo general; por ejemplo, no saber por qué no se comprende un texto o por qué no se sabe hacer un problema, indica que se desconocen las estrategias para identificar la razón específica de esa dificultad. Asimismo, el hecho de que un sujeto acepte una respuesta a un problema que no guarda proporción a simple vista con los datos es un indicador de falta de supervisión de la adecuación del proceso seguido.

Otro punto clave es la decisión de cuáles son los indicadores válidos de la adquisición de procedimientos o capacidades. Dado que en cada uno de los modelos diseñados solo se evalúa alguna de las capacidades, la justificación de qué es lo que se considera criterio de adquisición de dichas capacidades se aportará en la presentación de los modelos. Sin embargo, es preciso señalar que su evaluación ha de hacerse mediante tareas que pongan de manifiesto cómo actúa el alumno y por qué, y no limitarse al recuerdo de los pasos a dar. Lógicamente, no es posible evaluar a un tiempo todos los tipos de procedimientos y capacidades que señala el D.C.B. No obstante, es necesario planificar globalmente el proceso de evaluación correspondiente a un curso, asegurándose de que a lo largo de los diferentes bloques de contenido desarrollados en el mismo se evalúan el conjunto de las capacidades, distribuyendo éstas en la medida que se trabajen, o no, en el bloque de contenido correspondiente. Este proceso puede facilitarse mediante la utilización de rejillas como la presentada en el Cuadro 2.3.

En los modelos de evaluación diseñados, las tareas se han seleccionado, *fundamentalmente, en base a su función para evaluar si el alumno ha logrado la reestructuración conceptual que se buscaba y, en segundo lugar, si es capaz de aplicar destrezas características del pensamiento científico, tales como la capacidad de predecir fenómenos mediante una explicación o un modelo hipotético del mismo y la capacidad de controlar variables para contrastar una hipótesis.* En algunas de las

Cuadro 2.3. Ejemplo de distribución de la evaluación de habilidades a lo largo de la Física y la Química

Habilidad	Contenido	Estructura de la materia	Cambios químicos	Electricidad	Movimiento	Fuerza y Movimiento	Energía
Conocimiento	Recuerdo	*	*	*	*	*	*
	Categorización	*	*	*	*	*	*
	Explicación fenómenos		*	*			
Comprensión	Realización inferencias y predicciones	*	*	*	*	*	*
	Traducción de un lenguaje a otro	*	*	*	*		
Interpretación de datos	Comprensión de textos		*	*	*	*	*
	Organización y lectura de información en tablas y gráficos	*	*	*	*	*	*
	Distinción de datos y supuestos			*		*	
Capacidad de razonamiento	Reconocimiento causa y efecto		*	*		*	
	Control de variables		*	*		*	
	Establecimiento de relaciones		*	*			
	Construcción, prueba y revisión de modelos	*		*		*	*

pruebas se evalúa, también, la capacidad de comprender y razonar a partir de la información contenida en textos, tablas y gráficos, así como la capacidad de traducir la información proporcionada en un lenguaje a otro (verbal a simbólico o a gráfico, y viceversa). Hay algunas capacidades, como las relativas al diseño de experimentos, las destrezas manuales del trabajo en el laboratorio, el seguimiento de normas de seguridad o la redacción de informes, que no han sido evaluadas en estas pruebas puesto que requieren metodologías diferentes, tales como la observación directa. Tampoco, a pesar de que se les considera fundamentales para analizar la reestructuración conceptual de los alumnos, se han utilizado mapas conceptuales pues éstas no son herramientas utilizadas habitualmente en nuestras aulas.

En cuanto a las actitudes, dadas las condiciones en que se iban a aplicar los modelos de evaluación desarrollados, solo se ha tenido en cuenta su componente cognitivo, lo cual no quiere decir que no se valore su componente afectivo o de comportamiento. Las tareas utilizadas se limitan a solicitar que el alumno muestre su acuerdo, disconformidad o ausencia de postura ante afirmaciones que tratan de explorar su opinión sobre la naturaleza de la Ciencia o la inter-relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. Este es, solamente, un pequeño paso en la medida de las actitudes pero, para apreciar o rechazar algo, es necesario conocer primero lo que significa.

Como síntesis, el objetivo del trabajo ha sido mostrar cómo pueden diseñarse tareas que permitan evaluar este tipo de capacidades para que sirvan de prototipo para la creación de tareas análogas, proporcionando, al mismo tiempo, datos empíricos de su utilización experimental en el aula. No se ha pretendido cubrir totalmente el amplio aspecto del área de las Ciencias de la Naturaleza en este Segundo Ciclo de la ESO.

2.4. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CONTRASTACIÓN DEL MODELO

Una vez elaboradas las pruebas, el proceso seguido para su validación empírica ha sido el siguiente:

1. Las pruebas han sido sometidas a la valoración de una muestra de profesores de secundaria o científicos del C.S.I.C. para determinar la validez de contenido de las tareas.
2. Las pruebas, validadas y modificadas en base a las críticas de los expertos, se han aplicado a muestras de alumnos de los cursos 3º y 4º de la ESO de I.E.S., realizándose los análisis de dificultad, discriminación y homogeneidad correspondientes.

2.4.1. VALIDACIÓN DEL CONTENIDO DE LAS PRUEBAS POR EXPERTOS

Aunque las pruebas han sido diseñadas tomando como base los objetivos y contenidos curriculares señalados por el D.C.B. para el área de Ciencias de la Naturaleza, puede ser que los profesores no consideren las tareas incluidas en ellas como criterios válidos para evaluar los objetivos educativos propuestos. Para evitarlo, se ha realizado un estudio empírico de la validez de contenido de las mismas, es decir,

"del grado en que el contenido de las tareas de la prueba es considerado adecuado por los distintos profesionales para evaluar la adquisición de los objetivos perseguidos en el proceso de enseñanza-aprendizaje". Para realizar esta evaluación se ha utilizado el protocolo que se incluye en el Anexo 2 y que solicita la opinión de los profesores-expertos sobre las cuestiones siguientes:

- El tipo de objetivo instructivo que, en su opinión, evalúa cada tarea o cuestión de la prueba.
- La relevancia que asignan a cada tarea en función de los conocimientos y habilidades que se pretende que adquiera el alumno en relación con ese tema en ese curso. Para evaluar la importancia de la tarea debían asignarle un valor en una escala de 1 (irrelevante) a 5 (fundamental) en la casilla correspondiente de la tabla proporcionada.
- El dominio que consideran que debe alcanzarse en ese tipo de tareas para poder considerar que el **grado de aprendizaje** demostrado es **suficiente** para que el alumno pueda proseguir sus estudios sin dificultad. Para ello, se ha pedido a los profesores que realicen el supuesto siguiente: "Si cada objetivo de aprendizaje se midiera por cien preguntas del mismo tipo (aunque variase su presentación), cuántas de ellas debería resolver correctamente un alumno para afirmar que su dominio es suficiente para considerar superado el objetivo".
- La adecuación de la dificultad al grado de madurez del estudiante de este nivel académico. Para evaluar la dificultad debían asignarle un valor en una escala de 1 (muy fácil) a 5 (muy difícil).
- El grado en que consideran que la realización de la tarea es un indicador válido de que el alumno ha adquirido la destreza que se deseaba evaluar. La valoración en este caso, como en el grado de dominio, va de 0 a 100.

Para establecer la validez de la prueba en opinión de los profesores - expertos, se ha determinado para cada una de las características y para cada tarea la media de los valores asignados, así como la media de los valores correspondientes a la prueba en su conjunto. También se ha determinado la concordancia existente en cada prueba entre los diferentes expertos a partir del coeficiente de concordancia de Kendall, prueba no-paramétrica dadas las características de la valoración (Siegel, 1979).

2.4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA

Los análisis realizados son los habituales en este tipo de validaciones, es decir, la determinación de los índices de dificultad y discriminación y el establecimiento del perfil de evaluación, examinando la homogeneidad del conjunto de tareas que se supone miden el mismo objetivo.

Índice de dificultad de cada tarea

Para cada una de las tareas planteadas se ha determinado el porcentaje de alumnos que elige la opción correcta (preguntas de verdadero-falso o de opción múltiple) o que

da una respuesta totalmente correcta (tareas de completamiento, de categorización o de respuesta breve). Otra información que se recoge y analiza es el número de opciones alternativas elegidas por los alumnos, pues ello permite conocer cuáles son los errores conceptuales y procedimentales cometidos con más frecuencia. Este paso es particularmente importante, porque permite determinar qué ayudas es preciso proporcionar a los alumnos para que puedan progresar, lo cual constituye el objetivo primario de la evaluación.

Índice de discriminación de cada tarea

Aunque las pruebas se han diseñado, esencialmente, para determinar los puntos conflictivos y proporcionar al profesorado información útil para ayudar al alumno y su objetivo no es discriminar entre alumnos, se han calculado estos índices puesto que suministran datos adicionales sobre la validez de las tareas. El que una tarea sea respondida preferentemente por los alumnos que, en general, superan satisfactoriamente la prueba, es un buen indicador de que la tarea mide el aprendizaje del concepto o procedimiento implicado. Una tarea con elevado índice de dificultad y que no presenta diferencias entre alumnos que superan o no superan el resto de tareas de la prueba, es una tarea conflictiva; por tanto, requiere un análisis suplementario para determinar si se debe a que se trata de un concepto o procedimiento problemático para el alumno o se debe a un fallo del diseño de la tarea.

A pesar de su utilidad, la complejidad del cálculo limita su utilización en la práctica habitual. Exige determinar "cuáles" son los alumnos que, por sus respuestas al total de la prueba, se encuentran en el cuartil superior y "cuáles" se encuentran en el cuartil inferior. El índice de discriminación es igual a la diferencia entre el porcentaje de alumnos del cuartil superior que resuelve correctamente la tarea y el porcentaje de alumnos del cuartil inferior que también lo hace.

Establecimiento del perfil de evaluación

El análisis de la dificultad de las tareas utilizadas en la evaluación y de la naturaleza de los errores cometidos por los alumnos, permite saber cuáles son los puntos conflictivos para buscar nuevas estrategias de aprendizaje que les permita superarlos. Sin embargo, los profesores tienen también que tomar decisiones sobre la calificación del alumno, para lo cual hay que determinar en qué grado han sido alcanzados los objetivos educativos en relación con los temas objeto de la evaluación. Lo habitual es conceder una puntuación determinada a cada pregunta resuelta y sumar dichas puntuaciones, asignando una calificación positiva cuando el resultado supera el 50% de la puntuación máxima posible. Este método encierra varios problemas. Una misma calificación puede corresponder a grados de aprendizaje cualitativamente diferentes. Un alumno puede aprobar resolviendo las tareas más fáciles y menos relevantes, mientras otro puede obtener la misma calificación a pesar de haber resuelto tareas que suponen un mayor desarrollo conceptual y de las capacidades cognitivas. Por otra parte, una calificación de aprobado no refleja necesariamente que los alumnos hayan conseguido el porcentaje de dominio necesario para poder enfrentarse sin problemas a aprendizajes posteriores en todos los tipos de conocimientos y capacidades evaluadas (Alonso Tapia, 1997).

Lo normal es que toda evaluación se realice sobre conjuntos de conocimientos y capacidades heterogéneos. Por este motivo, a la hora de realizar una evaluación es necesario establecer, primeramente, un perfil de puntuaciones que considere de forma independiente los datos correspondientes a capacidades cognitivas o a esquemas conceptuales diferentes, uniendo, en cada una de ellas, tareas y procedimientos más homogéneos. Finalmente, de un modo global, las puntuaciones del perfil podrían reflejarse en tres valores: una para los conocimientos de tipo factual, una segunda para la reestructuración conceptual alcanzada por el alumno y una tercera para los procedimientos o capacidades cognitivas de razonamiento. Una información de este tipo permite una toma de decisiones más fundamentada que la resultante de la agregación indiscriminada de todas las tareas de una prueba. Y, lo que es más importante, este perfil muestra más claramente al alumno cuáles son sus puntos fuertes y sus puntos débiles, y proporciona una información mejor al profesor sobre las ayudas que necesita el alumno.

La existencia en las pruebas de tareas que evalúan variables heterogéneas, como pueden ser los esquemas conceptuales y las capacidades cognitivas, cuyos procesos de adquisición, aunque relacionados, son distintos (Glaser y Bassok, 1989) y en las que, por lo tanto, los alumnos, especialmente los menos expertos, pueden obtener resultados pobremente relacionados, nos ha conducido a desestimar la determinación de la consistencia interna de las pruebas por los métodos de división por mitades. Lógicamente la agrupación de datos tiene más sentido si corresponden a tareas similares que miden una misma variable, pero también pueden agregarse datos heterogéneos cuando los componentes integran un mismo esquema conceptual. ***“La única condición es que su aportación a la puntuación 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”*** (Alonso Tapia, 1997). Por todo ello, en todas las pruebas diseñadas se ha determinado la correlación de cada una de las tareas con las categorías de las que forma parte, así como de estas categorías con los esquemas conceptuales correspondientes y con el total de la prueba.

Se considera que el estudio combinado de la valoración realizada por los expertos, del análisis de las tareas en particular y de las pruebas en general, permitirá establecer los criterios de conocimientos y destrezas mínimos que debe desarrollar el alumno para llegar a una valoración adecuada de su rendimiento.

2.4.3. EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN: ESTABLECIMIENTO DEL PUNTO DE CORTE

Tanto si las decisiones sobre promoción del alumno se toman en base a que el alumno haya superado el nivel establecido en las tres puntuaciones del perfil, (conocimientos de tipo factual, grado de reestructuración alcanzada y nivel de desarrollo en los procedimientos y capacidades cognitivas), como si se realizan en base a una calificación global única, continúa existiendo el problema de las diferencias en relevancia entre los diversos esquemas conceptuales que hay que comprender o los procedimientos y capacidades que es preciso adquirir y desarrollar. Por este motivo, para establecer el punto de corte, es necesario ponderar las distintas categorías del perfil de puntuaciones en función de su importancia para el aprendizaje posterior (Sephard, 1980; Rivas y Alcantud, 1987; Alonso Tapia, 1997). El

modo más objetivo de estimar esta relevancia sería realizar un estudio longitudinal de la validez que los resultados obtenidos en cada una de las categorías tiene para predecir el éxito o el fracaso en los niveles académicos superiores.

Debido a la heterogeneidad de los conocimientos y capacidades normalmente evaluados y, en función del tipo de ponderación establecido, podrían encontrarse alumnos en las cuatro situaciones señaladas en el Cuadro 2.4. (Rivas y Alcantud, 1987).

Cuadro 2.4. Puntos de corte y situación del alumno

		Pc (T) (Punto de corte total) = T	
		Pc (alumno) \geq T	Pc (alumno) \leq T
Pc (I) (Punto de corte en la categoría I) = I	Pc (alumno) \geq I	Situación A	Situación B
	Pc (alumno) \leq I	Situación C	Situación D

Los alumnos en la situación A superan tanto el nivel establecidos en la categoría como en la calificación global y los alumnos en la situación D no superan ni uno ni otro; en ambos casos no existen problemas. Los problemas surgen en el caso de los alumnos en la situaciones B (alumnos que superan esa categoría, pero no alcanzan el nivel global) o C (alumnos que, por haber superado las otras categorías tienen un nivel global suficiente, pero no han superado el nivel correspondiente a dicha categoría). En ambos casos podría cometerse un error de decisión: aprobar al alumno cuando, debido a la importancia de esa categoría, no habría que hacerlo o suspenderle cuando habría que aprobarle. Para minimizar los errores, lo más sencillo es ponderar las puntuaciones en cada categoría en función de la importancia que tiene para el aprendizaje posterior.

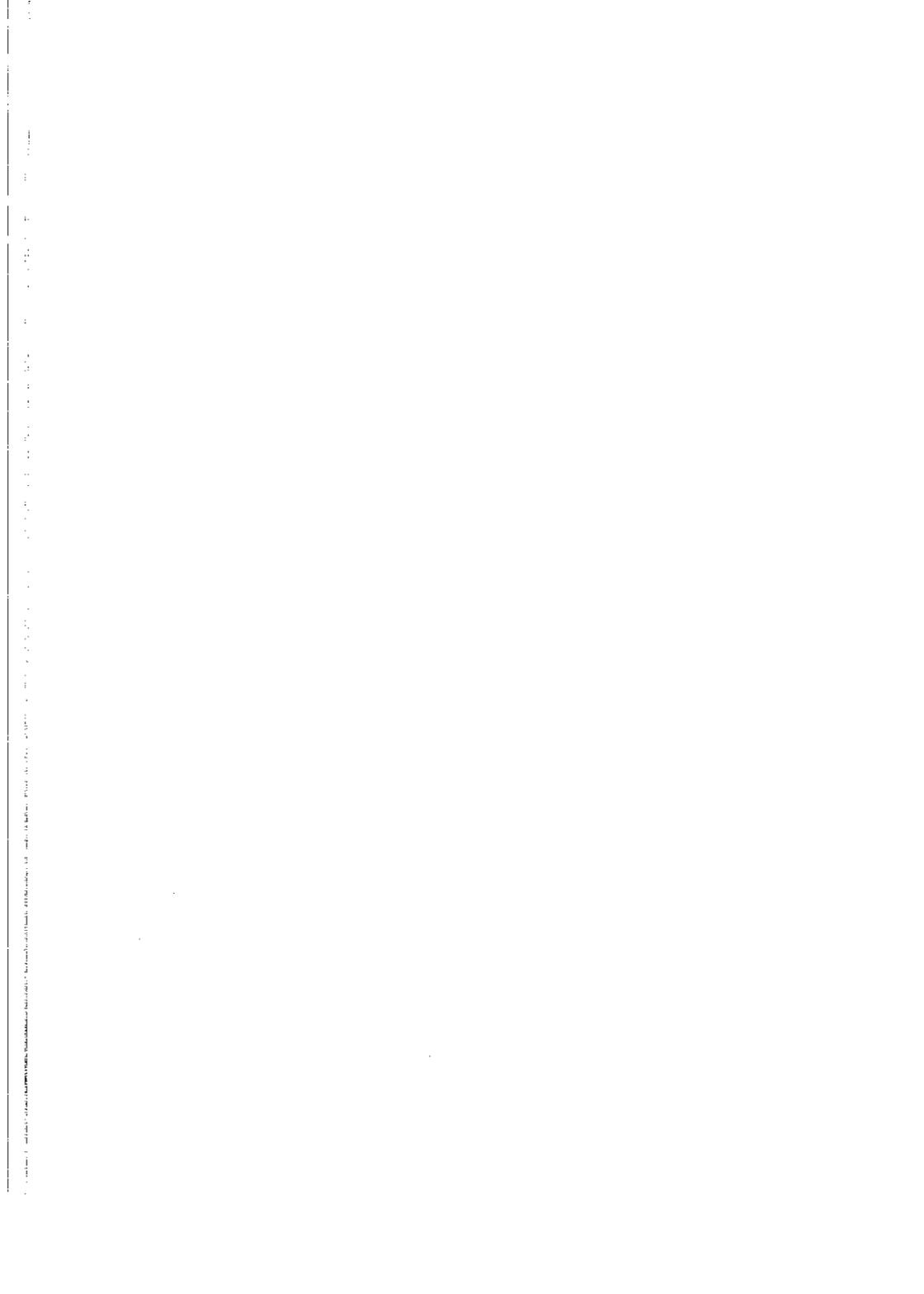
Para hacer operativa dicha ponderación, ya sea en relación a las categorías independientes de conocimientos factuales, conceptuales o procedimentales, ya sea en función de una calificación única o, incluso, para tratar de integrar las evaluaciones de las diferentes disciplinas del curso, Alonso Tapia (1997) propone utilizar una ecuación del tipo :

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

donde Pc_i sería el punto de corte total, r_n la proporción que la importancia de comprender o dominar la categoría n tiene respecto a la relevancia total de todos los conocimientos y capacidades evaluadas y D_n es el grado de dominio que se exige alcanzar en dicha categoría, es decir, el punto de corte establecido para dicha categoría. La calificación de cada alumno se obtendría, del mismo modo, multiplicando su puntuación en cada categoría por los índices relativos de importancia de la misma y sumando los resultados para todas las categorías. Indudablemente, al no existir ningún estudio longitudinal tal como el propuesto con anterioridad, la mejor forma de evitar errores de apreciación es partir de una estimación de los niveles de dominio o de relevancia realizada por los profesores del seminario o del claustro de profesores. Este paso sería previo a la ponderación de las puntuaciones para establecer el punto de corte o la calificación individual de los alumnos. En esta investigación, las ponderaciones para establecer los puntos de corte se han realizado en base a la valoración de las pruebas realizadas por los profesores-expertos.

Por último, es preciso señalar que muchos investigadores consideran que para la puntuación de las pruebas de verdadero - falso o de opción múltiple deben aplicarse fórmulas correctoras que tengan en cuenta tanto los aciertos como los errores de los alumnos. En este caso no se ha hecho así, puesto que todas las afirmaciones utilizadas en las tareas de verdadero - falso y todos los distractores utilizados en las tareas de opción múltiple, comprendían esquemas alternativos comunes en los estudiantes de estas edades. Además, la existencia de varias tareas que evalúan el esquema en diferentes contextos contempla la corrección de la posibilidad de respuestas aleatorias. En cuanto a las tareas de categorización o de respuesta libre, más complejas, se han asignado, como se verá a lo largo de las pruebas, dos niveles de aptitud: total y parcial.

En los capítulos siguientes se desarrollan los modelos de evaluación diseñados, así como los resultados de su validación empírica.



CAPÍTULO 3

UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA EL CURSO 3º DE LA ESO

3.1. INTRODUCCIÓN

El primer paso de una evaluación formativa es el diagnóstico de la situación inicial del alumno. Su objetivo no es calificar al individuo sino determinar los puntos conflictivos para adecuar el proceso de enseñanza - aprendizaje a los estudiantes. Para ello debe tener en cuenta diversos aspectos como son:

- El nivel en aquellos conocimientos que son considerados requisitos previos para el aprendizaje de los contenidos del programa.
- Las ideas previas mantenidas por los alumnos sobre los conceptos científicos que se van a estudiar.
- Los conocimientos específicos en áreas vinculadas a la materia, especialmente en el área de Matemáticas.
- Las capacidades en general de los alumnos (desarrollo cognitivo, estilo de aprendizaje, etc.)
- Las actitudes del alumno hacia la Ciencia en general y hacia la asignatura de Ciencias en particular.

Aunque se considera que esta primera evaluación debería incluir tanto pruebas escritas como debates y entrevistas, los condicionantes de la investigación, como el no recibir una colaboración suficiente de los centros en la disponibilidad de los alumnos y la necesidad de reducir al mínimo la interferencia en el aula, solo han permitido la aplicación de pruebas escritas.

El primer diseño se entregó a varios profesores, solicitando su opinión sobre la importancia de los conceptos implicados y la legibilidad de las tareas propuestas e incluyó tareas relativas a todos los bloques de contenido físico - químico establecidos en el Diseño Curricular Base (D.C.B.) para el área de Ciencias de la Naturaleza:

1. *Diversidad y unidad de estructura de la materia*
2. *La energía*
3. *Los cambios químicos*
10. *Las fuerzas y los movimientos*
11. *Electricidad y magnetismo*

Se diseñaron un total de cincuenta actividades, nueve correspondientes a conocimientos considerados como requisitos previos (6 sobre fenómenos químicos, 2 referentes a circuitos eléctricos y 1 sobre movimiento); veintiocho relativos a ideas previas sobre la propia materia (5 sobre el modelo cinético corpuscular, 1 que implicaba traducción de una ecuación química a diagrama molecular, 2 sobre

circuitos eléctricos, 14 relativos a energía y calor, 6 de fuerza y movimiento); cuatro actividades relativas a destrezas matemáticas (despejar ecuaciones y unidades) y otras ocho correspondientes a capacidades en general (conservación de masa-volumen, razonamiento proporcional, interpretación de gráficos, distinción de datos y supuestos, causa y efecto, y control de variables). Por último se preparó una serie de veintidós cuestiones (tipo Likert) para explorar las actitudes (cognitivas) hacia la Ciencia, presentadas en forma de tabla.

En la investigación previa sobre la evaluación en el primer ciclo de la ESO (Alonso Tapia y Pérez de Landazábal, 1997) ya se señaló que el primero de los bloques "**Diversidad y unidad de estructura de la materia**" puede impartirse en su mayor parte durante este ciclo, ya que los fenómenos e ideas que trata son fundamentales para abordar el estudio de los contenidos de otros bloques (Así lo recomienda el propio D.C.B.). También se incluyó en dicha investigación un modelo de evaluación correspondiente al bloque de "**Electricidad y magnetismo**" - "La corriente eléctrica"- dado que son temas que se pueden tratar de forma experimental y se adaptan mejor al razonamiento concreto de los estudiantes de este ciclo. Por otro lado, el D.C.B. también indica que algunos conceptos del bloque "**La energía**" y prácticamente todo lo relativo a "**Las fuerzas y los movimientos**" debe dejarse para el curso 4º de la ESO. Por todo ello se ha tomado como base para el diseño de las pruebas una programación que incluye en el curso 3º la profundización sobre "**La estructura de la materia**", "**Los cambios químicos**" y "**Electricidad y magnetismo**", dejando para el curso 4º, la profundización en "**La energía**" y "**Las fuerzas y los movimientos**".

3.2. EVALUACIÓN INICIAL O PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

3.2.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Las respuestas del profesorado y los resultados del sondeo inicial realizado en los centros confirmaron la hipótesis inicial sobre las programaciones del segundo ciclo. En consecuencia, tras analizar los conceptos y principios fundamentales de los Mapas Conceptuales diseñados para los bloques de fenómenos químicos y circuitos eléctricos en el curso 3º de la ESO, así como los criterios de evaluación propuestos por el M.E.C. para el Primer Ciclo (M.E.C., 1992), la prueba de diagnóstico inicial correspondiente a 3º curso de la ESO se ha enfocado, principalmente, en explorar las ideas previas de los alumnos sobre:

- Utilización de la teoría cinética para explicar fenómenos.
- Distinción entre sustancias puras y mezclas, así como entre cambios físicos y químicos.
- Conocimiento de las características fundamentales de un circuito eléctrico.
- Conocimiento de los símbolos utilizados en la representación de los circuitos eléctricos.

También ha explorado el nivel de adquisición de destrezas científicas como:

- Resolución de problemas que abordan relaciones entre dos variables.
- Control de variables, resolviendo previamente situaciones en que haya que distinguir causas de efectos y datos de conjeturas.

Todo ello queda recogido en la tabla de objetivos del Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. **Objetivos evaluados en la prueba de diagnóstico inicial del curso 3º de la ESO**

Conocimientos declarativos

- Distingue, independientemente de su representación simbólica, mezclas heterogéneas y homogéneas, sustancias puras, simples y compuestas.
- Distingue cambios físicos y químicos.
- Aplica la conservación de la corriente eléctrica a lo largo de un circuito con pilas y bombillas.

Habilidades procedimentales

- Utiliza el razonamiento proporcional.
- Sabe conectar correctamente una bombilla a una pila, reconociendo la necesidad de un circuito cerrado.
- Reconoce en un esquema los diferentes elementos de un circuito eléctrico.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Demuestra de forma práctica la asimilación de la conservación de masa y volumen.
- Demuestra de forma práctica la diferenciación de los conceptos de masa y volumen.
- Discrimina entre datos y conjeturas en la descripción de fenómenos referentes al comportamiento de sólidos, líquidos y gases.
- Distingue mezclas heterogéneas y homogéneas, sustancias puras, simples y compuestas, a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos.
- Es capaz de aplicar el modelo cinético corpuscular en la descripción de procesos físicos y químicos.
- En montajes con pilas y bombillas señala correctamente la circulación de la corriente.
- En montajes con pilas y bombillas distingue los conceptos de corriente y voltaje.
- Dada la descripción de una investigación y los datos obtenidos, identifica el gráfico que representa los datos.
- Dado un diseño experimental para una investigación, es capaz de identificar las magnitudes físicas correspondientes a la variable dependiente e independiente, así como las variables que es preciso controlar.

Por otro lado, las respuestas del profesorado al protocolo que se les envió solicitando su opinión sobre la importancia de los conceptos implicados y la legibilidad de las actividades propuestas, nos llevaron a reducir la prueba a 19 actividades, eliminando aquellas más conflictivas o innecesarias en opinión de los expertos. La tabla relativa a actitudes se ha aplicado de forma independiente y se analizará en estudios posteriores.

Aunque en el Anexo 1.1 se presenta la prueba íntegra, puede ser útil describir las categorías principales de las tareas diseñadas.

3.2.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Aunque lo ideal es aplicar la prueba de diagnóstico relativa a cada concepto o procedimiento inmediatamente antes del desarrollo de los mismos, los condicionantes de la investigación y la necesidad de los profesores de realizar una evaluación previa al principio de curso de acuerdo con la normativa vigente, condujo a una aplicación global de la prueba. Por ello, se incluyen en ella, además de las destrezas de razonamiento,

los conceptos y procedimientos relativos a los bloques de contenido de Química y Electricidad.

3.2.2.1. Fenómenos químicos

Comprensión de conceptos

En la elección de las tareas de esta evaluación inicial nos hemos basado en las numerosas investigaciones que señalan las dificultades que tienen los alumnos para alcanzar los objetivos propuestos. Así, las preguntas 2 y 3 de la prueba relativas a la clasificación de las sustancias, intentan detectar esquemas alternativos como 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 del carácter de prototipo a los elementos, así agua y cloruro sódico (sal común) son elementos.
- Asociación elemento - átomo y compuesto - molécula, rechazando por tanto la existencia de elementos poliatómicos (Caamaño y otros, 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.

Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo

La importancia que se da en el D.C.B. a la utilización de la teoría cinética en la interpretación de distintos tipos de fenómenos, nos lleva a reseñar las numerosas investigaciones que muestran las dificultades que tienen los alumnos para comprender el modelo cinético corpuscular. Novick y Nussbaum (1978), en una muestra de 150 estudiantes israelíes de 14 años, encontraron que el 64% 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 supone 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, solo 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.

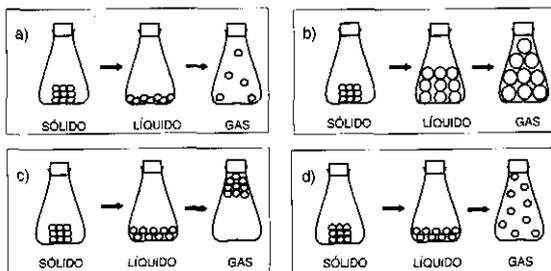
Brook y otros (1984), en una muestra de 300 estudiantes ingleses de 15 años, también encuentran que más del 50% utilizan el modelo de partículas, pero una tercera parte utiliza ideas alternativas (variaciones de tamaño de las partículas, calentamiento y fusión de las mismas, etc.). En cambio, para Stavy (1988) solo 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. Pozo y otros (1991) atribuyen la persistencia de estas creencias 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. En España, Furió y Hernández (1983) han explorado las ideas sobre los gases de 290 estudiantes de E.G.B. y B.U.P. 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. Hierrezuelo y Montero (1988), también con muestras de estudiantes de Escuela Secundaria, señalan que las dificultades en la comprensión de la idea de vacío resultan fácilmente explicables 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.

El proceso de enseñanza (Driver y otros, 1985; Caamaño y otros, 1983) solo produce una aceptación acrítica del modelo por los alumnos y, por ello, cuando el alumno se enfrenta con otro fenómeno y se varía el contexto, regresa a sus esquemas alternativos.

La mejor forma de profundizar en cómo utiliza el alumno el modelo cinético corpuscular estudiado en clase sería mediante la entrevista clínica piagetiana pero para ello serían precisas muchas preguntas y mucho tiempo, del que no se dispone en nuestras aulas. Esta exploración, se ha tratado de resolver con la pregunta que se presenta en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. 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, variación del tamaño de las partículas, las partículas de vapor son más ligeras y no se distribuyen homogéneamente por el recipiente, etc.

3.2.2.2. Circuitos eléctricos

Inferencia y predicción de fenómenos

Si se pretende que el alumno, no solo comprenda una serie de conceptos eléctricos, sino que también llegue a asimilar la relación entre los fenómenos a los que hacen referencia, (por ejemplo, la dependencia de la intensidad de corriente que circula en el circuito respecto de la tensión del generador y la resistencia de los elementos instalados en el mismo), es necesario identificar qué modelo de corriente ha construido y qué tipo de relación **causa - efecto** mantiene entre las magnitudes eléctricas. Para ello se han utilizado dos pruebas clásicas en este tipo de investigaciones (Varela y otros, 1988, 1993), que se presentan en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3.A. Tarea utilizada para explorar el modelo de corriente de los alumnos

Elige, entre los cuatro modelos siguientes, cuál representa la circulación de la corriente eléctrica en el circuito compuesto por la pila, los cables y la bombilla:

Cuadro 3.3.B. Tarea utilizada para explorar la relación causa - efecto

Observa los cuatro dibujos (A, B, C, D) y lee cada una de las frases.

Rodea con un círculo la letra o letras que corresponden al dibujo que hace que cada una de las frases sea cierta. Si no lo sabes, márcalo también.

a) La lámpara brilla en la figura	A	B	C	D	NO LO SÉ
b) Hay corriente eléctrica en la figura	A	B	C	D	NO LO SÉ
c) Existe voltaje en la figura	A	B	C	D	NO LO SÉ

En sus investigaciones con muestras diferentes de alumnos, Osborne (1981, 1983) y Gauld (1985) han detectado cuatro modelos diferentes: Tras las opciones A y B subyace

la idea "*fuelle - sumidero*", según la cual la corriente es como un fluido que se almacena en la pila y se consume en los diferentes elementos del circuito. Esta "metáfora del fluido en movimiento" (Dupin y Johsua, 1986) está arraigada fuertemente en las representaciones que los estudiantes tienen sobre el funcionamiento de un circuito eléctrico (Fredette, 1980; Johsua, 1983; Andersson, 1986a). En el modelo C "*de gasto*" (Cuadro 3.3.A) está implícita la idea de consumo de corriente provocada por la confusión entre los términos de corriente y energía, que aparece ya en alumnos muy jóvenes, atribuida por algunos autores (Solomon y otros, 1986; Andersson, 1986a) al uso de estos términos en la vida cotidiana, donde se utilizan en un sentido que no tiene por qué coincidir con el que se le da en Física.

Shipstone (1984) ha estudiado la evolución del pensamiento desde los 12 a los 17 años, utilizando circuitos con más de una bombilla, identificando los mismos modelos, pero con dos variantes para el modelo de "*gasto*": una corresponde a un *modelo de atenuación* en el que la intensidad de corriente va disminuyendo al atravesar los distintos elementos del circuito (las bombillas más alejadas brillan menos) y la otra a un *modelo de reparto* en el que la intensidad se reparte equitativamente entre los elementos (las bombillas brillan igual). Estos modelos aparecen con más frecuencia alrededor de los 14 años, hecho que el autor atribuye a una confusión en este nivel de enseñanza entre la intensidad de corriente, por un lado, y la energía, voltaje y potencia, por otro, magnitudes cuyos valores se reparten por igual en lámparas idénticas.

Tanto Cohen y otros (1983) como Maichle (1981) han estudiado el problema específico de la confusión entre intensidad de corriente y voltaje con alumnos de enseñanza secundaria y universidad, llegando a la conclusión de que los alumnos consideran el voltaje como una "*consecuencia*" de que la corriente circule, y no como su "*causa*".

Rhoneck (1983) ha trabajado en esta misma línea, estudiando además la dificultad que tienen los alumnos no solo en distinguir voltaje de intensidad, sino en superar la confusión que existe entre intensidad y energía. Dupin y Johsua, en el trabajo ya citado, concluyen que, aunque en determinados niveles de enseñanza los alumnos sean capaces de asumir la existencia del voltaje, difícilmente lo relacionan con las otras magnitudes que caracterizan un circuito. Al analizar los resultados se comprueba el bajo porcentaje de alumnos capaces de diferenciar entre intensidad de corriente y voltaje. Esta cuestión presenta una gran dificultad para ellos, agravada por la utilización indiscriminada que se hace de estos términos en la vida cotidiana.

Conocimiento de hechos

Para el estudio de los circuitos eléctricos, los alumnos necesitan interpretar los símbolos de los diferentes elementos (generador, resistencia, aparatos de medida), por ello se ha incluido la tarea 11 (ver Anexo 1.1.) que implica el simple reconocimiento de los símbolos utilizados.

3.2.2.3. Destrezas de razonamiento general

Entre la diversidad de capacidades de razonamiento necesarias en el estudio de las Ciencias, la prueba se ha centrado en las que se consideran fundamentales para el aprendizaje correspondiente a estos niveles y contenidos:

Conservación de masa y volumen

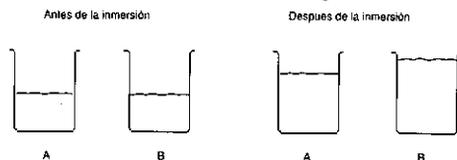
Un concepto particularmente difícil para los alumnos de estas edades es el de densidad, dado que supone manejar operacionalmente tanto la conservación de la masa como la del volumen y reconocer una relación inversamente proporcional. Para acceder a la representación que tiene el alumno del concepto se 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 debe la diferencia?
- Luego se presentan dos bolas de la misma masa, pero de distinto volumen, 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 situaciones de opción múltiple como la que se presenta en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Ejemplo de tarea para evaluar la conservación de masa y volumen

A y B son dos vasos idénticos que contienen cantidades iguales de agua. Tomamos dos cuerpos sólidos diferentes y sumergimos uno en A y el otro en B. Observamos que, tras su inmersión completa, el nivel de agua en cada vaso ha variado como se muestra en la figura:



podemos decir que

- a) La masa del objeto sumergido en A es mayor que la del sumergido en B.
- b) La masa del objeto sumergido en A es menor que la del sumergido en B.
- c) De esta información no se puede determinar la relación de las masas.

Razonamiento y solución de problemas

Una de las capacidades que deben desarrollar los alumnos es la de razonar críticamente. Esta capacidad exige buscar información para saber si lo que nos dicen o pensamos es falso. Análogamente, cuando se quiere establecer una relación entre diversos factores, requiere ser consciente de que, para poder llegar a alguna conclusión sobre si la variación de un factor implica la variación de otro, es necesario mantener constantes los restantes factores que podrían influir en éste último. Pero previamente, tal

como señala el D.C.B., los alumnos han de ser capaces de *“distinguir causas de efectos y datos de conjeturas”*. Por tanto, el primer paso en el campo de la Ciencia, implica diferenciar entre conceptos concretos u observables (sólido, líquido, gaseoso) y conceptos teóricos o abstractos (átomos, moléculas, electrones), construidos por el hombre para explicar los fenómenos. Para ello se diseñó la tarea presentada en el Cuadro 3.5, eligiendo conocimientos que, correspondiendo a los contenidos del curso, resultan familiares para el alumno.

Cuadro 3.5. Ejemplo de tarea para evaluar la distinción entre datos e hipótesis

En la tabla siguiente, clasifica cada una de las afirmaciones, tomadas de un libro de texto, como **dato (observación)** o como **hipótesis (interpretación teórica)**, señalando con una cruz la casilla correspondiente.

Afirmaciones	Datos (Observaciones)	Hipótesis (Interpretación teórica)
El agua se encuentra en la naturaleza en tres estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso.		
Esta diferencia se debe a que, aunque todos los cuerpos están formados por moléculas, la fuerza de unión entre éstas varía de un estado a otro .		
En los sólidos, las moléculas están unidas muy fuertemente y se dice que presentan gran cohesión.		
Por eso el sólido no cambia de forma.		
En los líquidos la fuerza de cohesión entre las moléculas es menor, y todavía es más pequeña en los gases.		
Entre líquidos y gases existen otras diferencias: Los líquidos se comprimen muy poco mientras que los gases son muy compresibles		
La razón es que las moléculas de los gases están más distanciadas entre sí que las moléculas de los líquidos.		

Del mismo modo, para evaluar si el alumno distingue causa de efecto y reconoce la necesidad de controlar variables, se ha diseñado la actividad presentada en el Cuadro 3.6. a partir de experiencias cotidianas de calentamiento.

Interpretación de gráficos

Una herramienta fundamental en todas las áreas y, especialmente, en la de Ciencias de la Naturaleza, es la construcción e interpretación de gráficos para estudiar la relación entre diferentes factores. Para diagnosticar si los alumnos tienen dificultades en este campo, se ha diseñado una tarea sencilla (pregunta 15 del Anexo 1.1.) que solo exige emparejar una tabla de datos con el gráfico que la representa.

Cuadro 3.6. Ejemplo de tarea que evalúa la capacidad de controlar variables para poder falsar hipótesis

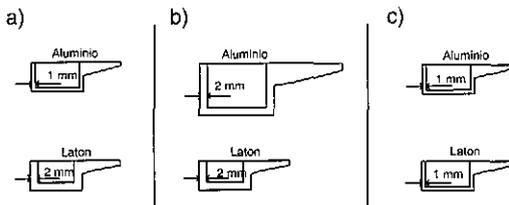
María hace un experimento para saber si el tipo de material de la cacerola influye en la rapidez de calentamiento del agua.

Para ello calienta medio litro de agua en cada una de las cacerolas que se presentan en la figura, utilizando siempre la misma placa eléctrica y las mismas condiciones.

Durante el proceso de calentamiento va midiendo la temperatura alcanzada por el agua.

Las tres preguntas siguientes se refieren a este planteamiento.

- María ha controlado que el calentamiento sea el mismo para todas las cacerolas y también que la cantidad de agua sea la misma. Pero, ¿qué par de cacerolas debe elegir -el **a)**, el **b)** ó el **c)** - para comprobar si el tipo de material influye en la rapidez de calentamiento del agua?. Justifica tu razonamiento.



- La variable que mide la **causa** del calentamiento es:
 - a) La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - b) La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - c) La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - d) El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - e) El tipo de material constituyente de las cacerolas.
- La variable que mide el **efecto** del proceso de calentamiento es:
 - a) La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - b) La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - c) La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - d) El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - e) El tipo de material constituyente de las cacerolas.

3.2.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DIAGNÓSTICO INICIAL

3.2.3.1. Muestra

Para comprobar las características de la prueba diseñada, se aplicó a una muestra de 276 alumnos del curso 3º de la ESO de dos Institutos de Enseñanza Secundaria (I.E.S.) de Madrid, área urbana. El protocolo diseñado para el profesorado, que incluye la importancia, grado de dominio, grado de validez y dificultad de lectura de las tareas propuestas, fue respondido por siete profesores.

3.2.3.2. Validación social del contenido de la prueba

En la Tabla 3.1. se presentan las valoraciones asignadas por siete expertos a las actividades propuestas en la prueba. El alto valor de las desviaciones señala una discrepancia entre los profesores; el cálculo del coeficiente de concordancia de

Kendall (prueba estadística no paramétrica, dadas las características de la muestra) lo confirma, ya que no supera el 0.32 (valoración de la legibilidad) y no resulta significativo (por tanto, puede resultar aleatorio) en el grado de dominio y el grado de validez.

Tabla 3.1. **Valoración de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3° de la ESO**

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	3.4	1.1	74.3	18.1	78.6	16.8	2.1	1.2
2	3.4	.8	68.6	26.7	77.1	18.9	1.3	.5
3	3.6	.8	71.4	24.1	74.3	18.1	1.3	.5
4	4.3	1.1	75.7	20.7	75.7	14.0	1.0	.0
5	3.6	.8	75.7	22.3	77.1	13.8	1.7	1.0
6	3.6	.8	70.0	22.4	74.3	16.2	2.0	.8
7	3.4	.8	74.3	15.1	80.0	11.5	2.1	1.1
8	4.0	1.2	74.3	19.9	75.7	18.1	1.4	.8
9	4.0	.8	88.0	8.9	76.0	16.9	1.6	.7
10	2.9	1.3	74.0	21.3	90.0	5.8	1.8	.9
11	3.9	.9	66.0	20.5	78.0	14.6	1.4	.4
12	3.7	1.3	70.7	20.1	66.4	22.5	2.6	1.3
13	3.4	1.4	70.7	19.7	65.0	18.0	2.7	1.8
14	4.1	1.2	82.9	23.6	72.9	22.1	1.4	.5
15	3.9	.7	75.0	11.5	79.0	9.3	1.6	.7
16	2.3	1.4	62.0	14.6	58.0	18.6	4.0	.8
17	2.3	1.0	62.0	14.6	64.0	19.7	3.0	1.0
18	2.0	1.0	58.0	14.6	60.0	20.0	3.4	1.2
19	3.0	.8	71.4	21.9	71.4	24.8	2.4	1.4
Prueba	3.4	1.1	71.8	17.2	73.3	15.3	2.1	1.2

La relevancia asignada a la prueba es de valor medio (3.4, que equivale al 68% del máximo posible, 5) y únicamente quedan por debajo de la media las tareas 10 (relación entre corriente y voltaje), 16, 17 y 18 (distinción de causa-efecto y control de variables). Siendo consideradas como cuestiones más importantes las tareas 4, 8 (ambas relativas a distinción entre cambios físicos y químicos), 9 (modelo de circulación de la corriente eléctrica) y 14 (razonamiento proporcional).

En cuanto al grado de dominio exigido, se observa que el alumno debe superar siempre el 60 % (la media supera el 70%). De nuevo, las tareas en las que se pide un dominio menor son las relativas a la distinción causa-efecto y control de variables, así como el reconocimiento de los símbolos de los diferentes elementos de un circuito (66%); aunque sí se exige dominar el concepto de voltaje (74%). El mayor grado de dominio se sigue solicitando en las tareas 9 (88%) y 14 (83%).

En cuanto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta, siempre por encima del 60%, siendo las tareas 12, 13, 16, 17 y 18 las que presentan los valores más bajos. Estas mismas tareas son las que presentan mayor dificultad de lectura, aunque las 12 y 13 no llegan al valor medio (2.6 y 2.7 sobre 5) y la 16 (control de variables) resulta la más difícil.

Estos resultados y los comentarios de los profesores aconsejaron la corrección de los errores existentes en los enunciados de las tareas 12 y 14 y la modificación en profundidad de las tareas 16, 17 y 18. Se sigue insistiendo en el planteamiento de las mismas debido al convencimiento de la importancia que tienen los objetivos que tratan de evaluar estas tres últimas tareas en el desarrollo del razonamiento formal de los estudiantes (en lo cual se coincide plenamente con las propuestas del D.C.B.). Tal como se presenta en el Cuadro 3.6., el control de variables se redujo a elegir entre tres opciones que comparan dos elementos frente a la redacción inicial que exigía elegir entre cuatro opciones que comparaban ocho elementos (lo cual, como señalan Níaz y Lawson (1985), supone una mayor demanda de capacidad mental). En cuanto a las cuestiones 17 y 18, en donde se hablaba también de variables dependientes e independientes, se ha reducido a hablar de causa y efecto. En base a la opinión positiva de los expertos consideramos que, desde un punto de vista teórico, la prueba resulta apta para diagnosticar la situación de los alumnos al iniciar el estudio de la "Física y Química" del curso 3º de la ESO.

3.2.3.3. **Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación.**

El interés de las pruebas de diagnóstico reside en la información que proporcionan sobre los conceptos que resultan conflictivos y sobre las destrezas que es necesario desarrollar en el alumno. Para ello, se ha analizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada pregunta y el índice de dificultad de éstas. Aunque no se trata de una prueba decisoria sobre quién ha cubierto los objetivos propuestos, se han calculado también los índices de discriminación de cada tarea para tratar de adaptarla lo más posible a los objetivos propuestos y controlar la posibilidad de respuestas aleatorias. Todos los resultados se recogen en la Tabla 3.2.

Como puede comprobarse, diez elementos presentan una dificultad superior con un índice de dificultad inferior a 0.33 (siendo la media de 0.23) y los otros ocho lo tienen entre 0.33 y 0.67 (media = 0.48). La prueba resulta, por tanto, difícil (media = 0.32). Se observa que la mitad de las tareas más difíciles corresponden a destrezas de razonamiento. A continuación se analizan las tareas por categorías, para deducir consecuencias didácticas.

Modelo cinético corpuscular (Tareas 1,5,6 y 7)

De las cuatro preguntas que se plantean relativas a este modelo la más difícil, con diferencia, es la primera que únicamente implica señalar el comportamiento de las moléculas en las dos situaciones (calentamiento e inflado de un balón). Tal vez se deba a que se plantea de forma abierta, aunque sea restringida. Solo el 14% de los alumnos señala un comportamiento acorde con el modelo cinético. Una mayoría responde aleatoriamente (alternativa 3 con un 37% de respuestas). En la alternativa 1 se agrupan los alumnos que "conservan el número de partículas" (28%) mientras que

en la 2 se encuentran los que "conservan el tamaño de las partículas" (8%). Como señalan Pozo y otros (1991), los alumnos dilatan o comprimen las partículas asignándoles propiedades macroscópicas.

El índice de dificultad de la tarea relativa al comportamiento de las partículas en los cambios de estado es de tipo medio (50%), el mayor porcentaje de esquemas alternativos se corresponde con la opción que muestra a las partículas del gas ocupando la parte superior del matraz, en lugar de repartidas por él.

Los estudiantes reconocen más fácilmente la distribución de las partículas en los compuestos (66% de respuestas correctas) que en las mezclas (38%). Un 37 % elige como mezcla la distribución correspondiente al compuesto.

Los índices de discriminación son bajos y recalcan la dificultad de las tres primeras tareas. A pesar de su mayor facilidad, la actividad 7 es la que mejor discrimina por lo que sería la más apropiada si se necesita aplicar una prueba más reducida.

Tabla 3.2. **Frecuencia de elección de cada alternativa**

N=276		Alternativas				No contesta	Índice dificultad	Índice discriminación
Tarea		Científica	1	2	3			
Modelo cinético corpuscular	1	40	77	23	101	35	0.14	0.16
	5	138	23	26	62	27	0.50	0.22
	6	105	50	101		20	0.38	0.25
	7	182	49	25		20	0.66	0.31
Clasificación sustancias	2	125	63	68		20	0.45	0.67
	3	148	44	67	12	5	0.54	0.46
Cambios físicos y químicos	4	90	60	122		4	0.33	0.49
	8	40	60	170		6	0.15	0.04
Electricidad	9	67	159	45		5	0.24	0.13
	10	64	93	95		24	0.23	0.13
	11	115	71	68		22	0.42	0.33
Destrezas de Razonamiento*	12	55	202	14		8	0.20	0.13
	13	91	77	57		54	0.33	0.46
	14	94	90			95	0.34	0.55
	15	170	64			45	0.62	0.54
	16	107	91			81	0.39	0.52
	17	82	140			57	0.30	0.33
	18	68	155			56	0.25	0.34
19	44	159			76	0.16	0.25	

* N= 279 en estas tareas

Clasificación de las sustancias (Tareas 2 y 3)

Como se trata de una prueba inicial se han aceptado como científicamente correctas respuestas algo incompletas, resultando así tareas con una dificultad de tipo medio (45 y 54%) y con índices de discriminación adecuados. Tal como señala la bibliografía, 63 estudiantes (un 23% de la muestra) dan el significado cotidiano al concepto de "sustancia pura". De forma similar, 67 alumnos (el 24%) consideran que los elementos solamente pueden ser monoatómicos.

La sustancia que resulta más difícil de reconocer como pura es el ácido sulfúrico (15%), siendo considerada por la mayoría de los estudiantes como una mezcla (76%). En cambio el mercurio resulta la más fácil de reconocer, por encima incluso del agua destilada y del nitrógeno (63% frente al 45%).

En la distinción entre elementos y compuestos está muy claro que el ácido nítrico y la sal común son compuestos y que la plata es un elemento (reconocimiento por un 80% de la muestra). Un 16% de los alumnos parece realizar la clasificación en base a la familiaridad que tengan con la sustancia; así el agua es un elemento para 106 alumnos (38%) y el número de alumnos que considera que el oxígeno es un elemento (69%) es mayor que el que lo opina del cloro (56%), aunque ambos son biatómicos.

Cambios físicos y químicos (Tareas 4 y 8)

El elevado índice de dificultad de ambas tareas muestra que los alumnos no distinguen estos conceptos (33% y 15%). Pero es importante destacar que el alto porcentaje de respuestas alternativas en la pregunta 8 se concentra (62%) en la tercera opción que afirma "**El alcohol quemado ha desaparecido, transformándose en energía calorífica del "aire"**", lo cual implica una pre-concepción alternativa importante sobre el concepto de calor y las características de las reacciones químicas (Andersson, 1986b, Donnelly y Welford, 1988, ya han reseñado que hay alumnos que afirman que el combustible se ha convertido en calor). El índice de discriminación para esta actividad es prácticamente nulo, recalcando la dificultad que tiene para todo tipo de alumnos.

Circuitos eléctricos (Tareas 9, 10 y 11)

Frente al 24% de los alumnos que han asimilado un modelo de corriente eléctrica análogo al científico, un 58% mantiene el modelo de gasto (en que la intensidad de corriente disminuye a lo largo del circuito, alternativa 1). Aunque en esta tarea nadie opta por el modelo monopolar, cuando se analiza la tarea siguiente, que explora el tipo de relación existente entre intensidad y voltaje, resulta que los porcentajes de alumnos que señalan que "**solo hay voltaje cuando circula intensidad**" son similares a los que optan por la existencia de corriente cuando solo existe una conexión entre pila y bombilla (34%), poniendo de manifiesto la influencia del contexto en el razonamiento del alumno. Como era de esperar muy pocos alumnos (23%) consideran que hay voltaje aunque no circule corriente.

La representación simbólica de los circuitos eléctricos es reconocida por la mitad de los alumnos, como corresponde a una actividad que únicamente implica recuerdo.

Dado que esta tarea es también la que presenta el índice de discriminación mayor (0.33), parece apuntarse una tendencia discriminatoria mayor en aquellas tareas que evalúan conocimiento de hechos o comprensión simple de conceptos frente a aquellas que requieren una comprensión más profunda de modelos o teorías; situación que puede ser importante como reflejo del proceso de enseñanza - aprendizaje en el aula.

Destrezas de razonamiento (Tareas 12 a 19)

La tarea 12 relativa a la diferenciación masa - volumen es una de las de mayor índice de dificultad (20%), lo cual remarca los problemas que tienen los alumnos en el manejo del concepto de densidad. Recíprocamente la tarea 15, que relaciona una tabla de datos con el gráfico correspondiente, es la más sencilla (62% de respuestas correctas).

Un tercio de los estudiantes resuelve correctamente las tareas 13 y 14 que requieren razonamiento proporcional. Conviene recalcar que una mayoría (oscila alrededor del 25 % en ambas tareas) utiliza la regla de tres, hecho que pone en duda si realmente operan proporcionalmente o aplican rutinas aprendidas. También resulta importante el porcentaje de estudiantes que, en la tarea 13, utiliza estrategias substractivas y aditivas en lugar de razonar proporcionalmente (77 alumnos, 28%).

Los elevados índices de dificultad de las tareas relativas a destrezas de la metodología científica se corresponden con las valoraciones dadas por los profesores, indicando que, al no trabajarse en el aula, muchos estudiantes no saben como enfrentarse a ellas (de ahí el alto índice de respuestas en blanco). Muy pocos alumnos señalan correctamente la causa y el efecto (11%) y del 39% de alumnos que elige el diseño apropiado para controlar variables (tarea 16), un 21% no justifica su respuesta. En cuanto a la distinción entre datos e hipótesis (tarea 19), la respuesta resulta totalmente aleatoria (16% de respuestas correctas).

Salvo las tareas 12 y 19, los índices de discriminación de las actividades de destrezas son altos, indicando la importancia que tienen estas capacidades en el aprendizaje de Física y Química y, en especial, el desarrollo del razonamiento proporcional, el control de variables y la interpretación de tablas y gráficos.

3.2.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

Aunque no se trate de una prueba destinada a calificar al alumno, se ha decidido realizar un estudio global de su validez para perfeccionarla con vistas a aplicaciones sucesivas. Dicho estudio supone el establecimiento de un perfil de puntuaciones, agrupando las tareas que evalúan un mismo concepto o capacidad, y el análisis de las correlaciones de cada una de las tareas con la categoría de la que forma parte, así como de éstas con los esquemas conceptuales correspondientes. En la Tabla 3.3 se presentan las agrupaciones realizadas y las puntuaciones medias correspondientes a cada categoría. También se presentan las puntuaciones medias correspondientes a los esquemas conceptuales y de razonamiento.

Tabla 3.3. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 3° de la ESO**
Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Comprensión del modelo cinético corpuscular	1,5,6,7	276	4.4	2.5
b) Comprensión de las clasificaciones en Química	2,3,4,8	276	5.2	2.3
c) Comprensión de conceptos eléctricos	9,10,11	276	5.0	2.3
Integración del esquema conceptual	a+b+c	276	4.9	1.5
d) Razonamiento proporcional	12,13,14	276	2.9	3.0
e) Interpretación de gráficos	15	276	6.1	4.9
f) Diseño experimental	16,17,18	276	3.0	2.9
g) Distinción entre observaciones e hipótesis	19	276	1.6	3.6
Capacidad de razonamiento	d+e+f+g	276	3.2	2.0
PRUEBA COMPLETA		276	4.4	1.4

Homogeneidad

Como se ha señalado en el capítulo introductorio, no se ha determinado la consistencia interna de la prueba, pues se considera que, aunque las tareas agrupadas forman parte de un mismo esquema conceptual, no miden lo mismo. Por ejemplo, si se toman las cuatro tareas relativas al modelo cinético corpuscular, se encuentra que la primera tarea únicamente implica la comprensión del comportamiento de las partículas según dicho modelo. La segunda sigue estando muy relacionada con ella pues supone la comprensión de dicho comportamiento en los cambios de estado, pero las otras dos tareas implican, además, la diferenciación entre mezclas homogéneas y compuestos. Por ello, puede darse el caso de haber adquirido una visión adecuada de dicho modelo, pero no reconocer las diferencias de agrupación y distribución de las partículas en una disolución o una reacción química. Lógicamente la agrupación de datos tiene más sentido si corresponden a tareas similares que miden una misma variable, pero también pueden agregarse datos heterogéneos cuando los componentes integran un mismo esquema conceptual. ***La única condición es que su aportación a la puntuación 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***" (Alonso Tapia, 1997).

La Tabla 3.4. presenta todas estas correlaciones y, como puede comprobarse, superan ampliamente el valor estándar de 0.25, lo cual muestra que la contribución de cada tarea a la valoración de su categoría es aceptable. Los valores más bajos (0.29 y 0.37) corresponden a las tareas más difíciles (8 y 12) debido a preconcepciones erróneas de los alumnos (relación combustión - calor e identificación masa - volumen). La contribución de cada categoría a su esquema (comprensión conceptual o razonamiento) es también alta. La correlación es alto

menor en el caso de comprensión de conceptos eléctricos (0.43) pues su integración en este esquema conceptual se debe realmente a necesidades de programación y, por tanto, de diagnóstico inicial de las concepciones de los alumnos. En consecuencia, las tareas de la prueba pueden considerarse coherentes.

La correlación entre el esquema conceptual y la capacidad de razonamiento es 0.31 que supera, también, el valor estándar y se debe, principalmente, a la categoría de razonamiento proporcional, pues la correlación parcial con las otras categorías de razonamiento son poco significativas.

Tabla 3.4. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 3° de la ESO**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría* a la que pertenece
1	.61	a) Comprensión del modelo corpuscular	12	.37	d) Razonamiento proporcional
5	.61		13	.78	
6	.65		14	.78	
7	.67				
2	.72	b) Comprensión de las clasificaciones en Química	16	.75	f) Diseño experimental
3	.57		17	.82	
4	.62		18	.82	
8	.29				
9	.45	c) Comprensión de conceptos eléctricos			
10	.63				
11	.73				
Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba					
			Esquema		Total
			Comprensión de conceptos y modelos		
a) Comprensión del modelo corpuscular				.64	.49
b) Comprensión de clasificaciones en Química				.72	.65
c) Comprensión de conceptos eléctricos				.58	.43
			Capacidades de razonamiento		.81
d) Razonamiento proporcional				.67	.61
e) Interpretación de gráficos				.61	.49
f) Diseño experimental				.81	.61
g) Distinción entre observaciones e hipótesis				.60	.45

* Las categorías e) Interpretación de gráficos y g) Distinción entre observaciones e hipótesis no se incluyen, obviamente, por estar constituidas por un único elemento.

Por último, la comparación de las puntuaciones obtenidas con las notas correspondientes al nivel de dominio exigido por los profesores, permite determinar, con mayor base, los aspectos en que la muestra de alumnos se enfrenta con dificultades en las cuales se debe proporcionar las ayudas adecuadas. Puede comprobarse la discrepancia existente entre lo que el profesor piensa que el alumno debe ser capaz de hacer y lo que éste realmente sabe hacer (Tabla 3.5). Esta diferencia es todavía mayor en el caso de las capacidades de razonamiento, remarcando la importancia que se da en el aula a los conocimientos frente a las destrezas.

Tabla 3.5. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 3° de la ESO**
Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

Categorías	Relevancia media	Dominio medio exigido	Nota equivalente	Media real
a) Comp. modelo corpuscular	3.5	73.6	7.4	4.4
b) Comp. clasificaciones en Química	3.8	72.5	7.3	5.2
c) Comp. conceptos eléctricos	3.6	76.0	7.6	5.0
Integración del esquema conceptual	3.6	74.0	7.4	4.9
d) Razonamiento proporcional	3.7	74.8	7.5	2.9
e) Interpretación de gráficos	3.9	75.0	7.5	6.1
f) Diseño experimental	2.2	60.7	6.1	3.0
g) Distinción observaciones e hipótesis	3.0	71.4	7.1	1.6
Capacidad de razonamiento	3.1	69.1	6.9	3.2
PRUEBA COMPLETA	3.4	71.8	7.2	4.4

3.2.3.5. Implicaciones didácticas

Estos resultados tienen implicaciones didácticas importantes, tanto para el desarrollo del razonamiento formal de los alumnos como para el proceso de enseñanza - aprendizaje de los bloques de "*Diversidad y unidad de estructura de la materia*" y "*Los cambios químicos*":

- Es preciso buscar nuevas metodologías para la introducción del concepto de densidad. Tal vez una introducción que permitiera a los alumnos hacer predicciones en tareas análogas a la propuesta y contrastarlas experimentalmente utilizando cuerpos de materiales y volúmenes diferentes proporcionaría una asimilación mejor del concepto.
- Es conveniente trabajar el razonamiento proporcional con los alumnos, tratando de evitar una utilización rutinaria y memorística de la regla de tres.
- También es necesario que, en los trabajos experimentales, los estudiantes formulen hipótesis y reflexionen sobre qué magnitudes constituyen la variable independiente, la variable dependiente y las variables que se mantienen constantes. Esto es relativamente fácil en experiencias de calentamiento y en el estudio de los factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas.
- El contexto gráfico puede facilitar la comprensión y la retención de los conceptos. Un uso adecuado de los diagramas moleculares para el estudio de la teoría cinética puede ser muy útil para conseguir cambios conceptuales en la estructura de la materia (distinción entre mezclas homogéneas y heterogéneas, elementos y compuestos) y en el comportamiento de las partículas (distinción entre cambios físicos y químicos).

- Es conveniente estudiar los circuitos eléctricos desde un punto de vista energético: la pila química o el generador electromagnético son elementos que transforman la energía química o mecánica en energía eléctrica que, luego, se transforma en otros tipos de energía en los elementos del circuito para, finalmente, disiparse en forma de calor. La intensidad de la corriente indica el modo en que se producen estas transformaciones en el circuito y depende, por tanto, de las características del mismo: mientras no varían dichas características, la intensidad se mantiene constante.

La información de interés para el profesor radica en estos puntos conflictivos, no en el número de respuestas correctas de cada alumno. Una evaluación de diagnóstico, inmediatamente después de vacaciones, no debe tomarse como referencia fija del alumno para evitar el efecto de *halo*. Lo que sí debe es tomarse como referencia para el proceso de enseñanza y como comparación con evaluaciones posteriores para determinar el cambio conceptual y, por tanto, el rendimiento del alumno.

A los alumnos se les indica cuál es, en general, la opinión de la clase sobre el concepto o procedimiento en cuestión, sin llegar a especificar la visión científica para así poder efectuar una enseñanza dentro del enfoque constructivista.

3.3. EVALUACIÓN SOBRE “DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA “

3.3.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Como señala el D.C.B., los contenidos del área en este segundo ciclo se deben centrar en la aplicación de la teoría cinética de la materia y en la profundización sobre la estructura atómica mediante la introducción de modelos que permitan explicar el comportamiento de la materia. También propone iniciar la clasificación de los elementos, su representación simbólica y el desarrollo de los conceptos de enlace y reacción química.

Por lo tanto, este bloque de contenidos presenta dos partes bien diferenciadas. Por un lado, hay que introducir a los alumnos en las propiedades que permiten caracterizar los sistemas materiales (masa, volumen, densidad, temperatura de fusión y ebullición, etc.) para, a continuación, conducirlos a los diferentes estados de agregación en que se encuentra la materia y a la clasificación de la misma en sustancias puras y mezclas (heterogéneas u homogéneas) .

Por otro lado, se trata de iniciar al alumno en la elaboración del modelo cinético corpuscular, 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.

Estos contenidos implican que el alumno se haga preguntas como:

- ¿A qué se debe que dos cuerpos que ocupan el mismo volumen puedan tener masas diferentes?
- ¿Qué propiedades permiten distinguir unas sustancias de otras?
- ¿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?
- ¿Qué explicaciones ha ido dando la Ciencia al problema de la constitución de la materia?
- ¿Cómo explica el modelo cinético corpuscular los procesos de calentamiento y de cambio de estado de agregación de la materia?
- ¿Cómo explica el modelo cinético corpuscular los procesos de disolución?
- ¿Qué diferencia existe entre la estructura de un compuesto y la de un elemento?
- ¿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 adquiriera 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 son:

- Comprender los conceptos básicos de la Ciencia, como volumen, masa y densidad.
- Conocer tendencias, secuencias y clasificaciones.
- Identificar elementos, sustancias puras y algunas mezclas, importantes por su utilización en el laboratorio, la industria y la vida diaria.
- Seleccionar las pruebas adecuadas para la contrastación de una hipótesis y el control de variables.
- Procesar e interpretar observaciones y datos experimentales (Lectura e interpretación de gráficos).
- Interpretar y evaluar las pruebas de un modelo, reconociendo el comportamiento de las partículas en procesos físicos.
- Reconocer la importancia de los modelos y de su confrontación con los hechos empíricos.

El objetivo principal es que el alumno llegue a adquirir una visión integrada de la Ciencia, en lugar de considerarla como un conjunto de departamentos estancos e independientes. La reorganización conceptual que se pretende que realicen los alumnos se refleja en el mapa conceptual de las Figuras 3.1.(A), 3.1.(B) y 3.1.(C). Para destacar la importancia de los modelos, el mapa conceptual confronta constantemente las propiedades macroscópicas u observables con las propiedades microscópicas, que ya no son observables pero que tienen que ser contrastadas con la experiencia.

El átomo, unidad estructural de la materia, es un modelo elaborado por el hombre que permite explicar tanto los fenómenos físico - químicos como los fenómenos eléctricos. Son aspectos diferentes, pero se rigen por principios generales comunes como son los Principios de Conservación de la Carga eléctrica y de la Energía.

Para el estudio de los fenómenos físico - químicos en estas edades resulta más conveniente el desarrollo histórico, que parte de la observación de las propiedades macroscópicas y de la clasificación de las sustancias, que el desarrollo a partir del modelo atómico, más abstracto para el alumno. La clasificación de las sustancias se puede establecer a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos. El modelo cinético corpuscular, incluso a nivel muy elemental (conservación del número y tamaño de las partículas, variación de las fuerzas de enlace, distancias y velocidades de las mismas), permite describir el comportamiento de la materia en los procesos físicos. Las sustancias puras se diferencian de las mezclas porque tienen unas propiedades características, como son la densidad, la constancia de las temperaturas de fusión y ebullición, etc. La descomposición, o no, mediante reacciones químicas conduce a la distinción entre elementos y compuestos, según que sus partículas constituyentes sean iguales o diferentes.

Los modelos atómicos, al establecer la estructura interna de las partículas, describen cómo se unen los átomos para constituir las moléculas, explicando el comportamiento de la materia en los cambios químicos y las regularidades existentes en los elementos, lo cual permitió su clasificación según el Sistema Periódico. De acuerdo con el proceso histórico, primeramente se establecieron las leyes que rigen las reacciones químicas (conservación de la materia, leyes de las proporciones múltiples, conservación de la carga eléctrica) y luego se llegó a crear los modelos atómicos que permitían justificar dichas leyes. Ello ha conducido a la elaboración de un mapa conceptual complejo que integra contenidos de los bloques "**Diversidad y unidad de estructura de la materia**" (Figura 3.1.A) y "**Los cambios químicos**" (Figura 3.1.B).

3.3.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El primer diseño entregado a los profesores o expertos incluía un total de sesenta cuestiones correspondientes a ambos bloques de contenido. Los intercambios de información con los profesores que iban a aplicar las pruebas de evaluación condujeron a una reducción del número de tareas a treinta y ocho, así como a modificar la distribución y ordenación de las mismas. Como puede verse en el Anexo 1.2., la mayor parte de las actividades relativas al bloque de "**Diversidad y unidad de estructura de la materia**" se integran en la primera parte de la evaluación de fenómenos químicos, aunque aquellas relativas a los conceptos de concentración (que implican la utilización del razonamiento proporcional) se han pasado a la segunda parte.

Las 18 tareas de esta primera prueba se centran en:

- Conocimiento de la terminología y formulación química.
- Comprensión de las características de un átomo dado según el modelo atómico de Rutherford
- Comprensión del concepto de densidad (debido a las grandes dificultades mostradas por los estudiantes en la prueba de diagnóstico inicial).
- Distinción de mezclas homogéneas, elementos y compuestos en contextos de diferente dificultad como son: la presentación verbal de sus características o de sus fórmulas (recuerdo simple); reconocimiento del tipo de sustancia a partir de los procesos que ha experimentado (lo cual, según el proceso de enseñanza seguido, puede ir desde una simple comprensión a una interpretación de datos); identificación a partir de su representación molecular (que implica comprensión o, incluso, prueba y revisión de un modelo teórico).

- Interpretación y evaluación de los modelos de enlace químico, seleccionando qué compuestos son posibles y cuáles no a partir del análisis del Sistema Periódico.

Todo ello queda recogido en la tabla de objetivos del Cuadro 3.7.

**Cuadro 3.7. Objetivos evaluados en
"Diversidad y unidad de estructura de la materia"**

Conocimientos declarativos

- Utiliza el concepto de densidad y su relación con la masa y el volumen.
- Distingue las características moleculares de elementos y compuestos, tanto a partir de expresiones verbales como a partir de su representación simbólica (*diagramas moleculares, nomenclatura y formulación*).
- Clasifica una serie de compuestos a partir de sus fórmulas como óxidos, hidróxidos, ácidos o sales.
- Dada una serie de frases relativas a la constitución del átomo y de las características de sus componentes, es capaz de seleccionar aquéllas que son científicamente correctas.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Demuestra de forma práctica la asimilación de la conservación de masa y volumen.
- Demuestra de forma práctica la diferenciación de los conceptos de masa y volumen.
- Distingue disoluciones, elementos y compuestos, a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos.
- Aplica el modelo cinético-corpúscular para explicar el comportamiento de la materia tanto en cambios físicos como químicos.
- Es capaz de completar los datos relativos al número de protones, electrones y neutrones, número atómico y másico de un elemento a partir de dos de ellos.
- Dadas las valencias de diferentes átomos, es capaz de reconocer los compuestos que falsarían esas valencias.
- Con la ayuda de un Sistema Periódico abreviado (Número atómico, filas y períodos), es capaz de:
 - a) Determinar las valencias con las que actúan los diferentes componentes de un compuesto dado por su fórmula.
 - b) Distinguir las fórmulas correctas e incorrectas de diferentes compuestos.
 - c) Completar las fórmulas de diferentes compuestos.
 - d) Escribir las fórmulas de diferentes compuestos.
- Dadas una serie de frases relativas al número de electrones que diferentes átomos pueden ceder, tomar o compartir, selecciona aquéllas que son correctas según el modelo atómico de Bohr (ayudado del S.P. abreviado).
- A partir de una tabla que indica la distribución de electrones por capas de diferentes elementos, es capaz de reconocer cuáles de ellos tendrán propiedades análogas.
- A partir de una descripción de cómo los modelos atómicos permiten explicar el enlace químico y con la ayuda de una tabla que indica la distribución de electrones por capas de diferentes elementos, es capaz de reconocer cuáles de ellos se unirán por enlace iónico o covalente.

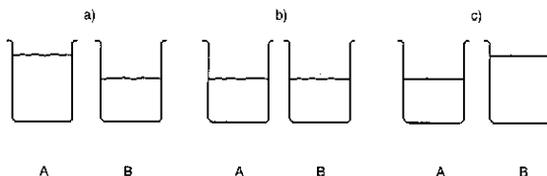
Como puede verse, las últimas tareas obligan al estudiante a poner de manifiesto las representaciones en base a las cuales razona y su capacidad para resolver problemas que implican un control adecuado de variables que le permite llegar a conclusiones aceptables. Evidentemente existen otros tipos de capacidades que no se evalúan en esta prueba, pero no hay que ser exhaustivo para no fatigar al alumno y pueden evaluarse en otras pruebas. Como se señala en la prueba de diagnóstico inicial, las alternativas propuestas reflejan los errores conceptuales y pre-concepciones más frecuentes en los alumnos de estas edades según la investigación bibliográfica existente. Dado que la mayoría de los conceptos fundamentales evaluados en esta prueba coinciden con los explorados en la prueba de diagnóstico inicial, no se hace ningún comentario en este apartado.

Comprensión de conceptos

Se sigue insistiendo en la evaluación de la comprensión del concepto de densidad y su relación con la masa y el volumen, debido a la dificultad demostrada por los estudiantes en la prueba de diagnóstico inicial. Para determinar si se ha producido un cambio conceptual positivo se repite la tarea ya utilizada junto a otra que suministra datos cuantitativos (Cuadro 3.8). La aportación de valores numéricos puede facilitar la comprensión de los conceptos implicados al estudiante poco reflexivo, pero también puede inducir a una aplicación memorística de la fórmula. La comparación de ambas respuestas ayuda a ver el razonamiento del alumno y los puntos de conflicto.

Cuadro 3.8. Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión del concepto de densidad

Ahora sumergimos 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 de los casos siguientes señala 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.

Interpretación de datos

Como ya se ha señalado anteriormente, una de las capacidades que deben desarrollar los alumnos es la de pensar críticamente. Esta capacidad conlleva el saber buscar e interpretar la información para juzgar si lo que se dice o las ideas que se 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 pueden realizar conclusiones válidas sobre las hipótesis y teorías científicas. Por ello, para evaluar esta capacidad se proponen en esta prueba actividades como las recogidas en los Cuadros 3.9. y 3.10. La primera de ellas implica clasificar una sustancia en base a su comportamiento en procesos de fusión, ebullición, destilación o electrolisis. La segunda exige reconocer la información suministrada por el Sistema Periódico para determinar si el elemento en cuestión podrá ceder o tomar los electrones que se indican.

Para evaluar el grado de asimilación por parte de los alumnos de la nomenclatura y formulación química se proponen una serie de cuestiones (tareas 15 a 18 del Anexo 3.2) que, tratando de encontrar dónde tiene la dificultad cada alumno, se plantean de forma gradual: 1) el reconocimiento de las valencias con que operan los distintos componentes de un compuesto, 2) la corrección o no de las fórmulas de varios compuestos, 3) el completado de las fórmulas y 4) la escritura de las fórmulas completas. Siempre teniendo en cuenta la información proporcionada por el Sistema Periódico que se suministra. Es indudable que si, en un proceso de enseñanza - aprendizaje por recepción, se ha obligado al alumno a memorizar las valencias de los elementos, estas tareas solamente exigen simple recuerdo y se reducirían al *Conocimiento de datos, símbolos y categorías*.

Cuadro 3.9. Ejemplo de tareas para evaluar la interpretación de datos
1. Reconocimiento del tipo de sustancia a partir de procesos

Clasifica las sustancias siguientes basándote en los procesos que se describen:				
a)	Un líquido que en una destilación se separa en dos sustancias, una sólida y otra líquida.	ELEMENTO	COMPUESTO	DISOLUCIÓN
b)	Un sólido que se calienta y funde a temperatura constante y que, al circular por él una corriente eléctrica, se observa desprendimiento de gas y depósito de un sólido.	ELEMENTO	COMPUESTO	DISOLUCIÓN
c)	Un líquido que al calentarse hierve a una temperatura constante y cuando se quema desprende vapores de dióxido de carbono y agua.	ELEMENTO	COMPUESTO	DISOLUCIÓN

Cuadro 3.10. Ejemplo de tareas para evaluar la interpretación de datos
2. Interpretación del Sistema Periódico

Basándote en los datos aportados por la **TABLA I** (que reproduce algunas filas y columnas del **SISTEMA PERIÓDICO**),

TABLA I

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 Ar
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

indica cuál de las afirmaciones siguientes es la **incorrecta**:

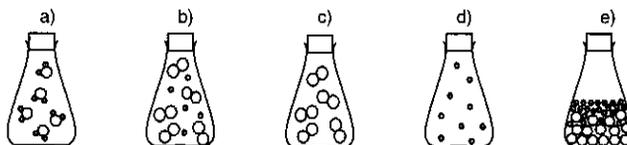
- Para formar un compuesto con el azufre, un átomo de litio cede los dos electrones de su última capa a un átomo de azufre.
- Para formar un compuesto con el cloro, el átomo de magnesio cede los dos electrones de su última capa a dos átomos de cloro.
- En el compuesto óxido de calcio, el calcio cede los dos electrones de su última capa a un átomo de oxígeno.

Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo

Para evaluar si los alumnos han experimentado algún cambio conceptual en su interpretación del modelo cinético corpuscular de la materia se plantean, de nuevo, preguntas en diversos contextos: verbal y molecular. Las dificultades demostradas en la distinción de mezclas homogéneas y compuestos condujo a repetir una de las tareas, aunque cambiando el tipo de compuesto elegido. Una tarea nueva, tal como se presenta en el Cuadro 3.11, trata de medir, también, si ha habido evolución en la asimilación de la existencia de elementos biatómicos.

Cuadro 3.11. Ejemplo de tarea para evaluar
la representación molecular de las distintas sustancias

Rodea con un círculo la clase de sustancia que contiene cada recipiente.



- | | | | | |
|----|---------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| a) | MEZCLA HETEROGÉNEA | MEZCLA HOMOGÉNEA | ELEMENTO | COMPUESTO |
| b) | MEZCLA HETEROGÉNEA | MEZCLA HOMOGÉNEA | ELEMENTO | COMPUESTO |
| c) | MEZCLA HETEROGÉNEA | MEZCLA HOMOGÉNEA | ELEMENTO | COMPUESTO |
| d) | MEZCLA HETEROGÉNEA | MEZCLA HOMOGÉNEA | ELEMENTO | COMPUESTO |
| e) | MEZCLA HETEROGÉNEA | MEZCLA HOMOGÉNEA | ELEMENTO | COMPUESTO |

3.3.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE "DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA"

3.3.3.1. Muestra

En esta ocasión completaron la prueba 138 alumnos de 3º de la ESO procedentes de un I.E.S. y de un colegio concertado, ambos de Madrid. El protocolo para la valoración de la prueba y las tareas propuestas fue respondido por seis profesores.

3.3.3.2. Validación social del contenido de la prueba

En la Tabla 3.6. se presentan las valoraciones asignadas por los seis expertos a las actividades propuestas en la prueba. También aquí existe discrepancia entre los profesores; el coeficiente de concordancia de Kendall no supera el 0.27 (valoración del grado de dominio) y no resulta significativo (por tanto, puede resultar aleatorio) en las otras tres características solicitadas.

Tabla 3.6. Valoración de la prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	3.8	0.9	60.0	20.8	56.7	23.3	1.7	0.3
2	3.8	0.9	53.3	26.0	76.7	14.5	2.8	1.2
3	3.3	1.4	70.8	21.7	70.0	18.3	3.3	1.1
4	3.8	0.8	70.0	16.3	78.3	18.6	2.3	1.1
5	3.2	1.2	61.7	22.7	53.3	32.5	2.4	1.3
6	4.0	0.8	78.3	17.5	75.0	18.9	2.9	1.3
7	3.3	0.9	67.5	15.2	71.7	21.1	2.8	0.7
8	4.2	0.5	79.2	13.0	76.7	14.9	1.8	1.2
9	3.5	0.4	76.7	13.7	80.0	11.5	1.9	1.0
10	3.9	0.6	80.0	15.3	86.7	13.7	2.2	1.1
11	3.8	1.1	73.3	19.7	85.0	11.2	2.0	1.2
12	3.0	1.2	61.7	21.1	77.5	22.3	2.8	1.0
13	3.3	1.3	65.0	25.0	75.8	21.3	2.1	1.2
14	2.8	1.1	58.3	18.6	66.7	26.2	3.3	0.7
15	3.0	1.2	66.7	22.9	78.3	13.4	2.7	0.9
16	3.7	1.1	76.7	17.0	71.7	26.7	2.5	1.3
17	3.7	1.1	76.7	17.0	73.3	23.6	2.5	1.3
18	3.7	1.1	76.7	17.0	80.0	14.1	2.5	1.3
Prueba	3.5	0.5	69.6	13.6	74.1	13.5	2.5	0.6

La prueba en su conjunto es considerada bastante relevante: puntuación media de 3.5 que equivale al 70% del máximo posible. Salvo la tarea 14 (que tiene una relevancia de 2.8), todas las tareas superan el valor medio. Las tareas consideradas más importantes (medias entre 4 y 4.2) son las que requieren una capacidad de

razonamiento menor: distinción entre elementos y compuestos o entre cambios físicos y químicos, en presentación verbal teórica (tarea 6) o a partir de sus fórmulas (tarea 8). También son consideradas relevantes (con unos valores medios de 3.8 y 3.9) las tareas que requieren comprensión de conceptos como "masa, volumen y densidad" (tareas 1 y 2) o interpretación de las características de un modelo, sea el atómico de Rutherford (tarea 10) o el cinético corpuscular (utilizando los diagramas moleculares para la distinción entre mezcla y compuesto en la tarea 4). A las tareas 16, 17 y 18, relativas a formulación, se les asigna una importancia análoga a las anteriores (media de 3.7). Las tareas consideradas menos relevantes son las 12, 14 y 15 (medias entre 2.8 y 3.0), relacionadas con el reconocimiento de las valencias y el intercambio de electrones a partir del Sistema Periódico.

Los profesores consultados opinan, en promedio, que los alumnos deben superar casi el 70% de la prueba. Las tareas consideradas menos importantes son también las que presentan menor exigencia de dominio (tareas 12, 14 y 15 con valores entre 58 y 67%). Después están las dos tareas relacionadas con la comprensión del concepto de densidad (1 y 2; 60 y 53%) y dos tareas que solo requieren el recuerdo simple de las características de los modelos (5 y 13).

Análogamente, el dominio mayor se exige para las tareas consideradas más relevantes (tareas 6 y 8 que exigen distinguir entre elementos y compuestos en presentación verbal teórica o a partir de sus fórmulas, tareas 9 y 10 que suponen recuerdo simple e interpretación del modelo atómico), con valores medios entre el 77 y 80%. Algo menor es la exigencia en formulación (77%) y en la interpretación de diagramas moleculares para la clasificación de sustancias (tareas 3 y 4 con exigencias del 70 - 71%). La tarea 7, que en nuestra opinión es importante pues requiere interpretar información para llegar a una conclusión, presenta una exigencia intermedia (67.5%).

En lo relativo a si las tareas propuestas son indicadores válidos de lo que se pretende evaluar, la valoración es alta, superando el 70% salvo en las tareas 1 (57%), 5 (53%) y 14 (67%). En cuanto a la dificultad de lectura, las tareas 2, 3, 6, 7, 12, 14 y 15 superan ligeramente el valor medio.

En el Anexo 3.2, ya se presentan corregidas las tareas 3 y 5 pues su enunciado, especialmente el de la tarea 3, resultaba difícil de comprender por los alumnos. Las otras tareas no se han modificado, dado que sus dificultades radican en la diversidad de criterios. Así, hay profesores que no consideran conveniente introducir el concepto de enlace en estos niveles y, en general, todas las preguntas relativas a falsación de hipótesis son siempre consideradas difíciles y poco relevantes (Alonso Tapia y Pérez de Landazábal, 1997).

3.3.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación

Como en el caso de la prueba de diagnóstico inicial, para analizar cuáles son los conceptos y procedimientos más conflictivos para el alumno y además controlar la posibilidad de respuestas aleatorias, se ha contabilizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada pregunta y se han calculado los índices de dificultad y de discriminación. Los resultados se muestran en la Tabla 3.7. y en el histograma de frecuencias del Gráfico 3.2. La tarea 6 (de tipo verdadero - falso) se ha

subdividido en dos, dado que unas afirmaciones requerían diferenciar entre cambios físicos y químicos mientras otras implicaban distinguir las características de los diferentes tipos de sustancias.

Puede comprobarse que seis tareas presentan una dificultad superior con un índice de dificultad inferior al 0.33 (media=0.20), once lo tienen entre 0.33 y 0.67 (media=0.48) y solo dos superan el 0.67 (media=0.77). La prueba en su conjunto presenta una dificultad intermedia (0.42), aunque tirando a difícil. Los índices de discriminación son, en general, superiores a los encontrados en la prueba de diagnóstico inicial, salvo en las tareas 2, la segunda parte de la 6, 13 y 17. A continuación se analizan las tareas por categorías, para deducir consecuencias didácticas.

Tabla 3.7. **Frecuencia de elección de cada alternativa**

Tareas	N	Alternativas				Índice de dificultad	Índice de discriminación		
		Científica	1	2	3				
Concepto densidad	1	167	64	101		2	0.38	0.51	
	2	167	28	47	87	7	0.16	0.16	
Modelo cinético corpuscular	3	138	49	50	35	4	0.36	0.67	
	4	138	45	8	57	20	8	0.33	0.36
	5	138	49	11	73		5	0.36	0.42
Cambios	6a	167	76	43	47		1	0.46	0.58
Clasificación de sustancias	6b	167	23	66	76		2	0.14	0.27
	7	196	50	62	81		3	0.26	0.63
	8	167	119	10	37		1	0.71	0.45
Modelo atómico	9	167	139	25			3	0.83	0.38
	10	196	78	26	68		24	0.40	0.65
Interpretación tabla periódica	11	167	93	59			15	0.56	0.57
	12	196	129	61			6	0.66	0.55
	13	196	122	66			8	0.62	0.28
Formulación	14	88	46	30			12	0.52	0.43
	15	88	47	25			16	0.53	0.50
	16	88	34	39	10		5	0.39	0.47
	17	88	10	17	45		16	0.11	0.30
	18	88	18	33	31		6	0.21	0.40

Comprensión de conceptos (Tareas 1, 2, 6a, 6b, 7, 8, 14 a 18)

Una de las tareas que ha resultado más difícil y también con el índice de discriminación menor, es la tarea 2, relativa al concepto de densidad. Esta tarea 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, el de mayor densidad ocupa un volumen menor y produce una variación menor del volumen de agua. La dificultad de esta tarea tiene dos raíces: por un lado, la gran dificultad que presenta la comprensión del concepto para los alumnos de estas edades y, por otro lado, los problemas que tienen los alumnos con el razonamiento proporcional. La aportación de datos cuantitativos no ha facilitado la comprensión del concepto, sino que lo ha dificultado: casi la mitad de los alumnos se inclina por la opción inversa, señalando que "**la altura del agua será mayor en el recipiente donde se sumerge el cuerpo de mayor densidad**".

La distinción entre cambios físicos y químicos (tarea 6a) presenta mejores resultados que en la evaluación de diagnóstico inicial, aunque no llega a ser superada por la mitad de los estudiantes. La mayoría de los errores radica en considerar la ebullición como un cambio químico.

Obviamente, la tarea 8 que exige reconocer elementos y compuestos a partir de sus fórmulas resulta mucho más sencilla (71% de respuestas correctas) que la tarea 7 que exige distinguir disolución, elemento y compuesto a partir de los procesos experimentados (26%), pero los índices de discriminación no son muy diferentes. La tarea relativa a la estructura y clasificación de sustancias que resulta más difícil es la segunda parte de la tarea 6b (14%, con índice de discriminación de 0.27), siendo las afirmaciones erróneas más frecuentes las que señalan que "**Un compuesto es una mezcla de sustancias**" (con un 70%) y "**Las propiedades de los compuestos dependen de los átomos de que están constituidos, no de cómo están éstos unidos**" (38%). (Ésta última afirmación se ha modificado por sugerencias de los expertos a "**Las propiedades de los compuestos solo dependen...**" para evitar interpretaciones erróneas).

Aunque las conclusiones relativas a las tareas de formulación (14 a 18) se encuentran limitadas por el tamaño de la muestra (únicamente se pasaron en uno de los centros), se observa una progresión de dificultad desde las que exigen reconocer la valencia con que actúa cada elemento (52 y 53%), a la que supone señalar la corrección o incorrección de las fórmulas dadas (39%, con más errores en $CaSO_4$ y Cl_2O_7 que en HNO_3 o MgO) y a las que implican completar o escribir la fórmula (11 y 21%). En esta última tarea, prácticamente todos los alumnos escriben la fórmula del hidróxido y fallan en las sales.

Interpretación de datos (11 a 13)

Las tres tareas que requerían una interpretación del Sistema Periódico no han presentado gran dificultad (56 - 66%), a pesar de la opinión de algunos profesores de que el enlace no puede tratarse en estos niveles educativos. Salvo en la tarea 13 (dependencia de las propiedades de un elemento del número de electrones en la última capa), los índices de discriminación son buenos, lo cual elimina la sospecha de respuesta aleatoria excepto en esta última pregunta.

Interpretación y evaluación de las pruebas de un modelo (3 a 5, 9 y 10)

En las tareas relativas a la interpretación del modelo cinético corpuscular, la tarea 5 confirma los resultados señalados en otras investigaciones sobre una visión continua de la materia por parte de los alumnos (un 53% de la muestra elige la alternativa 2, opinando que "**Están muy separadas y en continuo movimiento debido a las moléculas de aire que hay entre ellas**").

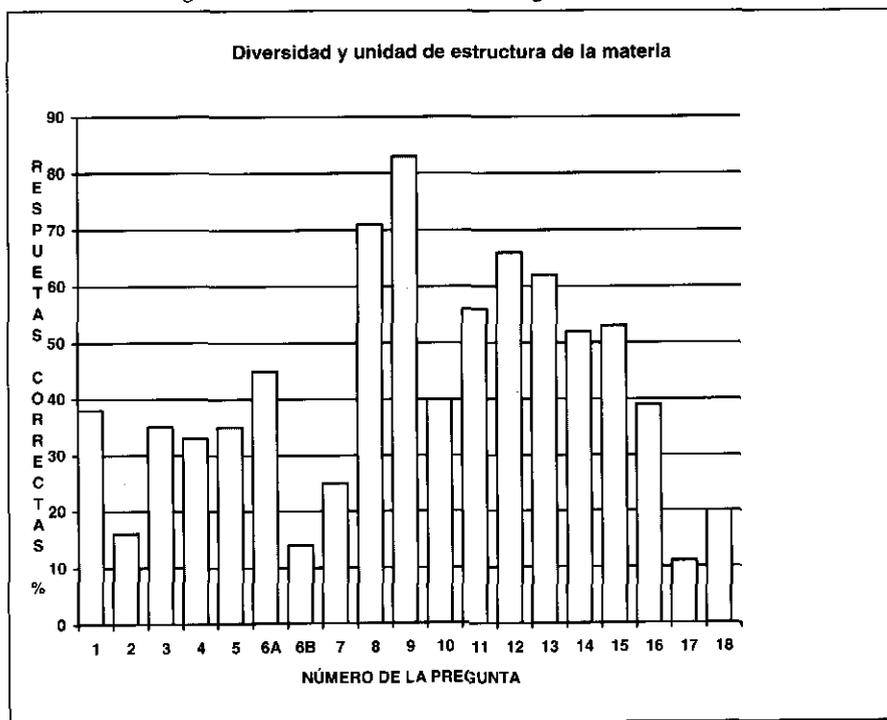
Los resultados de la tarea 4, similar a la presentada en la prueba de diagnóstico inicial, son inferiores a los obtenidos en aquélla, porque en esta ocasión se exigía reconocer tanto la disolución como el compuesto. La dificultad sigue estando en asignar a la disolución la estructura de un compuesto (alternativa 2, elegida por un 41% de la muestra).

En el caso de la tarea 3, la dificultad puede radicar en la presentación de la misma, pues una mayoría de alumnos no entendió las instrucciones para resolver la pregunta (razón por la cual ha sido modificada).

En las dos tareas relativas al modelo atómico, como era de esperar, existe una gran diferencia entre la que exige recuerdo simple (tarea 9, con un 83% de respuestas correctas) y la que supone una comprensión más profunda (tarea 10), como es el completar una tabla sobre la estructura de cuatro elementos (con solo un 40%). De todas formas (y ha pasado en la mayoría de las preguntas), hay diferencias entre los centros.

La dificultad de las diferentes tareas queda reflejada en el gráfico de la Figura 3.2.

Figura 3.2. **Frecuencia de las respuestas correctas**



3.3.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

Como se ha señalado en la prueba de diagnóstico inicial, para completar el análisis se ha establecido un perfil de puntuaciones agrupando las tareas que evalúan un mismo concepto o capacidad. Las categorías establecidas y las puntuaciones medias obtenidas para cada una de ellas se muestran en la Tabla 3.8. También se

presentan las puntuaciones medias correspondientes a los esquemas de comprensión conceptual y de interpretación de modelos. La comparación de estas medias con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores, permite determinar las dificultades conceptuales y de razonamiento que presenta el grupo en su conjunto y, por tanto, decidir estrategias de intervención que ayuden a los alumnos a superarlas.

Tabla 3.8. **Prueba de “Diversidad y unidad de estructura de la materia”**

Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Comprensión del concepto de densidad	1,2	167	2.7	3.2
b) Distinción de cambios físicos y químicos	6a	167	5.8	4.2
c) Clasificación de sustancias	6b, 7, 8	167	4.4	2.7
d) Formulación	14,15,16,17,18	88	4.3	2.5
Esquema de comprensión conceptual	a+b+c+d	88	4.4	1.5
e) Modelo cinético corpuscular	3,4,5	138	5.2	2.8
f) Modelo atómico		167	6.0	2.8
- Estructura del átomo	9,10	167	5.9	3.6
- Enlaces	11,12,13	167	6.1	3.1
Esquema de interpretación modelos	e+f	138	5.6	2.1
PRUEBA COMPLETA		88	4.9	1.6

Homogeneidad

La Tabla 3.9. presenta las correlaciones de cada una de las actividades con la categoría de la que forma parte, así como con el esquema correspondiente y con el total de la prueba. Como puede comprobarse, la correlación de cada actividad con su categoría supera ampliamente el valor estándar de 0.25, lo cual muestra que su contribución a la valoración de la misma es aceptable. En cuanto a la contribución de cada categoría al esquema conceptual al que pertenece, solamente hay dos categorías, a) Comprensión del concepto de densidad y b) Distinción entre cambios físicos y químicos, que no alcanzan el valor estándar. La baja correlación entre la comprensión del concepto de densidad y el esquema de comprensión conceptual se puede deber a la gran dificultad que ha presentado para los alumnos la segunda de las tareas que trataban de evaluar el concepto (ID=16%) y que, además, es la que presenta una correlación mayor con la categoría (.88). En el otro caso, es preciso tener en cuenta que se trata de una categoría constituida por un único elemento,

También puede observarse que la categoría de formulación es la que presenta la correlación mayor tanto con su esquema correspondiente como con el total de la prueba. En el caso de interpretación de los modelos, el modelo cinético corpuscular presenta una correlación mayor que el modelo atómico. Por último, puede señalarse

que la contribución de ambos esquemas al total de la prueba es análogo. Como dato significativo se puede señalar que la correlación entre los dos esquemas establecidos, comprensión conceptual e interpretación de modelos, es también alta (.52). En consecuencia, se puede considerar que la agrupación de tareas en categorías es adecuada y puede usarse como base para la toma de decisiones.

Tabla 3.9. **Prueba de "Diversidad y unidad de estructura de la materia"**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría* a la que pertenece
1	.65	a) Comprensión del concepto de densidad	3	.59	e) Modelo cinético corpuscular
2	.88		4	.85	
			5	.67	
6b	.55	c) Clasificación de sustancias	9	.61	f) Modelo atómico
7	.64		10	.66	
8	.72		11	.58	
			12	.52	
			13	.43	
14	.63	d) Formulación			
15	.63				
16	.68				
17	.76				
18	.66				
Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba					
				Esquema	Total
				Comprensión de conceptos	
a) Comprensión concepto densidad				.05	.13
b) Comprensión clasificación cambios				.10	.13
c) Comprensión clasificación sustancias				.43	.62
d) Formulación				.89	.81
				Interpretación de modelos	
e) Modelo cinético corpuscular				.84	.61
f) Modelo atómico				.71	.41

* La categoría b) Distinción de cambios físicos y químicos no se incluye por estar constituida por un único elemento.

Valoración y toma de decisiones

Como se señala en el capítulo introductorio, y se ha utilizado en otras investigaciones (Alonso Tapia, 1997), para decidir si el alumno ha alcanzado los objetivos propuestos para la prueba (comparación de sus resultados con el criterio establecido), se han ponderado las notas correspondientes al nivel de dominio señalado por los profesores en función de la proporción que la relevancia de las tareas representaba respecto a la relevancia total atribuida a la prueba. Una vez ponderadas las diferentes categorías, se suman para obtener la calificación criterio.

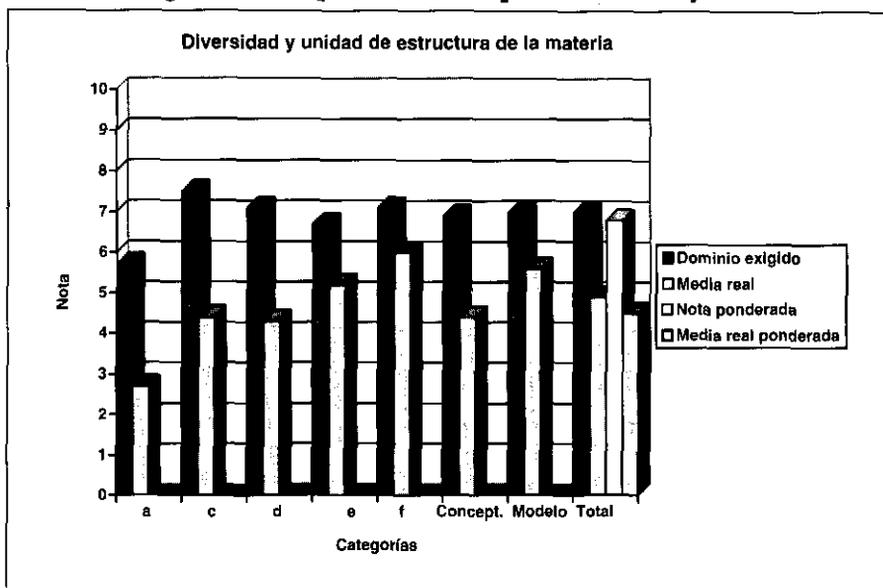
Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 3.10. y se representan en el histograma de frecuencias de la Figura 3.3. El análisis de los mismos pone de manifiesto que en todos los casos las puntuaciones medias obtenidas están por debajo del dominio exigido en dicha categoría. Los resultados son especialmente inferiores en las categorías del esquema correspondiente a la **Comprensión de conceptos** y, en particular, en el caso de "comprensión del concepto de densidad". En las categorías relativas al Modelo cinético corpuscular y al Modelo atómico son más aproximados. Las notas ponderadas en base al grado de dominio e importancia asignado por los profesores remarcan esta diferencia: la media real ponderada para la **Comprensión de conceptos** está ligeramente por encima de la mitad del valor de la nota ponderada, mientras que ambos valores son próximos en la **Interpretación de modelos**. En consecuencia, teniendo en cuenta que tanto el nivel de dominio como la relevancia señalados por los profesores sugieren que los conocimientos y capacidades a que hacen referencia las distintas categorías constituyen aspectos importantes del currículum, el hecho de que la media ponderada total y la media de las puntuaciones en la categoría de comprensión conceptual estén dos puntos por debajo del nivel exigido indica la necesidad de buscar nuevas estrategias instructivas para mejorar estos resultados o, si no, la necesidad de revisar los objetivos y dominios exigidos para este nivel escolar.

Tabla 3.10. **Prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"**

Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva- lente	(c) Relevancia: Proporción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponderada
a) Comp. concepto densidad	56.7	6.7	.212	1.2	2.7	0.6
c) Comp. clasificación sustancias	75.0	7.5	.214	1.6	4.4	0.9
d) Formulación	71.0	7.1	.188	1.3	4.3	0.8
Esquema conceptual	69.3	6.9	.614	4.1	4.4	2.3
e) Modelo cinético corpuscular	67.5	6.7	.191	1.3	5.2	1.0
f) Modelo atómico	71.3	7.1	.195	1.4	6.0	1.2
Interpretación de modelos	69.9	7.0	.386	2.7	5.6	2.2
PRUEBA COMPLETA	69.6	7.0		6.8	4.9	4.5

Figura 3.3. **Comparación de los perfiles criterio y real**



3.3.3.5. **Cambios Conceptuales**

La investigación existente sobre motivación en el aula señala que una de las formas de motivar al alumno es informarle de aquellos conceptos, procedimientos o actitudes en los que ha experimentado algún progreso en lugar de limitarse a señalarle la calificación obtenida en una prueba (Alonso Tapia, 1991). Por otra parte, uno de los objetivos principales de las teorías actuales sobre el aprendizaje en Ciencias es producir cambios conceptuales permanentes en el alumno (Posner y otros, 1982). Además, el análisis de los cambios conceptuales experimentados por los alumnos es otro modo de evaluar, tanto el aprendizaje del alumno como la efectividad del propio proceso de aprendizaje.

En esta prueba de "**Diversidad y unidad de estructura de la materia**" puede estudiarse la evolución en cuatro conceptos: "**comprensión del concepto de densidad**", "**distinción de mezclas y compuestos a partir de sus diagramas moleculares**", "**distinción de elementos y compuestos a partir de su fórmula química**" y "**distinción de cambios físicos y químicos**". La negativa de varios de los profesores que habían aplicado la prueba de diagnóstico inicial a continuar aplicando nuestras pruebas, ha reducido en gran medida el tamaño de la muestra para este estudio, por lo que hay que considerar las conclusiones con la reserva correspondiente. Los resultados se muestran en la Tabla 3.11. Se confirma la dificultad del cambio conceptual en el concepto de densidad (un 62% de la muestra sigue identificando masa con volumen), así como un mayor número de respuestas de tipo aleatorio en la distinción entre mezclas y compuestos (que implica la interpretación del modelo cinético corpuscular) que en la distinción entre elementos y compuestos (que solo exige la comprensión de las fórmulas químicas).

Los resultados en la distinción entre cambios físicos y químicos no son demasiado representativos pues, en esta evaluación, solo requiere que el alumno reconozca que disolución y ebullición son cambios físicos mientras combustión es químico, en tanto que en la prueba de diagnóstico inicial el problema radicaba en que los estudiantes identificaban los procesos de ebullición - combustión con el concepto de calor.

Tabla 3.11. **Evaluación del cambio conceptual**

	<i>N</i>	<i>Científico inicial y final</i>	<i>Cambio conceptual</i>	<i>Alguna mejora</i>	<i>No hay cambio</i>	<i>Otros</i>
<i>Densidad</i>	78	6 (8%)	24 (31%)		41 (53%)	7 (9%)
<i>Mezclas y compuestos</i>	50	5 (10%)	11 (22%)	14 (28%)	13 (26%)	7 (14%)
<i>Elementos y compuestos</i>	79	23 (29%)	21 (27%)	12 (15%)	17 (21%)	6 (8%)
<i>Cambios físicos y químicos</i>	78	8 (10%)	39 (50%)		27 (35%)	4 (5%)

3.3.3.6. Implicaciones didácticas

Estos resultados siguen reforzando las conclusiones del análisis de la prueba de diagnóstico inicial:

- Necesidad de buscar nuevas estrategias para la introducción del concepto de densidad. Si los alumnos siguen identificando masa y volumen, tendrán también dificultades para asimilar el concepto de concentración. Y, si no reconocen la diferencia entre masa del cuerpo y volumen de líquido desalojado, difícilmente podrán manejar conceptualmente y de forma significativa el Principio de Arquímedes (propuesto para el curso 4º de la ESO).
- Ventajas de la utilización de modelos corpusculares gráficos para una mejor asimilación de la estructura de la materia y la diferenciación entre mezclas, compuestos y elementos. Aunque las imágenes ayudan a la asimilación de los conceptos, se ha dado el caso de profesores que han rechazado esas preguntas, lo que puede indicar que no utilizan ese tipo de ayudas en el aula.
- Se aprecia que las tareas consideradas más relevantes por los profesores han sido las que suponen menor exigencia de razonamiento, lo cual denota un predominio de los tratamientos memorísticos en el aula.

3.4. EVALUACIÓN SOBRE "LOS CAMBIOS QUÍMICOS"

3.4.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

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 pretende que el alumno se plantee preguntas como:

- ¿Los cambios que observamos frecuentemente en los materiales y sustancias de nuestro entorno, como la evaporación del alcohol, la combustión de la madera, la oxidación del hierro, la fusión de los metales, la disolución del azúcar en agua, etc. son solo aparentes o se transforman realmente las sustancias en otras nuevas?
- ¿Qué es esa "costra" que le aparece al hierro cuando se abandona a la intemperie?
- ¿Qué son esas cenizas que quedan tras arder un trozo de madera?
- ¿Todos los cambios que observamos son del mismo tipo?. ¿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?
- ¿De dónde procede la energía con que nos calentamos o con que guisamos?. ¿Por qué se desprende energía en los procesos de combustión de la madera, del carbón, del butano, etc.?
- ¿Por qué, sin embargo, para obtener hidrógeno y oxígeno del agua o hierro de las piritas, es preciso "gastar" energía?
- ¿Por qué hay sustancias químicas que reaccionan entre sí, incluso espontáneamente, y otros que no lo hacen de ninguna manera?
- ¿Qué utilidad práctica tiene conocer los factores que hacen que se produzcan o no reacciones químicas, o que se produzcan más o menos deprisa?
- ¿Cómo es posible obtener sustancias que sean de interés para el hombre a partir de otras?
- ¿Las reacciones químicas que se producen en los organismos vivos (plantas, animales y hombres) son específicas de los mismos o son iguales a las que sufren los materiales inorgánicos?
- ¿Para acelerar el efecto de una medicina en el ser humano, habrá que tener en cuenta los mismos factores que influyen en el desarrollo de una reacción química entre sustancias inorgánicas?
- ¿Por qué se recubren con pintura protectora las rejas de hierro?

El hecho de inducir a los alumnos a que se planteen las preguntas anteriores, tiene por objeto conseguir que lleguen a asimilar la unidad de comportamiento de la materia en todo tipo de procesos, orgánicos e inorgánicos, y que reconozcan, no solo los inconvenientes, sino también la utilidad de la Química para el hombre. Para ello es necesario que los alumnos comprendan y relacionen los conceptos que se señalan en el mapa conceptual de la Figura 3.1.(B) del apartado 3.3.1. De nuevo, como sucedía en el bloque correspondiente a *Diversidad y unidad de estructura de la materia*, destaca la importancia que se concede a la construcción de modelos mentales que faciliten el razonamiento. Para que los alumnos diferencien entre cambio físico y cambio químico,

tienen que asimilar que, en el cambio físico, las unidades microscópicas (átomos y moléculas) permanecen inalterables, por lo cual las sustancias no varían. Mientras que, en el cambio químico, los átomos se reorganizan, la estructura microscópica se modifica y, por lo tanto, las sustancias sí que varían. Después, el alumno debe llegar a asimilar un modelo básico de reacción química (limitado al modelo de Bohr), en el cual se destaca el papel de los principios de conservación de la masa, de la carga eléctrica y de la energía:

- 1) Aunque los productos de una reacción química son diferentes de los reactivos que intervienen en ella, 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 (CONSERVACIÓN DE LA MASA).
- 2) Los átomos se unen por fuerzas eléctricas y tienden a completar una última capa con ocho electrones por lo cual presentan valencias determinadas, siendo la carga eléctrica total de un compuesto siempre nula (CONSERVACIÓN DE LA CARGA ELÉCTRICA).
- 3) Enlaces diferentes de los átomos 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.

También aquí se vuelven a contrastar las características del modelo básico de reacción química con sus aspectos observables, tanto cualitativos como cuantitativos, poniendo en evidencia como el modelo, no solo explica los diferentes tipos de enlace (iónico, covalente y metálico) y la existencia de los diferentes tipos de compuestos (óxidos, hidróxidos, oxácidos, sales, etc.), sino que ha sido desarrollado a partir de la realimentación continua entre las hipótesis teóricas y los fenómenos observables experimentalmente.

Se considera que trabajando los contenidos de este modo, los alumnos no solo podrán construir una representación conceptual adecuada, sino que también pueden desarrollar capacidades que les permitan la aplicación oportuna de estos conocimientos a la solución de problemas. Así se da sentido a la formulación química para que no se convierta para ellos en un simple ejercicio memorístico sino en una aplicación razonada de los principios generales de conservación, dado que dichos principios son la base del ajuste de las ecuaciones químicas y de todos los cálculos estequiométricos que realizarán posteriormente si continúan el estudio de la Química.

Dada la naturaleza de los procesos químicos y de 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 la comprensión de los conceptos, que el alumno sea capaz de:

- Organizar los datos procedentes de observaciones y reconocer informaciones contradictorias.
- Leer e interpretar la información contenida en tablas, textos o gráficos.
- Traducir la información de un lenguaje simbólico a otro.
- Predecir reacciones químicas en función de la aplicación de los principios fundamentales del modelo.
- Inferir los intercambios de masa y de energía en distintas reacciones químicas.
- Detectar formulaciones correctas e incorrectas mediante la aplicación de las leyes y principios del modelo.

Todo ello queda recogido en la tabla de objetivos del Cuadro 3.12.

Cuadro 3.12. **Objetivos evaluados en “Los cambios químicos”**

Conocimientos declarativos

- Es capaz de reconocer el concepto de concentración de una disolución.
- Reconoce de forma práctica diluciones diluidas, concentradas y saturadas.
- Distingue las características esenciales de los cambios químicos.
- Distingue las propiedades características de ácidos y bases.
- Distingue cuando una reacción química es endotérmica o exotérmica.
- Es capaz de traducir una ecuación química al diagrama molecular correspondiente.
- Distingue el diferente significado de los coeficientes y los subíndices de una ecuación química.

Habilidades procedimentales

- Dada la descripción y el resultado de tres experimentos encaminados a estudiar los factores que influyen en la velocidad de una reacción química, es capaz de señalar el factor cuya influencia se comprueba (control de variables).
- Dada una descripción de una serie de fenómenos, es capaz de detectar afirmaciones contradictorias entre sí.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Es capaz de calcular las cantidades de soluto, disolvente, disolución y la concentración a partir de dos de ellas, tanto si se dan los datos en tanto por ciento como en gramos y litros.
- Es capaz de reconocer la variación de la solubilidad con la temperatura a partir del gráfico correspondiente, así como inferir la variación necesaria de temperatura para conseguir cambiar la solubilidad de una disolución dada.
- Es capaz de clasificar una serie de reacciones químicas cotidianas como endotérmicas o exotérmicas.
- Aplica el principio de conservación de la masa en reacciones químicas cotidianas, incluyendo las que tienen lugar en seres vivos.
- Es capaz de aplicar el principio de conservación de la materia para reconocer si una reacción química, expresada en forma simbólica, es correcta.
- Es capaz de inferir el tipo de átomos presentes en la molécula de un compuesto a partir de los productos de su descomposición térmica, aplicando el principio de conservación de la materia.
- Es capaz de reconocer distintos tipos de reacciones químicas (combustión, oxidación, neutralización, etc.) a partir de sus ecuaciones.
- Es capaz de completar el elemento o compuesto que falta en ecuaciones químicas sencillas (reacciones de neutralización, ácido - sal, ácido - metal, etc.).
- Ajusta una ecuación química en que faltan los coeficientes, aplicando el principio de conservación de la materia.

Actitudes

- Reconoce que los seres vivos están constituidos por los mismos elementos y compuestos que los seres inertes.
- Reconoce que en los seres vivos se producen reacciones químicas análogas a las producidas en rocas y minerales, que se rigen también por los mismos principios generales.
- Valora la importancia del estudio de la Química, y de las reacciones químicas en particular, para el desarrollo industrial y el bienestar de la sociedad.
- Reconoce las limitaciones de la Química; sus efectos negativos sobre la naturaleza y su incapacidad actual para resolverlos.

3.4.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Para que las tareas de evaluación diseñadas tengan el máximo valor de diagnóstico y permitan identificar el origen de los problemas fundamentales que experimentan los alumnos al trabajar con estos conceptos y modelos, se ha tenido en cuenta la abundante bibliografía existente sobre los mismos, revisada recientemente en el trabajo de Pozo y otros (1991).

Entre los trabajos relevantes, hay que destacar el modelo desarrollado por Andersson (1984) 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 que el agua estaba impregnando inicialmente la leña).
3. **Modificación de la materia**: la nueva sustancia es la misma que al principio, solo ha variado de forma o de aspecto (la ceniza resultante es el mismo leño que ha cambiado de forma).
4. **Transmutación de la materia**: 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 pensar que las nuevas sustancias están formadas por la recombinación de los átomos de las sustancias iniciales.

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. A pesar de que los alumnos hayan asimilado los conceptos abstractos de átomo y molécula, cuando se enfrentan con un fenómeno tienden a utilizar sus ideas intuitivas, basadas en la experiencia, en lugar de los conceptos estudiados en la escuela. El problema no es 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 no utilizan adecuadamente los coeficientes y subíndices de las fórmulas químicas. Hesse y Anderson (1992) encontraron que solo 1 de los 11 estudiantes entrevistados explicaban los cambios químicos en función de átomos y moléculas.

Briggs y Holding (1986) señalan que solo un 3% de una muestra de alumnos de 15 años recurre a las propiedades características de las sustancias (densidad, puntos de fusión o ebullición, etc.) para explicar si se ha producido un cambio químico, sino que dan explicaciones descriptivas, señalando solamente 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, que se da, incluso, 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 mezcla y no como una interacción de las diferentes partículas.

Driver y otros (1985) señalan 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 del oxígeno con el 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. Un 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"**. El tercio de alumnos que señala que la masa disminuye, piensa que **"el óxido se come los clavos"**. Los autores concluyen que **"la comprensión de la naturaleza substantiva del aire o del oxígeno constituye un problema si 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 la masa de gasolina utilizada (Åndersson, 1986b; 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.

Las tareas diseñadas (18 en esta segunda prueba) se centran en los puntos siguientes del mapa conceptual de reacciones químicas:

- Reconocimiento de la conservación de la materia y de la energía en reacciones químicas presentadas en diferentes contextos (verbales, experimentales, ecuaciones químicas).
- Aplicación de leyes y principios científicos para la identificación de ecuaciones científicas correctas e incorrectas.
- Identificación de las reacciones químicas existentes en los seres vivos con las existentes en los materiales inorgánicos.

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 complejo.

Por otra parte, para determinar en qué medida son capaces de leer adecuadamente la información proporcionada en diferentes contextos, se han desarrollado tareas centradas en:

- El conocimiento de la terminología científica y traducción de un lenguaje simbólico a otro (de fórmulas a estructuras moleculares).
- La interpretación y evaluación de un diseño experimental dado, reconociendo las variables que influyen en la velocidad de la reacción.
- El reconocimiento de información contradictoria en un texto dado.

La necesidad de adaptarse al tratamiento de los temas por los profesores, debido a las dificultades que encuentran los alumnos en la aplicación del razonamiento proporcional, ha obligado a retrasar hasta esta prueba contenidos que corresponderían a la anterior, como son:

- Comprensión del concepto de concentración y aplicación a la determinación de masas de soluto o volúmenes para una disolución dada.
- Interpretación de gráficos solubilidad - temperatura.

A continuación se presentan algunas de las categorías principales de la prueba diseñada (que puede verse completa en el Anexo 1.3)

Traducción de un lenguaje simbólico a otro

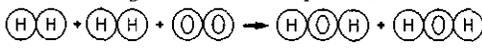
El hecho de que los alumnos utilicen habitualmente las fórmulas químicas, no supone obligatoriamente una comprensión real de lo que ocurre a nivel microscópico. Por ello, para poner de manifiesto si el alumno tiene una representación adecuada de la transformación química, se propone la tarea que se puede ver en el Cuadro 3.13., la cual implica traducir una fórmula a un equivalente gráfico que muestre la organización y número de partículas. La elección de la opción correcta indica que el alumno domina la estructura molecular de los elementos hidrógeno y oxígeno, así como de la molécula del agua; en caso contrario, el alumno únicamente comprende la conservación del número de átomos en una reacción química. Es indiscutible que la mejor forma de explorar estas representaciones sería, como siempre, la entrevista piagetiana pero, dado el tiempo que consume, no es factible en condiciones normales de aula. Como en todas las preguntas de opción múltiple, existe la posibilidad de que el alumno responda al azar, lo cual se intenta evitar eligiendo alternativas que reflejen errores habituales de los alumnos. La formulación de la pregunta en formato abierto puede desorientar al alumno, dejándole "en blanco" sobre lo que se le pide.

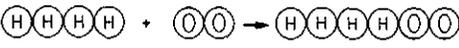
Cuadro 3.13. Ejemplo de tarea para evaluar la capacidad de traducir una representación de un lenguaje a otro

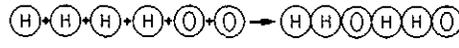
Has estudiado que la obtención de agua a partir de hidrógeno y oxígeno se puede representar por la ecuación química:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{energía}$$

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

a) 

b) 

c) 

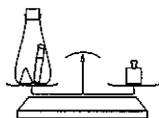
Predicción de fenómenos

Los alumnos pueden ser capaces de aprender de memoria los principios de conservación sin que ello suponga una verdadera evolución de su esquema conceptual sobre los cambios químicos. Por ello, se les plantean tareas como la presentada en el Cuadro 3.14 que les exige hacer predicciones sobre si se produce variación en la masa de las sustancias y que son muy útiles para poner de manifiesto su tipo de representación, tal como señala la bibliografía mencionada anteriormente. La importancia de este principio para el estudio posterior de la Química, obliga a incluir otras tareas similares en otros contextos: predicción de si se produce variación de

masa en procesos de oxidación, predicción de cuáles son los átomos componentes de una sustancia a partir de los productos obtenidos en su descomposición térmica, etc. Finalmente, en un proceso gradual de abstracción, se concluye con un ajuste sencillo de ecuaciones químicas. Se considera que este proceso permite hacer inferencias sobre los puntos en los que el alumno encuentra dificultades.

Cuadro 3.14. **Tarea para evaluar la comprensión del principio de conservación de la masa**

En un platillo de una balanza hemos puesto un recipiente cerrado herméticamente 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 y agua. Elige, entre las opciones siguientes, cuál señala la posición correcta del fiel de la balanza.



SITUACIÓN INICIAL



SITUACIÓN FINAL

Interpretación y evaluación de diseños experimentales

La programación del bloque de contenidos correspondiente a este tema incluye también el estudio cualitativo de "**algunos factores que modifican el proceso de las reacciones químicas**". Dado que en estas edades los alumnos únicamente realizan un aprendizaje memorístico de los mismos, se ha optado por tomar estos factores para evaluar la interpretación de un diseño experimental. Para ello, como se muestra en el Cuadro 3.15, se presentan tres experimentos en los que se varía la velocidad de la reacción y los alumnos deben señalar cuál es el factor que provoca esa variación en cada experimento.

Actitudes

Como ya se ha señalado, la diversidad de los Centros utilizados en esta investigación y, por tanto, de las metodologías utilizadas, ha limitado la evaluación a los aspectos cognitivos de las actitudes. Este tema es uno de los que permite explorar mejor si el alumno relaciona lo estudiado en el aula con su vida real y, por tanto, la importancia e interés que puede tener la Ciencia en su vida. Como puede verse en el Anexo 1.3, las preguntas relativas a la relación Química - Tecnología - Sociedad se presentan en forma de una tabla en la que el alumno debe señalar si está de acuerdo, en desacuerdo o no lo sabe.

Aunque afirmaciones como "**Los seres vivos, al igual que las rocas y los minerales, están constituidos por átomos y moléculas**", "**En las reacciones químicas que se producen en los seres vivos no se cumple el principio de conservación de la masa, dado que adelgazamos o engordamos**" están midiendo, en un sentido estricto,

el conocimiento de los alumnos sobre Química, el hecho de que sean temas no tratados, en la mayoría de los casos, en el aula lleva a titularlos como actitudes pues, realmente, reflejan más la opinión que el conocimiento de los alumnos.

Cuadro 3.15. **Ejemplo de tarea para evaluar la interpretación de un diseño experimental**

Para determinar qué factores influyen en la velocidad de una reacción química, se realiza una serie de experimentos, obteniéndose los resultados que se indican:

Experimento 1 - En dos matraces iguales se colocan dos trozos compactos iguales de piedra caliza y se añade a cada uno de ellos 100 ml de ácido clorhídrico de idéntica concentración. El matraz **A** se encuentra a una temperatura de 20 °C mientras el **B** se encuentra a 50 °C. Experimentalmente se observa que la piedra caliza del matraz **B** desaparece más rápidamente que la del matraz **A**.

El resultado del experimento 1 indica que la velocidad de la reacción es mayor cuando:

- Aumenta la temperatura.
- Aumenta el grado de división de los reactivos.
- Hay catalizadores presentes en la reacción.

Experimento 3 - Para obtener trióxido de azufre, se hace pasar la misma cantidad de oxígeno y de dióxido de azufre por dos cámaras iguales y a la misma temperatura. En la cámara **A** se ha colocado una bandeja que contiene platino finamente dividido mientras que en la cámara **B** se ha situado otra bandeja con piedra caliza finamente dividida. Experimentalmente se observa que la producción de trióxido de azufre en la cámara **A** es más rápida que en la cámara **B**.

El resultado del experimento 3 indica que la velocidad de la reacción es mayor cuando:

- Aumenta la temperatura.
- Aumenta el grado de división de los reactivos.
- Hay catalizadores presentes en la reacción.

3.4.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE "LOS CAMBIOS QUÍMICOS"

3.4.3.1. **Muestra**

La muestra está constituida por 205 alumnos del curso 3º de la ESO; a 147 se les aplicó la prueba completa, mientras a otros 58 solo se les aplicaron algunas de las preguntas. Los alumnos proceden de un I.E.S. y de un colegio concertado, ambos de Madrid. El protocolo para la valoración de la prueba y tareas propuestas fue respondido por seis profesores.

3.4.3.2. **Validación social del contenido de la prueba**

En la Tabla 3.13. se presentan las valoraciones asignadas por los seis expertos a las actividades propuestas en la prueba. Al igual que en la primera prueba sobre fenómenos químicos, también aquí existe discrepancia entre los profesores; el coeficiente de concordancia de Kendall no supera el 0.23 y no resulta significativo en ninguna de las características solicitadas.

El análisis de la tabla muestra que la prueba en su conjunto es considerada bastante relevante (3.6 que equivale al 72% del máximo posible) aunque, como siempre, existe heterogeneidad entre las tareas. Las tareas relativas al concepto y cálculo de la concentración (1 y 2), a la predicción del comportamiento de la masa en las reacciones (4 y 5) y al significado de los coeficientes y subíndices de una ecuación (7) son las consideradas más importantes (con medias entre 4.0 y 4.3). Las otras tareas relativas a la aplicación de la conservación de la masa en las reacciones químicas (8, 9 y 10) y la tarea que exige la traducción de la ecuación química a un diagrama molecular (6), son consideradas también bastante importantes (media 3.8). Las tareas menos relevantes son, de nuevo, las relativas a la interpretación de un diseño experimental (media 3.2 a 3.3) y las catalogadas como "actitudes" (media 3.1 a 3.2), junto con las que suponen el reconocimiento de ácidos y bases o de diferentes tipos de reacción (tareas 11 y 13).

Tabla 3.13. **Valoración de la prueba "Los cambios químicos"**

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	4.3	0.4	85.0	7.6	73.3	42.3	2.8	1.5
2	4.1	0.7	72.0	22.7	78.0	16.7	1.9	0.8
3	3.6	1.4	77.5	14.1	83.3	13.7	2.0	1.2
4	4.3	0.9	82.5	10.7	78.3	15.7	2.5	1.0
5	4.1	0.6	80.8	11.7	75.0	17.1	2.3	0.9
6	3.8	0.9	75.0	26.3	81.7	16.7	1.8	1.2
7	4.0	0.6	82.5	16.3	85.0	12.6	2.1	1.2
8	3.8	0.9	74.2	22.8	75.8	21.8	1.8	0.8
9	3.8	0.9	74.2	22.8	76.7	18.9	2.2	0.7
10	3.8	0.7	75.8	19.7	84.2	15.9	1.8	0.8
11	3.1	1.0	72.5	20.4	83.3	14.9	2.4	1.2
12	3.2	1.3	77.5	23.4	81.7	16.7	2.2	1.1
13	3.0	1.2	65.0	20.6	71.7	20.3	1.8	0.8
14	3.4	1.1	74.2	14.8	80.8	15.4	1.8	0.9
15	3.3	0.7	71.7	20.3	81.7	17.7	2.8	1.5
16	3.2	0.7	70.0	22.4	80.0	18.3	2.4	1.1
17	3.2	0.7	71.7	20.3	80.0	18.3	2.4	1.1
18	3.6	0.8	62.5	16.3	68.3	24.1	2.0	0.8
ACT 1	3.2	0.8	55.0	19.6	70.0	17.3	3.1	1.0
ACT 2	3.1	1.2	50.8	27.1	61.7	21.1	2.3	1.4
Prueba	3.6	0.6	72.7	14.1	77.5	15.8	2.2	0.8

En cuanto al grado de dominio, los profesores opinan que, en promedio, los alumnos deben superar casi el 73% de la prueba para considerar que su comprensión de los conceptos, procedimientos y capacidades evaluados son suficientes. En lo relativo a las tareas individuales puede decirse que se exige un dominio mayor en las calificadas como más importantes. Solamente hay pequeñas diferencias en las tareas de interpretación de gráficos (3) y ajuste de ecuaciones químicas (12), que presentan una relevancia intermedia y se les asigna un dominio de

casi el 78%. La escasa importancia que dan los profesores a la relación de la Química con la vida se refleja en el nivel de dominio asignado a esas tareas (55%).

Por último, señalar que la valoración de la validez de las tareas para medir lo que se desea medir es alta (77%, con más de la mitad de las tareas por encima del 80 %) y que la prueba se considera más fácil de lectura que la prueba de "*Diversidad y unidad de estructura de la materia*".

3.4.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación

Como en los casos anteriores, para analizar el estado actual de los conocimientos de los alumnos sobre el tema, se han determinado los índices de dificultad correspondientes a cada una de las tareas, así como las frecuencias de elección de las distintas alternativas propuestas. También se han determinado los índices de discriminación para controlar la posibilidad de respuestas aleatorias. Los datos se recogen en la Tabla 3.14. y se muestran gráficamente en el histograma de frecuencias de la Figura 3.4.

Tabla 3.14. Frecuencia de elección de cada alternativa

Tareas		N	Alternativas				No contesta	Índice dificultad	Índice discriminación
			Científica	1	2	3			
Concentración	1a	203	120	49	19		15	0.59	0.48
	1b	203	11	37	31	66	58	0.24	0.67
	1c	203	12	48	15	59	69	0.30	0.74
	2	203	108	86			9	0.53	0.41
Conservación de la materia	4	156	107	26	18		5	0.69	0.48
	5	173	84	47	39		3	0.49	0.24
	8	144	33	5	56		50	0.23	0.29
	9	144	48	52	36		8	0.33	0
	10	144	61	49	28		6	0.42	0.60
	12	173	20	36	42	48	27	0.12	0.33
Cons. energía	14	144	29	47	28	35	5	0.20	0.23
Nomenclatura	6	144	57	74	10		3	0.40	0.23
	7	144	51	61	30		2	0.35	0.46
	11	173	64	28	57		24	0.37	0.62
	13	144	58	21	33	21	11	0.40	0.43
Destrezas	3	203	125	47	27		4	0.62	0.54
	15-17	131	69	16	38		8	0.53	0.81
	18	131	45	9	50		27	0.34	0.75

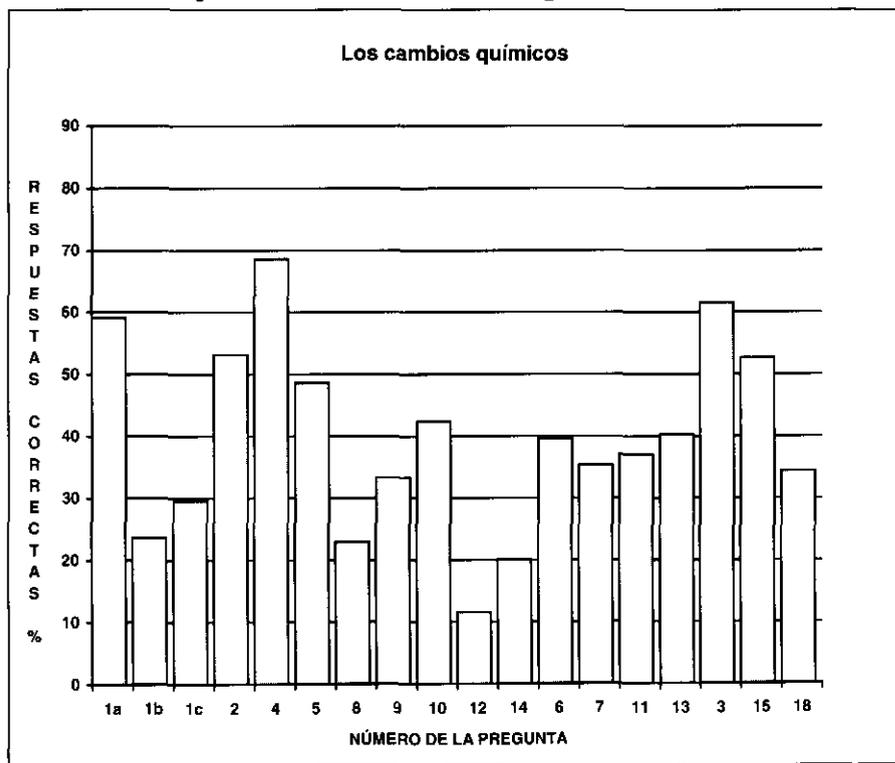
Como puede comprobarse examinando la tabla, más de la mitad de las actividades propuestas, once exactamente, tienen una dificultad intermedia (entre 0.33 y 0.67, con una media de 0.46), mientras que una tercera parte, seis, tienen una dificultad superior (media de 0.24). La prueba en su conjunto presenta una dificultad intermedia, aunque tirando a difícil (0.40) y algo superior a la presentada por la prueba de "*Diversidad y unidad de estructura de la materia*".

En cuanto a los índices de discriminación resultan un poco bajos en las tareas 5, 6, 8 y 14, y es totalmente nulo en la tarea 9.

Comprensión y aplicación del concepto de concentración (Tareas 1 y 2)

Un porcentaje del 60% de los alumnos es totalmente incapaz de enfrentarse con el problema de determinar la masa de soluto o el volumen de disolución a partir de la concentración de la misma, la mitad de los cuáles ni siquiera lo intenta. Algo menos del 30% responde correctamente, incluyendo aquéllos que utilizan la regla de tres (alternativa 1). Esto indica, por un lado, la dificultad del concepto de concentración (similar a la del concepto de densidad) y, por otro, las grandes deficiencias de los alumnos de estas edades en la utilización del razonamiento proporcional.

Figura 3.4. **Frecuencia de las respuestas correctas**



Comprensión y aplicación de los principios de conservación de la materia y la energía (Tareas 4, 5, 8, 9, 10, 12 y 14)

El porcentaje de respuestas correctas varía según el contexto. La tarea 4, que supone un planteamiento experimental y proporciona ayuda gráfica, es la que resulta más sencilla, con un 69% de respuestas correctas. La tarea 10 también resulta muy fácil (solo supone contar los átomos de cada elemento), porque al 42% de respuestas correctas habría que añadir un 34% catalogado en la alternativa 1 (alumnos que no han justificado el porqué de su elección). La dificultad de la tarea 5 es de tipo

intermedio y se debe a que casi una tercera parte de los alumnos considera que la masa de hierro no varía en el proceso de oxidación y, como ya se ha señalado en la bibliografía, no tiene en cuenta el papel y la masa del oxígeno en ese proceso (alternativa 1).

Los índices de dificultad y de discriminación de las tareas 8 y 9 señalan que su planteamiento ha desorientado a los alumnos. En el caso de la tarea 8 ha podido ser su planteamiento abierto, dándose el caso de un 39% de alumnos que se limitan a escribir las fórmulas del carbono y del agua (alternativa 2). En la tarea 10 ha podido ser el planteamiento en forma negativa de la alternativa 1; aunque también puede deberse a la dificultad que encierra para los alumnos la comprensión del papel que desempeña el oxígeno del aire en el proceso de combustión.

La tarea 12 solo es respondida correctamente (ajuste exacto de las tres ecuaciones propuestas) por un 12% de los alumnos. Un 21% ajusta dos ecuaciones y otro 24% ajusta únicamente una. De las tres ecuaciones, la más sencilla para los alumnos es la acción del cloruro de hidrógeno sobre cal, mientras que la acción del mismo ácido sobre el aluminio es la más difícil. Un 43% de los alumnos no hace nada en esta tarea. Estos resultados eran de esperar, dado que el ajuste de ecuaciones implica tanto la aplicación de la conservación del número de átomos como el conocimiento de las valencias y posibilidades de enlace, requiriendo una mayor capacidad mental porque exige manejar un número mayor de variables.

Los resultados de la tarea 14 muestran que, prácticamente, no se tratan en el aula los procesos energéticos que tienen lugar en las reacciones químicas habituales. Solo un 20% de los alumnos reconoce sistemáticamente cuando en una reacción química se cede o se suministra energía y un 30% únicamente lo reconoce en la mitad de los procesos propuestos (alternativa 1). El 50% de los alumnos no responde o lo hace aleatoriamente. Además, en algunos centros fue preciso aclarar el significado de los términos "*exotérmica*" y "*endotérmica*". Estudiando cada proceso individualmente, un 76% de los alumnos reconoce que la fotosíntesis es endotérmica y un 63% reconoce el carácter exotérmico de la combustión del butano o de la explosión de una bengala. Poco más de la mitad de los alumnos reconoce que las reacciones químicas que se producen en una pila eléctrica son exotérmicas y que una descomposición térmica es endotérmica. El dorado de un metal mediante electrolisis es el proceso menos reconocido (46%).

Conocimiento de la terminología y simbología científica (Tareas 6, 7, 11 y 13)

Estas cuatro tareas presentan una dificultad intermedia. Hay que destacar que, en la traducción de la fórmula química al diagrama molecular, un 51% elige una representación compacta de las dos moléculas del hidrógeno y del agua (alternativa 1 de la tarea 6). De forma similar, un 42% de los alumnos comete errores en la identificación del significado de los coeficientes y subíndices de las ecuaciones químicas, especialmente en los subíndices. En cuanto a las respuestas erróneas sobre los tipos de reacciones o las propiedades de ácidos y bases, son prácticamente de tipo aleatorio.

Destrezas de la metodología científica (Tareas 3, 15, 16, 17 y 18)

La mayoría de los alumnos interpreta correctamente el gráfico que representa la variación de la solubilidad con la temperatura y más de la mitad reconoce, en los tres casos propuestos, qué variable es la que está influyendo en la velocidad de reacción (como las tareas 15, 16 y 17 evalúan lo mismo, se han agrupado en una sola). La tarea que exige reconocer información contradictoria en un texto relativo al efecto invernadero (18) es la que ha resultado más difícil, con solo un 34% de respuestas correctas: en muchos casos los alumnos señalan que la contradicción está en "reflejar la energía al espacio" e "impedir la emisión de energía", sin considerar el contexto de cada una de las afirmaciones.

Actitudes

Respecto a las cuestiones relativas a la relación entre la Química y la vida orgánica o cotidiana, los alumnos no tienen dificultades en reconocer como reacciones químicas los procesos que se producen en la cocina o en la descomposición de los alimentos (más de un 75% está de acuerdo con la afirmación científicamente correcta). También reconocen que los seres vivos *no están formados* por sustancias especiales y que están constituidos por átomos y moléculas como los seres inorgánicos (aunque, en este último caso, ya hay una tercera parte de los alumnos que está en desacuerdo con esa afirmación). Los mismos porcentajes se dan con el cumplimiento de los principios de conservación en el crecimiento de las plantas; pero no sucede lo mismo en el caso del crecimiento de los animales o de los seres humanos donde las respuestas parecen aleatorias pues se reparten análogamente entre las tres categorías (acuerdo, desacuerdo, no lo sé). Aparentemente los alumnos no parecen estar muy de acuerdo con que se produzcan reacciones químicas en los seres vivos (un 42% está en desacuerdo con la producción de procesos de oxidación, ignorando por tanto la naturaleza química de los procesos respiratorios). Las afirmaciones relativas a los medicamentos y al papel industrial de la urea presentan una aceptación media (farmacia ya suena a química y un 50% está de acuerdo con las afirmaciones científicas). Por último hay más de un 60% de "no lo sé" en las preguntas sobre catalizadores y enzimas, lo cual puede deberse tanto a que no relacionan la Química con la vida, como a la ignorancia de los términos. Por lo demás, la pregunta sobre ecología no resulta discriminativa, con un 81% de respuestas acordes con la opinión científica.

3.4.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

Como en las pruebas anteriores, las diferentes tareas se han agrupado en categorías y éstas en dos esquemas que corresponden a la integración del esquema conceptual y a las destrezas científicas de razonamiento. Las categorías establecidas y las puntuaciones medias obtenidas, así como las puntuaciones medias correspondientes a los dos esquemas quedan recogidas en la Tabla 3.15.

Tabla 3.16. **Prueba de "Los cambios químicos"**

Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Comprensión y aplicación del concepto de concentración	1a, 1b, 1c, 2	203	4.8	4.0
b) Comprensión y aplicación del principio de conservación de la materia	4, 5, 8, 9, 10, 12	127	4.0	2.3
c) Comprensión del principio de conservación de la energía	14	144	3.6	3.9
d) Conocimiento de la terminología y simbología científica	6, 7, 11, 13	144	4.8	2.9
Integración del esquema conceptual	a+b+c+d	127	4.1	2.3
e) Destrezas científicas de razonamiento	3, 15, 16, 17, 18	127	5.7	3.4
PRUEBA COMPLETA		127	4.4	2.3

Homogeneidad

Para analizar la coherencia de las agrupaciones realizadas y completar el análisis, se han determinado las correlaciones de cada una de las actividades con la categoría de la que forma parte, así como con los esquemas correspondientes y el total de la prueba. Todas esas correlaciones quedan recogidas en la Tabla 3.16.

Si se exceptúa la tarea 5, todas las correlaciones superan el valor estándar de 0.25. Los valores más bajos de correlación entre una tarea y la categoría de que forma parte se dan en las tareas 2 (.37), 3 y 9 (.45). El problema de la tarea 5 puede residir en que supone mucho más que una aplicación del principio de conservación, puesto que hay que inferir que el proceso de oxidación es una reacción entre el hierro y el oxígeno; por lo tanto, a la masa del hierro se añade la masa del oxígeno reaccionante. Por esta razón, puede darse el caso de alumnos que aplican bien el principio de conservación de la materia en las otras tareas y que fallan en ésta. Que la correlación de la tarea 2 con la categoría de "**Comprensión y aplicación del concepto de concentración**" no sea demasiado elevada (.37), resulta lógico dado que las dos tareas que presentan la mayor correlación con esta categoría (.88) son las dos que suponían una aplicación cuantitativa del concepto y que han resultado mucho más difíciles para el alumno. En cuanto a la tarea 9, ya se ha señalado que hay indicios de que los alumnos responden aleatoriamente.

Respecto a la correlación de las categorías con los esquemas establecidos, las categorías de **Comprensión y aplicación del concepto de concentración** y de **Comprensión del principio de conservación de la energía** son las que presentan las correlaciones más bajas (.28 y .43, respectivamente). En la primera categoría, la baja correlación se debe, con toda probabilidad, a la mayor dificultad del concepto y a la necesidad de utilizar el razonamiento proporcional. En la segunda es preciso tener en cuenta que se trata de una categoría con un solo elemento, por lo cual es normal que su contribución al esquema sea bajo. Si se considera la prueba total, el resultado se repite: todas las categorías superan el valor de .80 a excepción de **Comprensión y**

aplicación del concepto de concentración y de *Comprensión del principio de conservación de la energía*. El esquema conceptual y las destrezas científicas de razonamiento presentan una correlación elevada (.73), pero la contribución al total de la prueba es algo superior en el caso de la comprensión de conceptos.

Tabla 3.16. **Prueba de "Los cambios químicos"**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría* a la que pertenece
1a	.65	a) Comprensión y aplicación del concepto de concentración	6	.56	d) Conocimiento de la terminología y simbología científicas
1b	.88		7	.57	
1c	.88		11	.56	
2	.37		13	.70	
4	.57	b) Comprensión y aplicación del principio de conservación de la materia	3	.45	e) Destrezas científicas de razonamiento
5	.21		15-17	.84	
8	.60		18	.84	
9	.45				
10	.67				
12	.60				
Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba					
			Esquema		Total
			Esquema conceptual		
a) Comprensión concepto concentración			.28		.26
b) Comprensión principio conservación materia			.89		.89
c) Comprensión principio conservación energía			.43		.40
d) Conocimiento simbología científica			.81		.80
e) Destrezas científicas de razonamiento			.73		.82

* La categoría c) Comprensión del principio de conservación de la energía no se incluye por estar constituida por un único elemento.

Puede observarse que en ninguna de las tablas anteriores se proporcionan datos correspondientes a las tareas relativas a actitudes. Aunque dichas tareas estén, realmente, midiendo aspectos cognitivos, se ha llegado a la conclusión de que son temas que no se han tratado en el aula y, por ello, se consideran aparte, como un reflejo de la opinión de los alumnos. Esta conclusión es fruto del análisis de la relevancia y grado de dominio asignado por los profesores a estas tareas, así como al hecho de que algunos no han querido aplicarlas en su aula. A pesar de ello, se han calculado las correlaciones entre el mantenimiento de una opinión acorde con la científica sobre la relación entre Química y vida (medida simplemente por el número de acuerdos con la afirmaciones científicas) y las diferentes categorías establecidas. Los valores son altos, superiores en el caso del esquema de comprensión conceptual (.52) que en el caso de destrezas de razonamiento (.47).

Valoración y toma de decisiones

Al igual que en la prueba de *"Diversidad y unidad de estructura de la materia"*, las notas correspondientes al nivel de dominio asignado por los profesores se han ponderado en función de la proporción que la relevancia de cada categoría tiene respecto de la relevancia total atribuida a la prueba. Las notas ponderadas de las

diferentes categorías se han sumado para obtener la calificación criterio. De este modo, la comparación de los resultados con el criterio establecido permitirá tomar decisiones sobre si el alumno ha alcanzado los objetivos propuestos para la prueba. Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 3.17. y se representan en el histograma de frecuencias de la Figura 3.5.

De nuevo, las medias reales se encuentran muy por debajo de los niveles de dominio exigidos. Excepto en el caso de las destrezas de razonamiento, en que la diferencia solo es de punto y medio (el nivel exigido es el inferior mientras la media obtenida es la superior), en todas las demás categorías hay una diferencia cercana a los tres puntos. Como puede observarse, las diferencias de dominio exigido entre las distintas categorías es muy pequeña (las notas equivalentes están todas entre 7.1 y 7.9) y también hay poca diferencia con la nota ponderada, así como entre media real y media real ponderada. Como se ha señalado al analizar la validez social de la prueba, existe una correlación positiva entre las valoraciones de relevancia y de dominio; por ello, las diferencias entre la media real y la media ponderada son prácticamente nulas en estas pruebas.

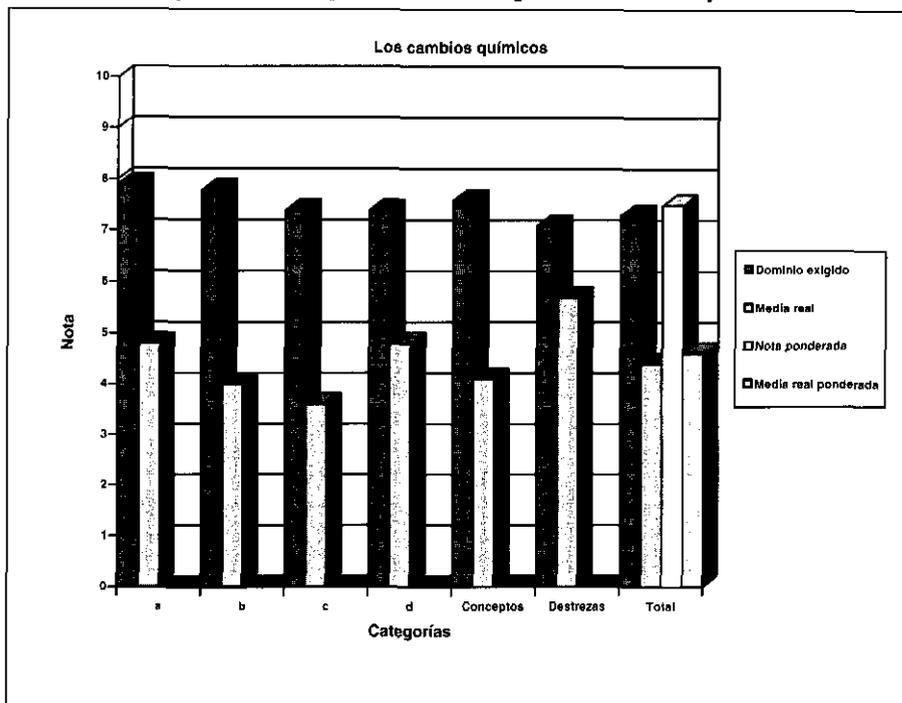
Cuando los profesores asignan esos valores a la relevancia y al grado de dominio, es lógico pensar que están manifestando el peso que dan en sus clases a los conceptos y procedimientos implicados, lo cual tendría que reflejarse en lo que los alumnos aprenden. El hecho de que la diferencia entre esa media real ponderada y la nota ponderada sea tan elevada, hace pensar que los alumnos no alcanzan los objetivos previstos, tal como desean los profesores. La necesidad de disminuir el nivel de dominio exigido y de cambiar las estrategias instructivas utilizadas queda patente.

Tabla 3.17. **Prueba "Los cambios químicos"**

Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva- lente	(c) Relevancia Proporción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponderada
CATEGORÍAS						
a) Comprensión concepto de concentración	78.5	7.9	.230	1.8	4.8	1.10
b) Comprensión principio de conservación materia	77.5	7.8	.210	1.6	4.0	.84
c) Comprensión principio de conservación energía	74.2	7.4	.186	1.4	3.6	.67
d) Conocimiento simbología científica	73.8	7.4	.190	1.4	4.8	.91
Esquema conceptual	76.0	7.6	.815	6.2	4.1	3.5
e) Destrezas científicas de razonamiento	70.7	7.1	.185	1.3	5.7	1.1
PRUEBA COMPLETA	72.5	7.3		7.5	4.4	4.6

Figura 3.5. Comparación de los perfiles criterio y real



3.4.3.5. Cambios Conceptuales

Debido a que en la prueba de diagnóstico inicial no había cuestiones relativas a este bloque de contenidos (la distinción entre cambios físicos y químicos se incluyó en el bloque anterior para clasificar los diferentes tipos de sustancias), no se puede estudiar estrictamente el cambio conceptual de los alumnos. En cambio, si que se realiza una evaluación de tareas que implican capacidades de razonamiento análogas, como son el razonamiento proporcional y la interpretación de gráficos. Ya que se trata de tareas análogas pero en contextos muy diferentes (experiencias cotidianas frente a cálculo de concentraciones en el razonamiento proporcional; reconocimiento de un gráfico lineal frente a interpretación de gráficos no lineales), se ha realizado un estudio de correlación entre las respuestas iniciales y finales.

En este caso, el tamaño de la muestra se reduce a 114 alumnos y no se obtiene ninguna correlación significativa. La correlación superior (.21) se da entre la tarea 13 de la prueba de diagnóstico inicial (tarea de las probetas, Anexo 1.1) y la tarea 1c de la prueba actual, que exige calcular el volumen de disolución necesario para conseguir una masa determinada de soluto. En cambio, se produce un aumento importante en el número de respuestas correctas, del 35 al 53%, en las tareas que requieren razonamiento proporcional (aunque una tercera parte de los alumnos utiliza la regla de tres) y del 54 al 86% en las tareas de interpretación de gráficos. Estos resultados hay que tomarlos con cautela debido a lo reducido de la muestra y a

que solo se aplicó en un centro. El hecho de que la correlación sea baja, aunque haya aumentado el número de respuestas correctas, señala la influencia del contexto. La prueba de diagnóstico inicial, al no basarse en contenidos previamente estudiados parece haber exigido, a pesar de su contexto cotidiano, una capacidad de razonamiento mayor que la tarea planteada en el contexto académico (resultados ya encontrados en otros estudios, Pérez de Landazábal, 1993).

3.4.3.6. **Implicaciones didácticas**

Los resultados siguen reforzando las conclusiones de las pruebas anteriores:

- Como sucedía con el concepto de densidad, el concepto de concentración resulta difícil para los alumnos. Además de las dificultades en el razonamiento proporcional, que les impide determinar las masas de soluto o el volumen de disolución para una concentración dada, hay un 24% de alumnos que afirma que la concentración disminuye si se toma un volumen inferior a 1 litro. Por lo tanto, no parece ser un concepto apropiado para estos niveles de edad.
- Los alumnos parecen aplicar sin dificultad el principio de conservación de la materia cuando las tareas se presentan en el contexto que ellos esperan (imagen experimental en la tarea 4 y ecuaciones químicas en la tarea 10) o, incluso, la aplican rutinariamente sin analizar la situación (oxidación del hierro a la intemperie en la tarea 5). En cambio, tienen problemas cuando se plantea en otros contextos, en los que no se dan cuenta de que ***“es un problema de aplicación del principio de conservación de la materia”*** (caso en el que han de inferir qué tipo de átomos tiene un trozo de azúcar a partir de los productos de su calentamiento; aunque esta conclusión se debe tomar con la reserva correspondiente, por tratarse de una tarea abierta en la que pueden existir problemas de interpretación del enunciado).
- No se puede dar por supuesto que todos los alumnos comprenden de forma significativa la simbología de las ecuaciones químicas, puesto que la mitad de los alumnos de la muestra evaluada tiene dificultades en reconocer el sentido de los coeficientes y subíndices de las mismas y también en traducirlas a un diagrama molecular. En nuestra opinión, estos problemas podrían solucionarse utilizando en el aula actividades análogas a la tarea 6, que obligasen al alumno a representar de forma gráfica la disposición de los átomos y moléculas de las fórmulas y ecuaciones químicas estudiadas.
- El escaso reconocimiento de si las reacciones químicas cotidianas necesitan o desprenden energía y de la relación entre los procesos vitales en los seres vivos con las reacciones químicas, parece apuntar que estos temas no se consideran importantes y no se han tratado en los grupos en que se han aplicado las pruebas. Puede concluirse que los profesores se centran más en los contenidos conceptuales que en estos contenidos que implican un enfoque Ciencia - Tecnología - Sociedad, los cuales podrían resultar más motivadores para los alumnos.

3.5. EVALUACIÓN SOBRE "ELECTRICIDAD"

3.5.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Los contenidos del D.C.B. (M.E.C., 1989) para el bloque de "**ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO**" incluyen el estudio de los fenómenos de electrización, llegando al establecimiento de la ley de Coulomb para las interacciones electrostáticas, las transformaciones energéticas que se producen en un circuito eléctrico y la relación diferencia de potencial e intensidad, el tratamiento cualitativo de los efectos magnéticos de la corriente y, por último, las normas de seguridad sobre la utilización de la electricidad. El primer diseño contenía un total de cuarenta y cuatro preguntas que abarcaban los dos primeros temas: interacciones electrostáticas y circuitos eléctricos. Pero, tras consultar con los profesores de los centros donde se iban a aplicar las pruebas, se eliminaron todas las tareas relativas a los fenómenos electrostáticos porque, en muchos casos, interacciones electrostáticas e interacciones gravitatorias se tratan conjuntamente en los contenidos de Física del curso 4º.

El supuesto de partida es que, durante el primer ciclo de la ESO los alumnos ya han estudiado los circuitos de forma cualitativa (Alonso Tapia y Pérez de Landazábal, 1997) y, por tanto, ya son capaces de responder preguntas como las siguientes :

- ¿Por qué lucen las bombillas?
- ¿Por qué funcionan los aparatos cuando se conectan a un enchufe?
- ¿Por qué la corriente eléctrica unas veces produce luz, otras calor y otras movimiento (motores)?
- ¿Por qué, si se rompe un cable eléctrico, dejan de funcionar los aparatos conectados al mismo?
- ¿Por qué las pilas producen corriente eléctrica?
- ¿Por qué se gastan las pilas?

Con esta base, se considera que el tratamiento de los circuitos eléctricos en este curso puede alcanzar un nivel más formal, de modo que el alumno sea capaz de explicar los fenómenos eléctricos a partir de las cargas eléctricas, relacionando éstas con los electrones del modelo atómico que se ha desarrollado en los bloques anteriores. Todo ello sin abandonar las amplias implicaciones tecnológicas que tiene la electricidad en la vida cotidiana del alumno, para aprovechar todas las posibilidades de motivación que presenta el tema (Oldham y otros, 1986; Solomon y otros, 1987). La reorganización conceptual que se pretende que elaboren los alumnos ya se ha presentado en el Mapa 3 de la Figura 3.1.(C) del apartado 3.3.1. Los fenómenos eléctricos se han clasificado, como es tradicional, en electrostáticos y electrocinéticos, según estudien el comportamiento de las cargas eléctricas en reposo o en movimiento.

El alumno debería llegar a ser capaz de explicar el comportamiento de las cargas eléctricas en reposo en los tres tipos de fenómenos de electrización a partir del principio de conservación de la carga eléctrica (tomando como base el modelo atómico de Rutherford y la igualdad del número de protones y de electrones) y de las fuerzas atractivas y repulsivas puestas de manifiesto en las experiencias de electrización.

El que se llegue a establecer la ley de Coulomb o no, no tiene por qué interferir el tratamiento de la segunda parte del tema, que se plantea desde el punto de vista de las condiciones necesarias para que las cargas se muevan, es decir, para que la corriente eléctrica circule: Necesidad de un circuito cerrado y de una fuente que suministre la energía necesaria para que las cargas se muevan. La fuerza electromotriz (asimilable, en estos niveles, con la tensión eléctrica o el voltaje) caracteriza la fuente que suministra la energía, razón por la cuál es una magnitud física relacionada con la energía. El circuito eléctrico viene caracterizado por los elementos constituyentes; en cuanto se cambia uno de esos elementos, cambia el circuito y, por tanto, la "resistencia" u oposición que el circuito presenta al movimiento de las cargas. Por lo tanto, el valor de la intensidad de la corriente eléctrica en el circuito depende de las características de la fuente y del circuito. Un planteamiento de este tipo puede ayudar a que el alumno conceptualice que la tensión eléctrica es la **causa** de la corriente eléctrica y no **consecuencia** de la misma (Dupin y Joshua, 1987). Estos autores señalan que el proceso cognitivo del alumno parece evolucionar en varias etapas que son: 1) El generador suministra una corriente constante; la tensión se considera variable o no se usa. 2) El generador suministra una tensión constante. 3) La corriente que circula depende del circuito. 4) Capacidad para coordinar las etapas 2 y 3, lo cual permite la puesta en acción del modelo científico. Los resultados obtenidos en la prueba de diagnóstico confirman las dificultades de nuestros alumnos con la relación voltaje - intensidad: Solo un 23% de los alumnos de la muestra piensa que hay voltaje en la pila aunque no circule la corriente. A pesar de estos resultados y de las dificultades que encuentran los alumnos para construir el concepto de voltaje, diversos autores lo consideran un concepto primario en un proceso de enseñanza que pretende introducir los conceptos eléctricos (Psillos y otros, 1988).

Por otro lado, al resaltar el papel de los elementos constituyentes del circuito, se trata de evitar que los alumnos utilicen un razonamiento secuencial en el estudio de los circuitos (Closset, 1983; Viennot, 1989). Los alumnos no analizan un circuito eléctrico como un conjunto de elementos que interaccionan entre sí, sino que realizan un análisis local del mismo: Un elemento no modifica la corriente que entra en él, solamente afecta a la que sale de él. Viennot, utilizando circuitos con diversos tipos de elementos (bombillas, condensadores, bobinas, diodos, etc.) ha encontrado este tipo de razonamiento hasta en más del 30% de una muestra de estudiantes universitarios. Como consecuencia de este tipo de razonamiento, los alumnos consideran que la intensidad de la corriente disminuye a lo largo del circuito (modelo de "gasto" encontrado en un 58% de los alumnos que realizaron la prueba previa). Si, además de resaltar que la corriente que circula por un circuito depende de **todos** los elementos instalados en el mismo (y no del orden en que se encuentren), se insiste en las transformaciones energéticas que se producen en el mismo (energía térmica o calorífica en los resistores, energía luminosa y térmica en las bombillas, energía mecánica en los motores, etc.) se puede encauzar la idea preconcebida de los alumnos de que algo se "gasta" en un circuito (Osborne, 1981). Así, de nuevo, es posible destacar la aplicación del principio de conservación de la energía en un área diferente de la Ciencia lo que permite enlazar con el bloque correspondiente, independientemente de que se trate en este curso o en el siguiente. La meta sería que el alumno llegara a conceptualizar la intensidad de corriente como una explicación del modo en que se transporta la energía en el circuito (Härtel, 1982), lo cual facilitaría la definición del concepto de voltaje como la energía transformada en cada elemento del circuito por unidad de carga (Shipstone, 1984).

Por último, la reorganización conceptual propuesta en el mapa termina con el establecimiento de la ley de Ohm, que puede efectuarse de forma experimental para luego analizarla como *otra forma* de expresar el principio de conservación de la energía. Este desarrollo a partir de experimentos resulta muy importante porque permite que el alumno se familiarice con diseños experimentales, estableciendo las variables dependiente, independiente y el control de variables correspondiente, realice medidas, construya e interprete tablas y gráficos, infiera relaciones entre variables etc. Se considera fundamental desde el punto de vista del desarrollo de destrezas científicas de razonamiento; pero, no tanto, si el alumno se limita a la memorización de una fórmula. Si el alumno se "**aprende**" (rutinariamente) que $V = I \cdot R$, se refuerza en sus esquemas alternativos que la tensión es consecuencia de la corriente y que al aumentar la resistencia se incrementa el voltaje, sin que reflexione sobre el hecho de que, al variarse las características del circuito, ha variado la intensidad de corriente que circula por el mismo.

3.5.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El diseño final de la prueba consta de 16 tareas que, como en las otras evaluaciones, van graduando su dificultad desde las primeras que solo requieren la comprensión simple de conceptos presentados de forma verbal, hasta llegar a la resolución de problemas, bien en circuitos sencillos, bien en situaciones de la vida cotidiana. Por último se presentan las tareas relacionadas con la evaluación de las destrezas científicas de razonamiento. En resumen, las tareas se centran en la evaluación de:

- La comprensión de los conceptos de intensidad de corriente y voltaje, incluido el reconocimiento de que el voltaje es la causa de la corriente.
- La asimilación del concepto de conservación de la corriente eléctrica a lo largo de un circuito con pilas y lámparas.
- La aplicación del principio de conservación en las transferencias de energía que tienen lugar en un circuito.
- La elección del aparato y el montaje adecuado para medir la intensidad y el voltaje.
- La traducción de un montaje eléctrico a un esquema simbólico.
- La comprensión de las características de un diseño experimental.
- La distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas.
- La capacidad de comprensión de un texto científico.

Todo ello queda recogido en la tabla de objetivos del Cuadro 3.16.

Como puede verse en la prueba, presentada en el Anexo 1.4, aunque no se evalúan contenidos relativos a los fenómenos electrostáticos o electromagnéticos, se han utilizado fenómenos electrostáticos para la distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas y para evaluar la comprensión se ha elegido un texto que se refiere al desarrollo del Electromagnetismo.

A continuación se presentan con más detalle alguna de las tareas.

Cuadro 3.16. **Objetivos evaluados en "Electricidad"**

Conocimientos declarativos

- Distingue los objetos reales (cables, resistores, lámparas, etc.) de los conceptos teóricos (cargas eléctricas positivas y negativas, electrones, etc.) tanto en fenómenos electrostáticos como en circuitos eléctricos.
- Da explicaciones sobre la corriente eléctrica que manifiestan la comprensión de la misma como un movimiento de las cargas eléctricas que se encuentran en los elementos del circuito.
- En montajes con pilas y lámparas diferencia los conceptos de carga eléctrica, intensidad de corriente y voltaje, reconociendo que el voltaje es la causa de la corriente eléctrica (y no a la inversa).
- Reconoce la conservación de la corriente eléctrica a lo largo de un circuito con pilas y lámparas (Principio de conservación de la carga eléctrica).

Habilidades procedimentales

- Reconoce en un esquema los diferentes elementos de un circuito eléctrico.
- Reconoce la necesidad de un circuito cerrado para la circulación de la corriente eléctrica.
- Elige el aparato de medida y el montaje adecuado para conocer la intensidad y el voltaje en los componentes de un circuito.
- Traduce correctamente un montaje eléctrico cotidiano y real a un esquema simbólico.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Discrimina entre observaciones experimentales e interpretaciones teóricas tanto en fenómenos electrostáticos como en circuitos eléctricos.
- En la resolución de circuitos eléctricos utiliza un razonamiento global y no local o secuencial, aplicando correctamente los principios de conservación de la carga y de la energía.
- Aplica correctamente la ley de Ohm en la resolución de circuitos simples con resistores y lámparas.
- Reconoce el significado físico de las magnitudes potencia y voltaje señalados en electrodomésticos y lámparas.
- Reconoce las características, ventajas e inconvenientes de los montajes en serie y en paralelo.
- Es capaz de explicar los efectos térmicos, luminosos y mecánicos de la corriente eléctrica, aplicando el principio de conservación a las transformaciones energéticas producidas en los diferentes componentes del circuito.
- En un diseño experimental que pretende estudiar la influencia de los diferentes factores en la intensidad de la corriente, identifica las magnitudes físicas correspondientes a la variable dependiente e independiente, así como las variables que es preciso controlar.
- A partir de tablas de datos y gráficos experimentales, es capaz de inferir relaciones entre variables eléctricas.

Actitudes

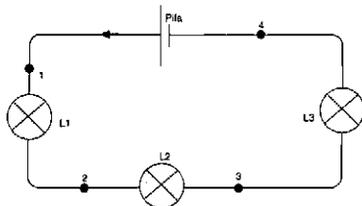
- Reconoce la importancia de los modelos atómicos para explicar los fenómenos electrostáticos y electrocinéticos.
- Valora adecuadamente la importancia de la electricidad para la calidad de vida y el desarrollo tecnológico.
- Valora la importancia de la intensidad de la corriente en el riesgo de electrocución de una persona.
- Valora el esfuerzo conjunto de los científicos en el desarrollo del Electromagnetismo.

Inferencia y predicción de fenómenos

Para medir si el proceso de enseñanza - aprendizaje ha producido algún cambio conceptual en el modelo de corriente eléctrica construido por el alumno, se propone la tarea presentada en el Cuadro 3.17. En este caso, el contexto es más complejo que el de la prueba previa e implica tres lámparas en lugar de una. Este tipo de tareas (Hierrezuelo y otros, 1993) permite determinar, mejor que un circuito simple con una lámpara, si los alumnos consideran que cada elemento del circuito modifica solo la corriente que entra en él o si afecta a todo el sistema.

Cuadro 3.17. **Tarea utilizada para explorar el modelo de corriente de los alumnos**

Las lámparas **L1**, **L2** y **L3** de la figura siguiente son idénticas:



Rodea con un círculo la contestación correcta en cada uno de los casos

- | | | | |
|---|----|----|----------|
| a) La intensidad de la corriente que circula por los puntos 1 , 2 , 3 y 4 es la misma. | SÍ | NO | NO LO SÉ |
| b) La intensidad de la corriente es mayor en el punto 1 que en el 2 , en el 2 mayor que en el 3 y en el 3 mayor que en el 4 . | SÍ | NO | NO LO SÉ |
| c) Las lámparas L1 , L2 y L3 brillan por igual. | SÍ | NO | NO LO SÉ |
| d) La lámpara L1 brilla más que la L2 y la lámpara L2 brilla más que la L3 . | SÍ | NO | NO LO SÉ |

La gran dificultad encontrada por los alumnos en la tarea de la prueba de diagnóstico inicial que exige distinguir en qué circuito hay voltaje o intensidad de corriente (tarea 10 del Anexo 1.1), aconsejó plantearla de nuevo para comprobar si se ha producido algún cambio conceptual sobre la relación causa - efecto entre voltaje e intensidad de corriente. Con el mismo objetivo y buscando explorar, también, si los alumnos relacionan lo estudiado en el aula con su vida cotidiana, se plantea la tarea presentada en el Cuadro 3.18.

Cuadro 3.18. **Tarea para evaluar la relación causa - efecto entre voltaje y corriente en contexto cotidiano.**

Los enchufes de nuestra casa suministran:

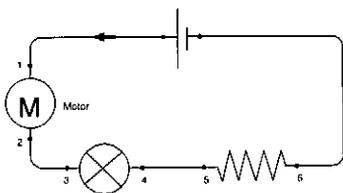
- Una intensidad de corriente constante, es decir, independiente del aparato que se conecte.
- Un voltaje próximo al contratado, independientemente del aparato que se conecte.
- Una potencia eléctrica constante, es decir, independiente del aparato que se conecte.

Comprensión y aplicación de conceptos

Para evaluar si el alumno ha construido una representación que relaciona el voltaje con la energía, se le plantea una tarea en la que debe determinar las transformaciones energéticas que tienen lugar en un circuito a partir de las diferencias de potencial entre los extremos de los diferentes elementos instalados en el mismo, aplicando el principio de conservación de la energía (Cuadro 3.19).

Cuadro 3.19. Tarea para evaluar la comprensión de la relación entre voltaje y energía

Si en el circuito de la figura siguiente circula una intensidad de corriente de 0,5 A durante 60 segundos, completa las frases siguientes señalando el tipo de transformación energética que se produce en cada elemento del circuito y los julios transformados, suponiendo que no hay pérdidas:



Diferencia de potencial entre los extremos del motor (puntos 1 y 2) = 6V.

Diferencia de potencial entre los extremos de la lámpara (puntos 3 y 4) = 3V

Diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia (puntos 5 y 6) = 3V

El motor transforma julios de energía en energía La lámpara transforma julios de energía en energía En el resistor julios de energía se transforman en energía Por tanto, la pila tiene que transformar julios de energía en energía verificándose el principio de de la

Otra tarea pretende evaluar la comprensión de las magnitudes eléctricas en contexto cotidiano y se refiere a los voltajes aplicados y las potencias suministradas por diferentes tipos de bombillas (Cuadro 3.20).

Conocimiento de los esquemas eléctricos y del montaje de aparatos

Dada la naturaleza eminentemente experimental de este área de la Física, se plantean dos tareas para evaluar si los alumnos dominan la representación de los circuitos eléctricos. La primera, totalmente escolar, requiere reconocer el montaje adecuado de amperímetros y voltímetros y se presenta en el Cuadro 3.21. La segunda, tomada del libro de Ciencias de la Naturaleza de Elzevir (J. Hierrezuelo, ed., 1993), supone reconocer cuál es el tipo de circuito conveniente para que, al fundirse una lámpara, no influya en el funcionamiento del resto de los aparatos de la casa, así como traducirlo al esquema correspondiente (Tarea 9 de la prueba, Anexo 1.4).

Cuadro 3.20. Tarea para evaluar la relación tensión - potencia en contexto cotidiano

Disponemos de dos lámparas con los siguientes datos: Lámpara 1: 125 V, 40 W
Lámpara 2: 220 V, 60 W

a) ¿Qué sucede si las enchufamos a 125 V?

	¿Se funde?		¿Potencia?
Lámpara 1	SI	NO	40 W - Más de 40 W - Menos de 40 W
Lámpara 2	SI	NO	60 W - Más de 60 W - Menos de 60 W

b) ¿Qué sucede si las enchufamos a 220 V?

	¿Se funde?		¿Potencia?
Lámpara 1	SI	NO	40 W - Más de 40 W - Menos de 40 W
Lámpara 2	SI	NO	60 W - Más de 60 W - Menos de 60 W

Destrezas científicas de razonamiento

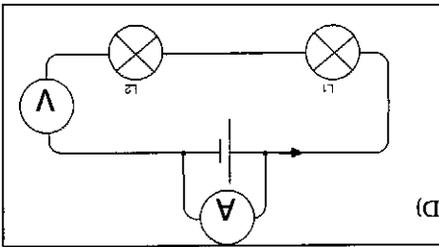
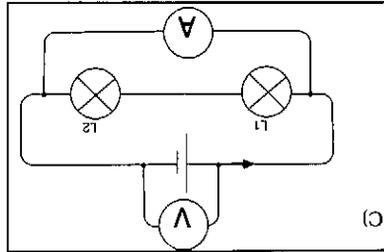
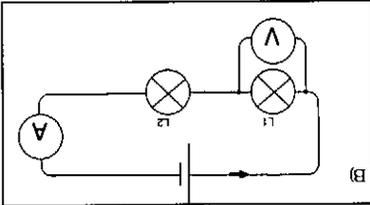
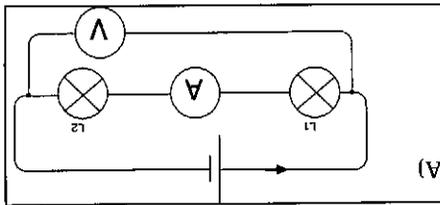
Por último se proponen una serie de tareas que evalúan destrezas de razonamiento. Son similares a las presentadas en la prueba de diagnóstico inicial y pretenden determinar si el alumno ha experimentado alguna evolución en dichas destrezas. Por ello las tareas 10 y 11 proponen un diseño experimental, en el cual deben reconocer las variables dependiente e independiente; la tarea 12 requiere realizar un control de variables y la tarea 13 una interpretación de gráficos, reconociendo cuál implica una relación de proporción directa. En este caso todas las tareas se refieren a la relación entre voltaje e intensidad de corriente, mientras en la prueba inicial, el diseño experimental se refería a un problema de calentamiento (tareas 16, 17 y 18 de la prueba del Anexo 1.1) y el gráfico se refería al alargamiento de un muelle.

Del mismo modo, para comprobar si ha habido una evolución en la distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas (tarea 19 de la prueba inicial, relativa a la constitución y comportamiento de sólidos, líquidos y gases), la tarea 14 de esta prueba (Anexo 1.4) exige discernir entre observaciones e interpretaciones teóricas en una serie de afirmaciones sobre fenómenos electrostáticos y electrocinéticos.

La última tarea propone una serie de afirmaciones relativas a la comprensión de un texto de Isaac Asimov sobre los trabajos de Faraday con las que el alumno debe señalar su acuerdo o disconformidad.

Cuadro 3.21. Tarea para evaluar el conocimiento de los esquemas eléctricos

Entre los montajes siguientes, señala cuál nos permite medir:



a) La diferencia de potencial entre los extremos de la pila y la intensidad de corriente que circula por ella.

b) La diferencia de potencial entre los extremos de la lámpara **L1** y la intensidad de corriente que circula por ella.

c) Justifica las opciones elegidas en las preguntas anteriores completando las frases siguientes con los términos: Serie - Paralelo - Intensidad de corriente - Voltaje o diferencia de potencial - Grande - Pequeña - Toda - Muy poca

El amperímetro mide y se monta en porque por él ha de pasar la corriente y por ello tiene una resistencia muy El voltímetro mide y se monta en porque por él ha de pasar la corriente y por ello tiene una resistencia muy

3.5.2.1. Validación social del contenido de la prueba

El protocolo para la valoración de la prueba ha sido respondido por cinco profesores. Los resultados de esta valoración se presentan en la Tabla 3.18. La discrepancia entre los expertos es menor que en las otras pruebas, sobre todo en relevancia y dificultad de lectura (coeficientes de concordancia de Kendall de 0,45 y 0,40, respectivamente), siendo menores, pero todavía significativa, en los grados de dominio e indicador de la validez.

La prueba en su conjunto es considerada bastante relevante (con un valor medio de 3,8, que equivale al 76% del máximo posible) y únicamente queda por debajo de

la media la tarea 15, relativa a la comprensión de un texto científico. Seis tareas presentan una relevancia media por encima del 4: las tareas 4 (conservación de la corriente en un circuito, con un valor de 4.7), 9 (traducción de un montaje en contexto cotidiano a su esquema simbólico, con 4.5), 8 (comprensión del voltaje y la potencia de una lámpara), 10 (variable dependiente del diseño experimental), la 13 (interpretación del gráfico) y 16 (seguridad en el uso de la electricidad).

El grado de dominio medio exigido en la prueba resulta ser del 71%, aunque en este caso la discrepancia es mayor, tanto entre profesores como entre tareas. Cinco tareas superan el 74%: las 2, 3, 4, 5, 8 y 13. Salvo la tarea 13 de interpretación de un gráfico, las demás corresponden al esquema de comprensión conceptual. Como es habitual, en este trabajo y en el realizado anteriormente para el Primer Ciclo de la ESO, las tareas en las que se exige el menor grado de dominio son las relativas a destrezas y, muy especialmente, la relativa a la comprensión de un texto científico (52%) (tal vez, por considerarse de difícil lectura, como se indica a continuación).

En cuanto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta, por encima del 68%, salvo en las preguntas de verdadero - falso de la tarea 1(56%). A excepción de las tareas 14 y 15 (distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas y comprensión de un texto científico) que se consideran muy difíciles de lectura (4.0 y 4.4 sobre 5), la legibilidad de las tareas queda por debajo de 2.6 (inferior al valor medio).

Tabla 3.18. **Valoración de la prueba "Electricidad"**

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	3.7	0.6	70.0	15.5	56.0	8.0	2.4	0.5
2	3.8	0.4	76.0	15.0	74.0	7.3	1.8	0.7
3	3.7	0.4	74.0	8.0	68.0	31.2	2.0	1.1
4	4.7	0.4	83.0	11.7	87.0	16.6	2.2	1.5
5	3.7	0.4	74.0	12.0	80.0	0.0	2.6	0.8
6	3.3	0.9	71.0	13.6	79.0	13.6	2.2	1.6
7	3.9	0.7	72.0	11.7	73.8	1.9	1.8	1.0
8	4.1	0.6	78.0	16.0	82.0	11.7	2.0	0.9
9	4.5	0.6	67.0	31.1	78.0	19.4	2.2	1.2
10	4.2	0.7	68.0	24.0	79.0	2.0	2.6	1.4
11	3.8	0.4	69.0	25.0	79.0	2.0	2.2	1.2
12	3.8	0.4	70.0	25.3	78.0	4.0	2.4	1.4
13	4.0	0.0	78.0	19.4	74.0	8.0	2.2	1.2
14	3.5	0.4	64.0	25.8	78.0	14.7	4.0	0.9
15	2.2	1.0	52.0	24.0	68.0	16.0	4.4	0.5
16	4.1	0.2	72.0	19.4	72.0	11.7	1.6	0.8
Prueba	3.8	0.4	71.1	17.0	75.4	6.1	2.4	0.8

No ha sido posible aplicar esta prueba en los centros pues, en la mayoría, y a pesar de estar programado, no da tiempo a tratar el tema. Lo normal es que se trate en la clase de Tecnología pero, dada la diferencia de objetivos y metodologías de esta disciplina frente al planteamiento de la prueba, en la línea de cambio conceptual y de desarrollo de destrezas científicas de razonamiento, no se ha considerado conveniente aplicarla. En aquellos grupos en que se había tratado el tema, aunque brevemente, la necesidad de evaluarlo al final del curso, junto con otros contenidos de recuperación (lo cual sucedía con muchos alumnos), hizo que se desestimara la posibilidad de aplicación porque se producirían diferencias temporales muy importantes.

CAPÍTULO 4

UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA EL CURSO 4º DE LA E.S.O.

4.1. EVALUACIÓN INICIAL O PRUEBA DE DIAGNÓSTICO

4.1.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Como ya se ha señalado en el capítulo anterior, el primer paso de una evaluación que pretende diagnosticar las deficiencias conceptuales, procedimentales y de razonamiento del alumno para ayudarle a superarlas mediante el proceso de enseñanza - aprendizaje, es el diagnóstico de su situación inicial cuando llega al aula. Por ello, a partir del análisis de los contenidos y criterios de evaluación propuestos en el D.C.B. para el Segundo Ciclo de la ESO (M.E.C., 1989, 1992) y una vez construidos los Mapas Conceptuales correspondientes a los contenidos del 4º curso, "*Energía*" y "*Fuerza y movimiento*", la prueba de diagnóstico inicial correspondiente a este curso se enfocó, principalmente, en explorar las ideas previas de los alumnos sobre cuestiones como:

- ¿Qué es la energía?. ¿Qué es la fuerza?. ¿Es lo mismo hablar de fuerza que de energía?.
- ¿Qué significado tienen expresiones como "consumo de energía" o "crisis energética"?
- ¿Se destruye la energía en los diferentes procesos?. ¿Y se crea en otros?.
- Cuando una mesa de madera o un armario metálico se dejan a la intemperie en invierno, ¿como serán sus temperaturas finales?, ¿iguales?, ¿diferentes?, ¿absorberán o cederán energía a la atmósfera?. ¿Y si, en vez de invierno, fuese verano?.
- Cuando el grifo echa más y más agua caliente en la bañera, ¿el agua contenida en la bañera tiene cada vez más temperatura?, ¿tiene cada vez más energía?.
- Si se añade leche fría a un café caliente, ¿se sumarán sus temperaturas?, ¿se restarán sus temperaturas?, ¿cómo será la temperatura final?.
- Cuando el agua comienza a hervir en la cocina y se convierte en vapor de agua, ¿qué pasa si aumentamos el nivel de calentamiento?, ¿aumentará más deprisa la temperatura?, ¿se vaporizará más deprisa el agua?.
- Cuando dos coches se encuentran paralelamente en dos carriles de una autopista es porque ¿ocupan la misma posición?, ¿llevan la misma velocidad?, ¿llevan la misma aceleración?.
- ¿Es preciso aplicar una fuerza para que un cuerpo deje de estar en reposo?, ¿y para que se siga moviendo con velocidad uniforme?, ¿y para que adquiera una velocidad mayor a la que lleva?.

Todas estas preguntas quedan recogidas en forma de objetivos en la tabla del Cuadro 4.1. A continuación se describen brevemente las categorías principales de la prueba, que se incluye íntegra en el Anexo 1.5.

Cuadro 4.1. **Objetivos evaluados en la prueba de diagnóstico inicial del curso 4° de la ESO**

Conocimientos declarativos

- Dadas una serie de frases relativas a la energía, selecciona aquellas que emplean un lenguaje científicamente correcto.
- Explica, en ejemplos concretos, la compatibilidad entre el principio de conservación de la energía y el término popular "crisis energética".
- Reconoce la situación de equilibrio térmico entre objetos diferentes.
- En experiencias cotidianas de calentamiento de agua, reconoce la constancia de la temperatura durante el proceso de cambio de estado y su independencia de la cantidad de material y del nivel de calentamiento.
- En movimientos de subida y bajada de una pelota, reconoce la dirección de la fuerza resultante en los diferentes puntos de la trayectoria.

Habilidades procedimentales

- Utiliza el razonamiento proporcional.
- Dado un gráfico de calentamiento, es capaz de señalar aquellos tramos en que se produce variación de temperatura y aquellos en que varía la energía.
- Es capaz de reconocer un movimiento sencillo a partir de su gráfico posición-tiempo.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Demuestra de forma práctica la diferenciación de los conceptos de masa y volumen.
- Dada una serie de transferencias y transformaciones energéticas que se producen en situaciones cotidianas, es capaz de seleccionar, en base al principio de conservación de la energía, cuáles son posibles y cuáles no.
- Utiliza estrategias correctas - ni aditivas ni subtractivas - para determinar la temperatura final de la mezcla de cantidades iguales de agua a temperaturas diferentes.
- En ejemplos concretos de trayectorias de movimientos señaladas por rastros, distingue cuando los móviles ocupan la misma posición y llevan la misma velocidad.
- En situaciones concretas que requieren el empleo de fuerzas y de energía, pone de manifiesto que distingue ambos conceptos.
- Dada la descripción de una investigación y los datos obtenidos, identifica el gráfico que representa los datos.
- Dado un diseño experimental para una investigación, es capaz de identificar las magnitudes físicas correspondientes a la variable dependiente e independiente, así como las variables que es preciso controlar.
- Discrimina entre datos y conjeturas en la descripción de fenómenos referentes al comportamiento de sólidos, líquidos y gases.

4.1.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

En el área de la Física, existe un gran número de investigaciones sobre las ideas previas de los estudiantes respecto a conceptos como la energía, el calor, el movimiento y la relación entre fuerza y movimiento. Trabajos como los de Brook y Driver (1984), Driver y Warrington (1985), Duit (1983, 1986, 1987), Solomon (1983,

1985), Warren (1982) y Watts (1983a) sobre la energía son ya clásicos en la investigación didáctica; análogamente sucede con los estudios de Brook y otros (1984), Erickson (1979, 1980), Stavy y Berkovitz (1980) o Tiberghien (1983) sobre calor y, también, con los de Champagne y otros (1980), Clement (1982), McDermott (1984), Trowbridge y McDermott (1980, 1981), Viennot (1979), Watts (1983b), Watts y Zylbersztajn (1981) sobre Mecánica. Asimismo en España abundan los estudios con muestras de alumnos que abarcan desde la E.G.B. al C.O.U. y a Escuelas de Magisterio (Sebastiá, 1984; García Hourcade y Rodríguez de Avila, 1985; Macedo y Soussan, 1985; Carrascosa, 1987; Pozo, 1987; Hierrezuelo y Montero, 1988; Juncos y Pérez de Landazábal, 1989; Varela y otros, 1993). Por esta razón, en aquellos casos en los que ya existía una prueba diseñada para explorar la conceptualización del alumno, se ha optado por aplicar ésta, cuya validez ya había sido comprobada, en lugar de diseñar una prueba nueva.

4.1.2.1. **Conceptualización de la energía**

Según Watts (1983a) no existe ninguna discriminación en el uso de los términos fuerza, energía y potencia. Para los alumnos existen dos visiones de la energía: cuando se transfiere energía a un objeto, se trata como si fuera una fuerza; si es el objeto el que transfiere la energía, se considera como un ingrediente. Según Duit (1983), a pesar de la gran relación que existe para los alumnos entre fuerza y energía, dichas palabras no tienen el mismo significado pues, cuando se les pide que escriban términos asociados con la palabra **fuerza**, las respuestas más frecuentes se inclinan hacia las actividades físicas, la resistencia o el vigor físico, y no hacia la energía. En cuanto a la visión como ingrediente, Warren (1982) alega que esta visión materialista, como "**algo material que fluye**" de un cuerpo a otro, se produce por una introducción prematura del concepto a partir de su conservación; él es partidario de introducirla más adelante, a partir del trabajo mecánico, cuando el alumno razone formalmente. Este ha sido el enfoque tradicional del estudio de la energía y de su conservación, que ha demostrado no ser eficaz en el aspecto de proporcionar una idea global de la energía, sino que más bien restringe el concepto al campo de la Mecánica, provoca la confusión entre Fuerza, Trabajo y Energía y, además, no capacita a los estudiantes para aplicar el Principio de Conservación en situaciones variadas (Viennot, 1979; Driver y Warrington, 1985; Duit, 1983). Por otra parte, induce la idea de que el calor es algo que poseen los cuerpos, no diferenciando entre Energía interna y su transferencia. Tampoco resuelve el conflicto entre el Principio de Conservación y la Degradación de la Energía.

Aún después de haber recibido instrucción sobre la energía, los estudiantes no ven la necesidad de utilizar la conservación para la resolución de problemas (Duit, 1981; Driver y Warrington, 1985) y prefieren aplicar enfoques dinámicos. Para Black y Solomon (1983), la dificultad radica en integrar la conservación en su experiencia cotidiana debido al conflicto entre el uso científico de las palabras energía y conservación, y el significado que se les da en la vida diaria. Solomon (1985) sugiere que una posible solución sería la introducción simultánea del principio de conservación de la energía y de su degradación, al iniciar el estudio del tema energético.

Por tanto, en esta prueba de diagnóstico inicial, se plantean tres tareas: Una pregunta verdadero - falso para diagnosticar si el alumno mantiene una visión materialista de la energía (Tarea 2 del Anexo 1.5); otra cuestión de opción múltiple para explorar si asocia la "aparente desaparición" de energía en el enfriamiento de los

cuerpos con "pérdida" o con "disipación" de la energía (Tarea 3) y la prueba clásica de Brook y Driver (1984) del "cambio imposible" (Tarea 1, Cuadro 4.2). Esta última actividad ha resultado ser muy útil en otras investigaciones con alumnos españoles (Varela y otros, 1993) pues, no solo suministra información sobre si el alumno utiliza o no la conservación de la energía, sino también sobre aquellas transferencias energéticas que considera posibles o imposibles.

Cuadro 4.2. Tarea para explorar la aplicación del principio de conservación de la energía : "Cambio imposible" (Brook y Driver, 1984)

En la figura siguiente se presentan cuatro transformaciones energéticas:

<p>A)</p>  <p>BOMBILLA 100 J → 40 J energía eléctrica → energía (luz)</p>	<p>B)</p>  <p>RIFLE 200 J → 250 J energía (explosiva) → energía de bala en movimiento</p>
<p>C)</p>  <p>CENTRAL 280000 J → 70000 J energía (Combustible) → energía (eléctrica)</p>	<p>D)</p>  <p>ALTAVOZ 3 J → 0,5 J energía eléctrica → energía (sonido)</p>

Señala cuál de ellas **no se puede producir** justificando tu respuesta.

4.1.2.2. Conceptualización del calor y la temperatura

Erickson (1979), en su *inventario conceptual* de las ideas de los niños de 6 a 13 años sobre calor y temperatura, detecta una tendencia a percibir el calor como un fluido que se identifica en muchos casos con el aire o el vapor. La mayoría de los niños atribuyen al calor una propiedad aditiva - subtractiva donde la temperatura del objeto puede cambiarse añadiendo o sustrayendo calor del objeto. Solo los alumnos de 16 años comienzan a utilizar la energía para explicar lo que entienden por calor y a dar interpretaciones en términos de movimiento de partículas (Tiberghien, 1983). Aunque los alumnos estén familiarizados con el término temperatura desde los 12-13 años, el concepto está muy limitado y no se usa espontáneamente para describir las condiciones de un objeto (Erickson, 1979, 1980; Erickson y Tiberghien, 1985). La temperatura de un objeto se construye, frecuentemente, como resultado de la mezcla de "calor" y "frío" que posee el cuerpo. Este "criterio de cantidad" puede ser la raíz de la confusión entre calor y temperatura ("cantidad" e "intensidad"), existente en las mentes de muchos niños y de algunos adultos. Strauss y Stavy (1983) han encontrado que el gráfico del comportamiento de los alumnos presenta una variación en forma de U: Ante el problema de mezclas de agua fría a la misma temperatura, los niños más pequeños, incapaces de cuantificar, responden, intuitivamente, de forma correcta. De 5 a 8 años aplican un razonamiento parcialmente cuantificado y afirman que **"la mezcla es el doble de fría pues hay el doble de agua"**. A los 12 años son ya capaces de discernir el carácter intensivo de la temperatura frente al carácter extensivo de la energía y aplican la aditividad y la no-aditividad de forma apropiada. De todas formas, para los alumnos la temperatura tiene la característica de medir el calor (Tiberghien,

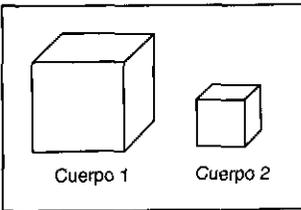
1983), por lo que, ante una tarea de determinación cuantitativa de la temperatura intermedia, incluso alumnos de 16 años utilizan estrategias aditivas o substractivas (reconocen que la temperatura final está comprendida entre las temperaturas iniciales) con la misma frecuencia que la estrategia correcta.

Otro concepto conflictivo para el alumno es el de equilibrio térmico. Erickson y Tiberghien (1985) señalan que, a pesar de la enseñanza, los alumnos tienen dificultades para reconocer la igualdad de temperaturas de objetos en contacto prolongado. Su razonamiento se basa en la convicción de que hay sustancias (agua) que se calientan y otras (arena) que no (Brook y otros, 1984), al igual que hay materiales calientes en sí (madera) o fríos en sí (metal), pero no consideran la influencia de la temperatura ambiente. Estos mismos resultados se han encontrado también en alumnos españoles y de habla hispana (García Hourcade y Rodríguez de Avila, 1985; Macedo y Soussan, 1985; Pérez de Landazábal y otros, 1991).

Para explorar las ideas del alumno sobre el carácter intensivo - extensivo de la temperatura y de la energía se han planteado dos tareas. En el Cuadro 4.3 se presenta la prueba planteada para explorar el tipo de conceptualización que ha realizado el alumno sobre el equilibrio térmico y la tarea 5 (Anexo 1.5) trata de detectar las estrategias utilizadas por los alumnos para determinar la temperatura final de una mezcla de agua a diferentes temperaturas (asignación de un carácter extensivo o intensivo a la temperatura). Por último se plantea una tarea relativa al comportamiento de la temperatura en los cambios de estado (ebullición del agua, Tarea 6). Para los alumnos resulta más difícil comprender que los puntos de fusión y ebullición son independientes del ritmo de calentamiento que comprender su independencia del volumen calentado. Para un 25% de alumnos en las edades de 12 a 15 años, la temperatura de ebullición aumenta con el tiempo de calentamiento y el porcentaje llega a superar el 50% cuando se plantea un incremento del nivel de calentamiento (Andersson, 1979). El número de alumnos que señala la ebullición como causa de la constancia a 100 °C no llega al 13%.

Cuadro 4.3. Tarea para explorar la conceptualización del equilibrio térmico

Los dos cuerpos de hierro **1** y **2** de la figura acaban de salir de un horno a 200°C en el que han permanecido mucho tiempo:



El cuerpo 1 tiene una temperatura	MAYOR	IGUAL	MENOR que el cuerpo 2.
El cuerpo 1 tiene una energía	MAYOR	IGUAL	MENOR que el cuerpo 2.

4.1.2.3. **Conceptualización de los fenómenos dinámicos**

Dentro del amplio marco de ideas alternativas que se pueden explorar en el campo de la dinámica, la prueba se ha centrado en: 1) Conceptualización de posición y velocidad; 2) Diferenciación de los conceptos físicos de fuerza y energía, y 3) Modelo conceptual elaborado por el alumno sobre la relación entre fuerza y movimiento.

- 1) Existe una gran confusión entre las diferentes magnitudes cinemáticas, en especial, entre los conceptos de posición y velocidad (Trowbridge y McDermott, 1981). Un 30% de los alumnos del curso de Introducción a la Física en la Universidad encuestados por Halloun y Hestenes (1985) piensa que cuando dos partículas ocupan simultáneamente la misma posición tienen la misma velocidad, aunque estuvieran moviéndose con velocidades diferentes. Otros asocian el ir delante con llevar mayor velocidad (Trowbridge y McDermott, 1981). No hay que olvidar que la velocidad es función de dos variables, posición y tiempo, y esto plantea dificultades a los alumnos que todavía no han alcanzado el nivel de operaciones concretas. Hasta que el adolescente no tenga la capacidad de considerar simultáneamente el efecto de ambas variables no será capaz de comprender el concepto de velocidad (Hierrezuelo y Montero, 1988). La tarea planteada para explorar si los alumnos piensan que cuando dos partículas ocupan simultáneamente la misma posición tienen la misma velocidad, es la propuesta por Halloun y Hestenes (1985) (Tarea 8 del Anexo 1.5).
- 2) Al hablar sobre la conceptualización de la energía, ya se ha señalado como diversos investigadores apuntan la frecuente confusión entre fuerza y energía. Bliss, Morrison y Ogborn (1988) encuentran que, más de un 45% de los alumnos de Enseñanza Secundaria no es capaz de aplicar la definición física de energía y trabajo en una tarea que requiere evaluar la cantidad de energía necesaria para subir un peso por rampas de pendientes diferentes: consideran que el trabajo realizado es menor cuando el esfuerzo físico es menor (pendiente menor), despreciando la distancia recorrida en la rampa. Hierrezuelo y Montero (1988) utilizan una prueba semejante para comparar el cambio conceptual entre grupos de 2º de BUP que siguen diferentes métodos de enseñanza, encontrando que un 36% de los alumnos de enseñanza expositiva muestran la misma confusión entre fuerza (en el sentido de esfuerzo físico) y energía encontrada por los autores anteriores. En esta prueba, se utiliza la tarea propuesta por Hierrezuelo y Montero (1988) que, además de evaluar la cantidad de energía, requiere evaluar la intensidad de la fuerza (Tareas 10 y 11).
- 3) Aunque dentro del campo de las preconcepciones sobre la relación entre fuerza y movimiento aparecen distintos aspectos, en términos generales se puede decir que **los alumnos utilizan una serie de esquemas muy coherentes entre sí y que constituyen un sistema alternativo a la interpretación newtoniana del movimiento.**

El movimiento uniforme requiere una fuerza constante: Para los alumnos reposo y movimiento uniforme son situaciones dinámicamente diferentes dado que su experiencia cotidiana les dice que para mantener un cuerpo en movimiento hay que aplicarle una fuerza constante: *"la situación natural de un cuerpo es el*

reposo y si se mueve es porque existe una causa para ello". Esta experiencia se incorpora al marco conceptual del alumno y es muy persistente al cambio. McDermott (1984), Lawson (1984), Gunstone y Watts (Driver y otros, 1985) citan numerosas investigaciones que corroboran la existencia de estas ideas intuitivas en alumnos de diferentes países y diferentes niveles educativos.

La fuerza varía con la velocidad: Champagne y otros (1980) detectan otro aspecto del problema: Los alumnos consideran que bajo fuerza constante, el objeto se mueve a velocidad constante (la velocidad es proporcional a la fuerza) y para conseguir una aceleración es preciso un aumento de las fuerzas. Sebastián (1984), Carrascosa (1987) y Acevedo (1989) han detectado estas ideas en estudiantes españoles. Valera y otros (1983) encuentran que un 22% de los estudiantes de 2º B.U.P. relacionan la fuerza con la velocidad en lugar de hacerlo con la aceleración. Cuando las preguntas se plantean en forma algebraica (dando la ecuación del movimiento), los estudiantes asocian muy bien la fuerza con la aceleración y no con la velocidad. Este hecho enmascara, generalmente, el problema de la asimilación de estos conceptos en el aula.

El movimiento se produce en la dirección de la fuerza: Diversos autores han utilizado la prueba diseñada por Watts y Zylbersztajn (1981) para analizar el tipo de relación fuerza-movimiento que mantienen sus estudiantes. Esta prueba ha sido también utilizada en esta investigación y se presenta en el Cuadro 4.4. Watts y Zylbersztajn (1981) encuentran que un 85% de una muestra de 125 alumnos de 14 años señala que la piedra lanzada hacia arriba posee una fuerza ascendente. Osborne y Freyberg (1985) encuentran que menos del 22% de una muestra de 800 alumnos, entre 13 y 17 años, mantiene el punto de vista newtoniano; incluso los estudiantes de Física de 17 años eligen siempre una fuerza en la dirección del movimiento. Clement (1982), Halloun y Hestenes (1985) realizaron estudios con alumnos universitarios, encontrando que la idea pre-científica de que **"cada movimiento tiene una causa"** es resistente al cambio, especialmente si el movimiento se realiza con una fuerza en oposición, en cuyo caso se inventan una fuerza en la dirección del movimiento que supere la fuerza opositora. Esta idea de que el movimiento implica una causa y que esta causa está **en** el cuerpo, fue sostenida ampliamente por los científicos del siglo XIV. Sebastián (1984), Carrascosa (1987) y Acevedo (1989) han confirmado la persistencia de estos esquemas alternativos en estudiantes españoles, tanto en 2º BUP como en graduados universitarios. En estos niveles superiores, un porcentaje elevado de estudiantes argumenta la existencia de una fuerza superior al peso cuando un cuerpo asciende, de modo que la resultante tenga la dirección del movimiento. Otros dibujan una resultante que es la suma del peso y la fuerza en la dirección del movimiento. Sebastián considera que estos razonamientos no suponen un paralelismo con teorías "históricas", sino que se debe a una estructura de pensamiento causal: Las fuerzas son las causas que explican el movimiento de los cuerpos y, para no violar esta relación de naturaleza causal, se ven obligados a introducir fuerzas "extras". Según este investigador, para los alumnos las fuerzas no son todas de la misma naturaleza: Unas son inherentes al cuerpo (peso), otras provienen de interacciones (fuerzas de contacto) y luego están las fuerzas extras, caracterizadas por su acción sobre el cuerpo (que se mueva, que no se caiga, etc.). Para Viennot (1979) los alumnos mantienen dos registros de razonamiento funcionando simultáneamente: 1) **Fuerzas de interacción** que verifican la **segunda ley de Newton** $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ y se utilizan para interpretar el movimiento cuando éste se realiza en el mismo sentido que la fuerza aplicada. 2) **Fuerzas del**

objeto que cumplen una relación $\vec{F} = cte \cdot \vec{v}$ y actúan cuando el cuerpo tiene un movimiento que resulta incompatible con las fuerzas de interacción existentes (fundamentalmente por ser de sentido contrario). Esta noción tiene un carácter híbrido entre fuerza y energía, atribuida al objeto y susceptible de ir consumiéndose.

Cuadro 4.4. Tarea para explorar la relación entre Fuerza y movimiento. Watts y Zylbersztajn (1981)



Una persona lanza al aire en línea recta, hacia arriba, una pelota de tenis. Las preguntas se refieren a la **fuerza total** sobre la pelota a lo largo de su recorrido.

12. La pelota ha sido lanzada y está subiendo, ¿qué flecha mostrará la **fuerza** sobre la pelota?

(a)  (b)  (c)  Ninguna fuerza

13. Si la pelota está parada en el punto más alto de su recorrido, ¿con qué flecha se muestra la **fuerza** sobre la pelota?

(a)  (b)  (c)  Ninguna fuerza

14. Si la pelota está ya cayendo, ¿con qué flecha se muestra la **fuerza** sobre la pelota?

(a)  (b)  (c)  Ninguna fuerza

Explica, en cada uno de los casos (12, 13 y 14), las razones de tu elección. Puedes utilizar el dorso de la hoja.

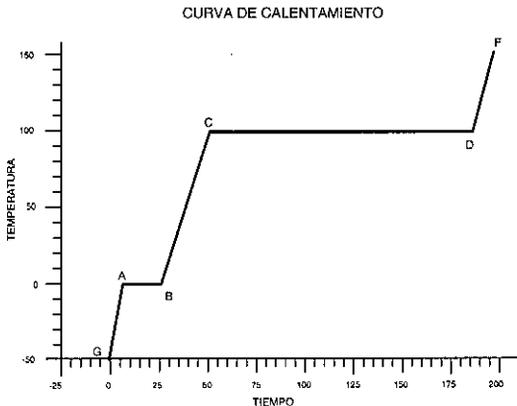
4.1.2.4. Destrezas de Razonamiento

Respecto a las destrezas de razonamiento, si se exceptúa la interpretación de gráficos, las tareas empleadas para explorar la diferenciación entre masa y volumen, la utilización del razonamiento proporcional o del control de variables y la distinción entre causa y efecto o entre observaciones e interpretaciones teóricas, son las mismas utilizadas en la prueba de diagnóstico inicial del curso 3° de la ESO.

La importancia que tiene la construcción e interpretación de gráficos en el estudio, tanto de los procesos de calentamiento y enfriamiento, como en el del movimiento, ha conducido al planteamiento de dos nuevas tareas. La primera de ellas se presenta en el Cuadro 4.5 y requiere un doble análisis: Por un lado, la simple lectura de los períodos en que varían o no varían la temperatura o la energía; por otro lado, la inferencia de aquellos períodos en los que se está experimentando un calentamiento y en los que se está experimentando un cambio de estado. Un tercer gráfico requiere elegir la descripción correspondiente al movimiento de un objeto que se mueve por un carril rectilíneo a partir del gráfico que representa su posición frente al tiempo (Tarea 9 del Anexo 1.5).

Cuadro 4.5. **Tarea para evaluar la interpretación de gráficos**

El gráfico siguiente representa las variaciones de la **temperatura** con el **tiempo** obtenidas cuando se calientan lentamente unos cubitos de hielo.



Señala, rodeando con un círculo, el tramo o tramos del gráfico que corresponden al proceso que se indica.

- | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---------|
| a) La temperatura no varía: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| b) La temperatura aumenta: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| c) La energía no varía: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| d) El hielo está fundiendo: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| e) El agua está hirviendo: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| f) El hielo aumenta de temperatura: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| g) El vapor de agua aumenta de temperatura: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |

4.1.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DIAGNÓSTICO INICIAL

4.1.3.1. **Muestra**

La muestra está constituida por 79 alumnos del curso 4º de la ESO y por 75 alumnos de 2º de B.U.P. La prueba se aplicó completa a 86 alumnos, mientras que a 68 alumnos de 2º de B.U.P. solo se les aplicaron algunas de las preguntas. Los alumnos proceden de un I.E.S. de Madrid y de dos I.B., uno de Madrid y otro de Burgos. El protocolo diseñado para el profesorado, que incluye la importancia, grado de dominio, grado indicador de la validez y legibilidad de las tareas propuestas, fue respondido por seis expertos.

4.1.3.2. **Validación social del contenido de la prueba**

En la Tabla 4.1 se presentan las valoraciones asignadas por los seis expertos a las actividades propuestas en la prueba. El alto valor alcanzado por las desviaciones en algunas tareas, señala la discrepancia entre profesores; los valores del coeficiente de concordancia de Kendall son únicamente significativos en el caso del grado de dominio (0.52, $p < .001$), pero no supera el 0.33 en las otras características solicitadas.

La relevancia asignada a la prueba es bastante alta (3.6, que equivale al 72% del máximo posible) y únicamente quedan por debajo de la media las tareas 19, 20 y 21 (distinción entre causa - efecto y control de variables), al igual que sucedió en la prueba de diagnóstico inicial para el curso 3º. Las tareas consideradas más importantes son la 1 (Reconocimiento del cambio imposible) y la 17 (aplicación del razonamiento proporcional en situación cotidiana), con valores medios de 4.3 y 4.8 sobre 5. A continuación aparecen las tareas 4 (reconocimiento de las condiciones de equilibrio térmico en un horno), 9 (interpretación del gráfico posición frente a tiempo), 12, 13 y 14 (relación entre fuerza y movimiento) con valores medios de 3.7 y 3.8.

En cuanto al grado de dominio exigido, los profesores consultados opinan que el alumno debe superar el 74% de la prueba. Generalmente, se exige mayor dominio en aquellas tareas consideradas más relevantes. Por lo tanto, el menor grado de dominio se exige para las tareas que tratan de medir las destrezas de razonamiento (reconocimiento de las características de un diseño experimental, por debajo del 60%) y el mayor grado se exige para la comprensión y aplicación de conceptos (relación entre fuerza y energía o entre fuerza y movimiento, con promedios entre el 80 y el 90%).

Respecto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta (73%) y solo está por debajo del 60% en las tareas 19, 20 y 21 (diseño experimental). El nivel de legibilidad es análogo al de la prueba correspondiente del curso 3º (media de 2.1 sobre 5) y, por tanto, se considera de más fácil lectura que las pruebas de evaluación sobre fenómenos químicos y fenómenos eléctricos. Dado que las tareas más conflictivas han sido las relativas a destrezas, comunes en su mayoría con las de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3º, se han realizado los mismos cambios que se han hecho en aquella. A pesar de ello, estas tareas se siguen conservando con vistas a futuras aplicaciones de la prueba, debido a la importancia que tiene el desarrollo de las destrezas de razonamiento formal en el aula.

Tabla 4.1. **Valoración de la prueba de diagnóstico inicial del curso 4º de la ESO**

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	4.8	0.4	86.4	12.7	79.3	23.7	1.3	0.5
2	3.7	0.9	78.0	4.0	67.0	20.4	2.8	1.0
3	3.3	0.9	68.0	4.0	73.0	12.5	2.6	0.5
4	3.8	0.7	66.0	4.9	77.0	7.5	1.8	0.7
5	3.2	1.3	75.0	4.5	61.0	21.5	2.0	1.1
6	3.5	1.3	74.0	8.0	84.0	10.2	2.4	1.5
7	3.5	1.3	66.0	4.9	82.0	11.7	2.6	1.4
8	3.5	0.8	68.0	11.7	82.0	7.5	1.8	1.0
9	3.7	0.5	80.0	0.0	79.0	8.0	1.6	0.8
10	3.3	0.7	80.0	15.5	70.0	28.3	1.2	0.4
11	3.5	1.1	82.0	7.5	88.0	7.5	1.2	0.4
12	3.8	0.9	91.0	3.7	89.0	2.0	1.8	0.7
13	3.8	0.9	91.0	3.7	89.0	2.0	1.6	0.5
14	3.8	0.9	83.0	16.9	65.0	31.3	1.6	0.5
15	3.5	1.5	70.7	18.6	66.4	20.8	2.6	1.2
16	3.5	1.2	70.7	18.2	65.0	16.7	2.7	1.7
17	4.3	1.1	81.4	21.0	72.9	20.5	1.4	0.5
18	3.5	1.1	65.7	12.9	67.9	19.6	2.6	1.7
19	2.9	1.3	58.6	8.3	54.3	19.2	3.7	0.9
20	2.8	1.1	60.0	14.1	57.1	21.2	3.3	1.2
21	2.5	1.2	57.1	13.9	54.3	20.6	3.4	1.2
22	3.1	0.8	71.4	20.3	71.4	22.9	2.4	1.3
Prueba	3.6	0.5	74.2	5.6	73.4	11.8	2.1	2.2

4.1.3.3. **Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación.**

Como en las pruebas anteriores, se ha analizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada tarea, junto con los índices de dificultad y de discriminación de cada una de ellas. Aunque no se trate de una prueba para decidir quién ha cubierto los objetivos previstos, éstos índices suministran información sobre los conceptos que resultan conflictivos y sobre las destrezas que es preciso desarrollar en el alumno y, además, permiten controlar la posibilidad de respuestas aleatorias que pondrían en duda la validez o conveniencia de la actividad en cuestión. Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 4.2.

Como puede comprobarse examinando la tabla, más de la mitad de las tareas presenta una dificultad elevada (índices inferiores a 0.33, con un valor medio de 0.20), otras seis presentan una dificultad intermedia (índices entre 0.33 y 0.67, con un valor medio de 0.48) y solo dos resultan muy fáciles (por encima de 0.67, con media de 0.86). La dificultad media de la prueba en su conjunto es de 0.35. Estos resultados eran de esperar, al tratarse de una prueba que explora las ideas previas de los

alumnos en temas tan conflictivos como son los conceptos de fuerza, energía, temperatura y todo lo relativo al estudio dinámico del movimiento.

Tabla 4.2. **Frecuencia de elección de cada alternativa**

Tareas	N	Alternativas				No contesta	Índice dificultad	Índice discriminación	
		Científica	1	2	3				
Conceptualización Energía	1	154	54	32	32		36	0.35	0.44
	2	154	31	74	44		5	0.20	0.26
	3	89	56	27			6	0.63	0.45
Conceptualización Calor	4	89	42	8	8	24	7	0.47	0.55
	5	89	70	9	1		9	0.79	0.50
	6	89	31	26	26		6	0.35	0.44
Conceptualización Movimiento, Fuerza y Energía	8	124	79	29	11		5	0.64	0.23
	10-11	155	35	34	59	26	1	0.23	0.27
	12-14	156	19	102	31		4	0.12	-0.01
Interpretación gráficos	7	89	15	10	55	8	1	0.17	0.43
	9	89	13	55	18		3	0.15	0.08
	18	155	143	6			6	0.92	0.33
Destrezas de Razonamiento	15	154	42	107	3		2	0.27	0.26
	16	154	7	65	54		28	0.05	0.54
	17	155	30	44	32		49	0.19	0.68
	19	153	55	49	19		30	0.36	0.30
	20	153	47	84			22	0.31	0.36
	21	153	45	90			18	0.29	0.50
22	88	15	54			19	0.17	0.37	

A continuación se analizan las tareas por categorías, para deducir consecuencias didácticas.

Conceptualización de la energía (Tareas 1 a 3)

Como señala la bibliografía sobre el tema, la tarea que presenta un mayor número de esquemas alternativos es la correspondiente a la conceptualización de la energía, a pesar de tratarse de una pregunta de verdadero - falso (también es la tarea que presenta un índice de discriminación inferior al 0.30). El 80% de los alumnos mantiene una visión prácticamente materialista de la energía. Aunque solo un 29% considera cierto que "**La energía es algo material contenido en los cuerpos**", un 74% se inclina por "**Los alimentos, los combustibles y los explosivos son energía**" y un 92% por "**La pila eléctrica es una energía muy utilizada a pequeña escala**" (De todas formas esta última afirmación ha sido eliminada ya de la prueba, a la vista de los resultados y de los comentarios de los profesores consultados). Respecto a las restantes afirmaciones, una tercera parte de los alumnos tiene dificultades con el reconocimiento de las transformaciones energéticas que tienen lugar en las plantas o en la cocina eléctrica y casi todos (95%) ignoran las que tienen lugar en un frigorífico (Sin embargo, esta afirmación no se ha retirado de la prueba pues se ha considerado conveniente que los alumnos se planteen esta cuestión).

Las dos tareas que exploran los esquemas de los alumnos con respecto a la conservación y la degradación de la energía resultan menos conflictivas pues si, al 35% de repuestas categorizadas como "científicas" en "*El cambio imposible*", se añaden las categorizadas en la alternativa 1 (respuestas sin justificar, que son un 21%), ambas tareas han sido respondidas por más de la mitad de los alumnos.

En las justificaciones aportadas a la tarea de "*El cambio imposible*" aparecen esquemas alternativos sobre las transformaciones energéticas ya reseñadas en estudios anteriores (Varela y otros, 1993), como son: **Cambios intrínsecamente imposibles** ("... porque del combustible no se saca electricidad", "*La energía eléctrica no puede producir energía del sonido puesto que el sonido va por medio de ondas*"...); **Fenómenos no relacionados con la energía** ("*Porque la luz no es energía*", "*No se puede producir, ya que el sonido no es una energía*") ó **Idea de rentabilidad** ("*Porque habiendo 3 julios de energía eléctrica no puede ser que la energía del sonido sea tan baja*").

Si se comparan los resultados de 4º ESO con los de 2º B.U.P., la diferencia es prácticamente nula en la tarea 2 de conceptualización de la energía y alta en la tarea de "*El cambio imposible*", con un 30% más de respuestas bien justificadas en el curso de B.U.P. y un 39% de alumnos que no responden en el curso de la ESO.

Conceptualización del calor (Tareas 4 a 6)

En la muestra de alumnos que respondieron esta tarea no parece haber dificultades con la intensividad de la temperatura, pues un 79% señala correctamente la temperatura final de la mezcla y un 47% responde correctamente a la tarea de equilibrio térmico en el interior del horno. De todas formas, hay dificultades con el equilibrio térmico: Un 20% cree que la magnitud física que marca el equilibrio es la energía (alternativa 1) o responde en base a sus percepciones sensoriales (alternativa 2), dándose un 35% de respuestas no codificables.

Respecto a las características del cambio de estado, al 35% de respuestas categorizadas como científicas, habría que añadir el 29% de la alternativa 1, que señalan los 100 °C como una temperatura máxima pero no justifican su respuesta.

De todas formas, hay que considerar que estos resultados corresponden a una muestra reducida debido a que no se aplicaron a los alumnos de 2º de B.U.P.

Conceptualización de los fenómenos dinámicos (Tareas 8, 10, 11, 12, 13 y 14)

La tarea 8, que implica la discriminación conceptual entre posición y velocidad, es la que presenta el mayor porcentaje de respuestas científicas (64%). Un 23% de los alumnos de la muestra señala que "*los coches llevan igual velocidad porque están en la misma posición*" pero, frente a la opinión de los investigadores que lo atribuyen a una confusión entre posición y velocidad (Halloun y Hestenes, 1985), los razonamientos proporcionados por los alumnos que justifican con amplitud su respuesta inducen a pensar en una identificación de velocidad media y velocidad instantánea ("*Porque han llegado ambos al mismo sitio en el mismo tiempo*"). En la

alternativa 2 se agrupan aquellas respuestas que indican una interpretación errónea del esquema y una confusión entre intervalo de tiempo y desplazamiento (**"Porque al haber mayor distancia entre el punto 2 y el 3, significa que ha tardado más en recorrerlo y que ha ido más despacio"**).

Los resultados de las tareas 10 y 11 se presentan conjuntamente, puesto que una comprensión adecuada de los conceptos de fuerza y energía supone responder correctamente a ambas preguntas. Salvo los alumnos agrupados en la categoría 3, todos los demás (83%) reconocen que ha de ejercerse una fuerza mayor en la rampa más inclinada. Pero solamente un 23% demuestra una distinción adecuada entre fuerza y energía. Para otro 22%, la fuerza y la energía son diferentes, pero **"en la rampa A (de menos pendiente) gasta más energía debido a que es más larga"**. Más de la tercera parte de los alumnos (38%) identifica fuerza con energía (**"Porque al ser más empinada trabaja más haciendo más esfuerzo"**). Algunas justificaciones de las opciones correctas indican, también, esquemas alternativos de la energía: **"Realiza más fuerza durante menos tiempo, por lo que al final pueden llegar a consumir la misma energía"**.

Del mismo modo, las tareas 12, 13 y 14 se han analizado conjuntamente pues, para inferir el modelo elaborado por el alumno sobre la relación entre fuerza y movimiento, es preciso considerar las tres situaciones de ascenso, anulación de velocidad y caída. Como puede observarse en la tabla, solo un 12% de los alumnos considera que la única fuerza que actúa a lo largo del movimiento es la fuerza gravitatoria con que la Tierra atrae a la pelota (**"Ninguna, pues una vez lanzada la pelota, la fuerza ya está hecha, a partir de ese momento ya actúa la gravedad"**). En la línea señalada por la bibliografía, un 65% de los alumnos piensa que **el movimiento se produce en la dirección de la fuerza ("Va con fuerza ascendente, porque si no no subiría", "La fuerza ejercida es mayor que la fuerza de gravedad (sube)...ejercen lo mismo sobre la pelota (en la altura máxima)... la fuerza ejercida ha perdido su fuerza (al caer)", "la gravedad es contrarrestada por la energía del lanzamiento, en este instante queda suspendida", "llega un momento en el cuál pierde toda su fuerza.. puesto que en el momento que se para pasa a tener una fuerza gravitatoria"**). En la categoría 2 se han agrupado los alumnos que dan respuestas aparentemente contradictorias y que reflejan una concepción errónea de "reacción" (**"La fuerza viene desde abajo y la impulsa a subir ... la fuerza viene desde arriba y la impulsa a bajar"**). Por último, es preciso destacar la existencia de justificaciones que suponen esquemas alternativos relativos al peso y la fuerza de la gravedad (**"A partir del punto máximo de subida la pelota no tiene fuerza, cae por su propio peso"**).

La conflictividad de estas tareas queda reflejada también en los índices de discriminación, inferiores a 0.30 para las tareas 8 y 10-11, y nulos para las tareas 12-14. Respecto a la existencia de diferencias entre los alumnos de ESO y de B.U.P., hay pequeñas diferencias (un 12% más de respuestas científicas) a favor de los alumnos de B.U.P. en las tareas 8 (distinción entre posición y velocidad) y 12-14 (relación entre fuerza y movimiento); no hay diferencias en las tareas 10-11 (distinción entre fuerza y energía).

Destrezas de razonamiento

Los resultados de las tres tareas de interpretación de gráficos (7, 9 y 18) son muy dispares. Mientras casi la totalidad de los alumnos (92%) relacionan correctamente la tabla y el gráfico correspondiente al alargamiento del muelle (tarea 18), solo un 15% relaciona correctamente el gráfico posición - tiempo con la descripción de movimiento en la tarea 9. Como han señalado ya algunos investigadores (McDermott, 1984; Halloun y Hestenes, 1985), un 62% de los alumnos no distingue prácticamente entre gráficos posición - tiempo y velocidad - tiempo (alternativa 1), mientras un 20% confunde el gráfico posición - tiempo con la trayectoria seguida por el móvil (alternativa 2).

Mención aparte merece la tarea 7 puesto que aquí el problema no se debe a la interpretación del gráfico en sí (un 62% lo lee correctamente en lo que respecta a la temperatura), sino a los conceptos implicados. Solamente un 39% de los alumnos infiere correctamente que la energía aumenta constantemente puesto que el agua se está calentando a lo largo del tiempo, mientras que un 30% opta por "**cuando la temperatura permanece constante la energía no varía**". El porcentaje de alumnos que reconoce el tramo del gráfico en el que se produce la ebullición del agua es muy superior al que reconoce cuando funde el hielo (46% frente al 21%); como ya se ha señalado en otras investigaciones, la experiencia cotidiana les induce a pensar que el hielo funde a la temperatura del ambiente (Tiberghien, 1983; Erickson y Tiberghien, 1985; Pérez de Landazábal y otros, 1991). Tampoco les resulta fácil reconocer que el hielo se calienta de -50 a 0°C o que el vapor de agua pueda alcanzar temperaturas superiores a 100 °C (40 y 53% de respuestas correctas).

Como sucedía en las pruebas aplicadas en el curso 3º de la ESO ("Diagnóstico inicial" y "Diversidad y unidad de estructura de la materia"), la tarea relativa a la diferenciación entre masa y volumen (tarea 15) es una de las de mayor dificultad (solo un 27% de los alumnos diferencian ambos conceptos).

En cuanto a las dos tareas relativas al razonamiento proporcional (16 y 17), si se aceptan las respuestas de la alternativa 1 (alumnos que utilizan la regla de tres), casi la mitad de los alumnos son capaces de resolver dichas tareas. Aunque, todavía hay un 35% de alumnos que utiliza estrategias substractivas y aditivas en lugar de razonar proporcionalmente.

Un 36% de los alumnos de la muestra elige el diseño apropiado para controlar variables y lo justifica adecuadamente; otro 32% opta por el diseño apropiado, aunque no lo justifica (alternativa 1 de la tarea 19). La distinción entre causa y efecto sigue siendo, como en el curso 3º de la ESO, muy conflictiva (solo lo distingue un 18% de la muestra). En cuanto a la distinción de datos e hipótesis, la respuesta resulta totalmente aleatoria (17% de opciones correctas).

También se han comparado los resultados obtenidos por las distintas muestras de alumnos, (3º ESO, 4º ESO y 2º B.U.P.), en las tareas relativas a destrezas de razonamiento. Estos datos hay que tomarlos con reserva, porque las dos últimas muestras son pequeñas (89 y 68 alumnos, respectivamente) y, además, proceden de un mismo centro. Se observa una pequeña diferencia (un 20%) en la utilización del razonamiento proporcional entre las muestras de 3º ESO y 2º B.U.P y la muestra de 4º ESO, así como entre la muestra de 3º y las muestras de 4º y B.U.P. en las tareas de interpretación del gráfico de alargamiento de un muelle y de control de variables

(30%). No hay diferencias en la distinción entre masa y volumen, entre causa y efecto o entre observaciones e interpretaciones teóricas.

4.1.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

Aunque el diagnóstico inicial solo pretende recoger información sobre las carencias de partida de los alumnos para orientar el proceso de enseñanza - aprendizaje, se ha realizado un estudio global de la validez de esta prueba con vistas a perfeccionarla para aplicaciones sucesivas. Dicho estudio supone el establecimiento de un perfil de puntuaciones, agrupando las tareas que evalúan un mismo concepto o capacidad, y el análisis de las correlaciones de cada una de las tareas con la categoría de la que forma parte, así como de éstas con los esquemas conceptuales correspondientes. En la Tabla 4.3 se presentan las agrupaciones realizadas y las puntuaciones medias correspondientes a cada categoría. También se presentan las puntuaciones medias correspondientes a los esquemas conceptuales y de razonamiento. La comparación de estas medias con la nota correspondiente al nivel de dominio exigido por los profesores, permite determinar los aspectos en que el grupo en su conjunto se enfrenta con dificultades y, por lo tanto, en qué conceptos y procedimientos se le debe proporcionar la ayuda adecuada.

Tabla 4.3. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 4º de la ESO**
Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Conceptualización de la Energía	1, 2, 3	89	4.4	2.6
b) Conceptualización del Calor	4, 5, 6	89	5.4	2.8
c) Conceptualización de los fenómenos dinámicos	8, 10, 11, 12, 13, 14	157	4.2	2.2
Integración del esquema conceptual	a+b+c	89	4.8	1.7
d) Razonamiento proporcional	15, 16, 17	157	4.0	3.4
e) Interpretación de gráficos	7, 9, 18	89	5.6	2.1
f) Diseño experimental	19, 20, 21	157	4.2	3.1
g) Distinción entre observaciones e hipótesis	22	89	1.7	3.8
Capacidad de razonamiento	d+e+f+g	89	4.6	1.8
PRUEBA COMPLETA		89	4.7	1.4

Homogeneidad

Numerosas investigaciones relativas a las ideas previas y a los esquemas alternativos existentes en los alumnos demuestran la importancia que tiene el contexto en que se plantea la tarea, en la respuesta del alumno. Por esta razón, ante la heterogeneidad de los conceptos implicados en la prueba (energía, fuerza,

movimiento, destrezas de razonamiento, etc.) y las diferencias de contexto entre las distintas tareas planteadas para explorar cada uno de ellos, se ha desestimado la determinación de la consistencia interna de la prueba por los métodos de división por mitades. Es cierto que la agrupación de datos tiene más sentido cuando éstos corresponden a elementos similares que miden la misma variable, pero también pueden agregarse datos heterogéneos cuando los conocimientos relativos a los diferentes elementos que integran el esquema conceptual también lo son. (Así, por ejemplo, una comprensión adecuada del concepto energía implica, como señala Duit (1986), cinco aspectos básicos: la propia conceptualización, transferencias y transformaciones, conservación y degradación). Por ello, los datos referentes a las distintas tareas relativas a cada uno de los conceptos estudiados se han agrupado, poniendo como única condición el que la aportación de cada una de ellas a la categoría correspondiente y a la nota final tenga valor discriminativo, es decir, contribuya de un modo regular y sistemático a la distinción del nivel de aprendizaje de los alumnos. Para esto, como en las otras pruebas de evaluación, se han determinado las correlaciones entre las tareas, las categorías de las que forman parte y los esquemas conceptuales correspondientes, como puede verse en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 4° de la ESO**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría* a la que pertenece
1	.75	a) Conceptualización de la energía	15	.57	d) Razonamiento proporcional
2	.66		16	.78	
3	.44		17	.73	
4	.71	b) Conceptualización del calor	7	.83	e) Interpretación de gráficos
5	.41		9	.58	
6	.61		18	.45	
8	.59	c) Conceptualización de los fenómenos dinámicos	19	.54	f) Diseño experimental
10-11	.77		20	.76	
12-14	.32		21	.73	

Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba

	Esquema	Total
	Comprensión y aplicación de conceptos	.88
a) Conceptualización de la energía	.75	.70
b) Conceptualización del calor	.81	.66
c) Conceptualización de fenómenos dinámicos	.39	.38
	Capacidades de razonamiento	.83
d) Razonamiento proporcional	.71	.62
e) Interpretación de gráficos	.64	.51
f) Diseño experimental	.67	.56
g) Distinción entre observaciones e hipótesis	.50	.40

* La categoría g) Distinción entre observaciones e hipótesis no se incluye porque está constituida por un único elemento.

Como puede comprobarse en la tabla, los coeficientes de correlación son altos y todos superan el valor estándar de 0.25, lo cual indica que la contribución de cada tarea a la valoración de su categoría es aceptable. Como sucedía en las otras pruebas, los valores más bajos de la correlación de una tarea con su categoría (.32), de una categoría con su esquema (.39) y con el total (.38), corresponden a la tarea más difícil, que refleja una preconcepción errónea muy frecuente en los alumnos: el

movimiento se produce en la dirección de la fuerza. Las otras tareas que presentan correlaciones inferiores al .50 están en el otro extremo de dificultad: tareas 3 (degradación de la energía), 5 (carácter intensivo de la temperatura) y 18 (gráfico del alargamiento del muelle). La aparente aleatoriedad de la respuesta de los alumnos a la tarea de distinción entre observaciones e hipótesis se refleja en su correlación con la categoría de capacidades de razonamiento (.50) y con el total de la prueba (.40). En consecuencia, las tareas de la prueba pueden considerarse coherentes.

Si se exceptúa la tarea sobre la relación entre fuerza y movimiento, las correlaciones entre las categorías conceptuales y el esquema conceptual son elevadas. La correlación entre los dos esquemas, conceptual y de razonamiento, es de 0.48, lo que supera el valor estándar. Las contribuciones de los esquemas de comprensión conceptual y capacidad de razonamiento al total de la prueba resultan similares (.88 y .83).

Por último, la comparación de las puntuaciones obtenidas con las notas correspondientes al nivel de dominio exigido por los profesores, permite determinar, con mayor base, los conceptos más conflictivos y los procedimientos y destrezas de razonamiento en los cuales encuentran más dificultades los alumnos. Puede comprobarse la discrepancia existente entre lo que el profesor piensa que el alumno debe ser capaz de hacer y lo que éste realmente sabe hacer (Tabla 4.5.). Las diferencias menores se dan para la conceptualización del calor y las destrezas de la metodología científica relacionadas con los diseños experimentales (inferiores a dos puntos) mientras que las mayores se dan en la conceptualización de los fenómenos dinámicos (¡con diferencias de cuatro puntos!) y en la distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas (¡más de cinco puntos!).

Tabla 4.5. **Prueba de diagnóstico inicial del curso 4° de la ESO**

Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

Categorías	Relevancia media	Dominio medio exigido	Nota equivalente	Media real
a) Conceptualización de la energía	3.9	77.5	7.7	4.4
b) Conceptualización del calor	3.5	71.7	7.2	5.4
c) Conceptualización fenómenos dinámicos	3.6	82.5	8.3	4.2
Integración del esquema conceptual	3.7	77.2	7.7	4.8
d) Razonamiento proporcional	3.6	70.6	7.1	4.0
e) Interpretación de gráficos	3.8	74.3	7.4	5.6
f) Diseño experimental	2.7	58.6	5.9	4.2
g) Distinción observaciones e hipótesis	3.1	71.4	7.1	1.7
Capacidad de razonamiento	3.3	68.7	6.9	4.6
PRUEBA COMPLETA	3.5	72.3	7.2	4.7

4.1.3.5. Implicaciones didácticas

Estos resultados tienen implicaciones didácticas importantes, tanto respecto al desarrollo del razonamiento formal de los alumnos, como con referencia al proceso de enseñanza - aprendizaje de los bloques de "**Fuerza y movimiento**" y "**Energía**":

- Es preciso buscar nuevas estrategias didácticas que permitan a los alumnos realizar el proceso de **acomodación** necesario para que sus esquemas conceptuales sean más próximos a los científicos en todo el campo de la Dinámica. Para ello, es preciso darles oportunidades de expresar libremente sus intuiciones sobre conceptos como posición, velocidad, fuerza, energía, trabajo y potencia en el mayor número posible de situaciones, primero cotidianas y, luego, académicas, conduciéndoles a un estado de conflicto cognitivo. Investigadores como Solomon (1983) han destacado la conveniencia de obligar a los alumnos a operar tanto en el dominio cotidiano como en el dominio científico con vistas a que logren una "**comprensión más firme de la abstracción que suponen**" los conceptos físicos. Esta acomodación no se logrará nunca por la memorización rutinaria de leyes o la resolución de problemas en los que se busca "**qué fórmula hay que aplicar**".
- El hecho de que la mitad de los alumnos siga teniendo dificultades con la resolución de las tareas que requieren razonamiento proporcional y que la mayoría de los que las resuelve utilice rutinariamente la regla de tres, indica la necesidad de insistir en el desarrollo de este razonamiento. Si los alumnos no se plantean de forma razonada este tipo de relaciones, tendrán dificultades para comprender movimientos uniformes con desplazamiento inicial y, mucho más, movimientos acelerados con velocidad inicial.
- Sea cuál sea la muestra y el centro en el que se ha aplicado la prueba, los alumnos siguen identificando masa y volumen. Es fundamental la búsqueda de nuevas metodologías para la introducción de estos conceptos, así como del concepto de densidad. En especial si, como se propone en los contenidos de este curso, se pretende que los alumnos manejen conceptualmente y de forma significativa el Principio de Arquímedes, para lo cual tienen que reconocer la diferencia entre masa del cuerpo y volumen de líquido desalojado.
- Otro punto a destacar es el papel que tienen las destrezas científicas de razonamiento en el aprendizaje y, muy especialmente, en el de la Mecánica. Los resultados de la encuesta a los profesores vuelve a poner de manifiesto la poca importancia que éstos dan a la distinción entre causa y efecto o al control de variables, cuando todos los investigadores señalan la importancia que tiene el pensamiento causal en dicho aprendizaje (Pozo, 1987). Además, la gran diferencia existente entre el nivel de dominio asignado por los profesores a la distinción entre observaciones e interpretaciones teóricas (7.1) y el nivel real de los alumnos (1.7), induce a pensar que es un área que no se trata en el aula porque se considera "**evidente**", cuando no lo es. En el campo de la Mecánica es fundamental que el alumno sea consciente de las limitaciones o condiciones de aplicación que tiene el **modelo físico** que está utilizando para explicar los fenómenos.

4.2. EVALUACIÓN SOBRE "MOVIMIENTO"

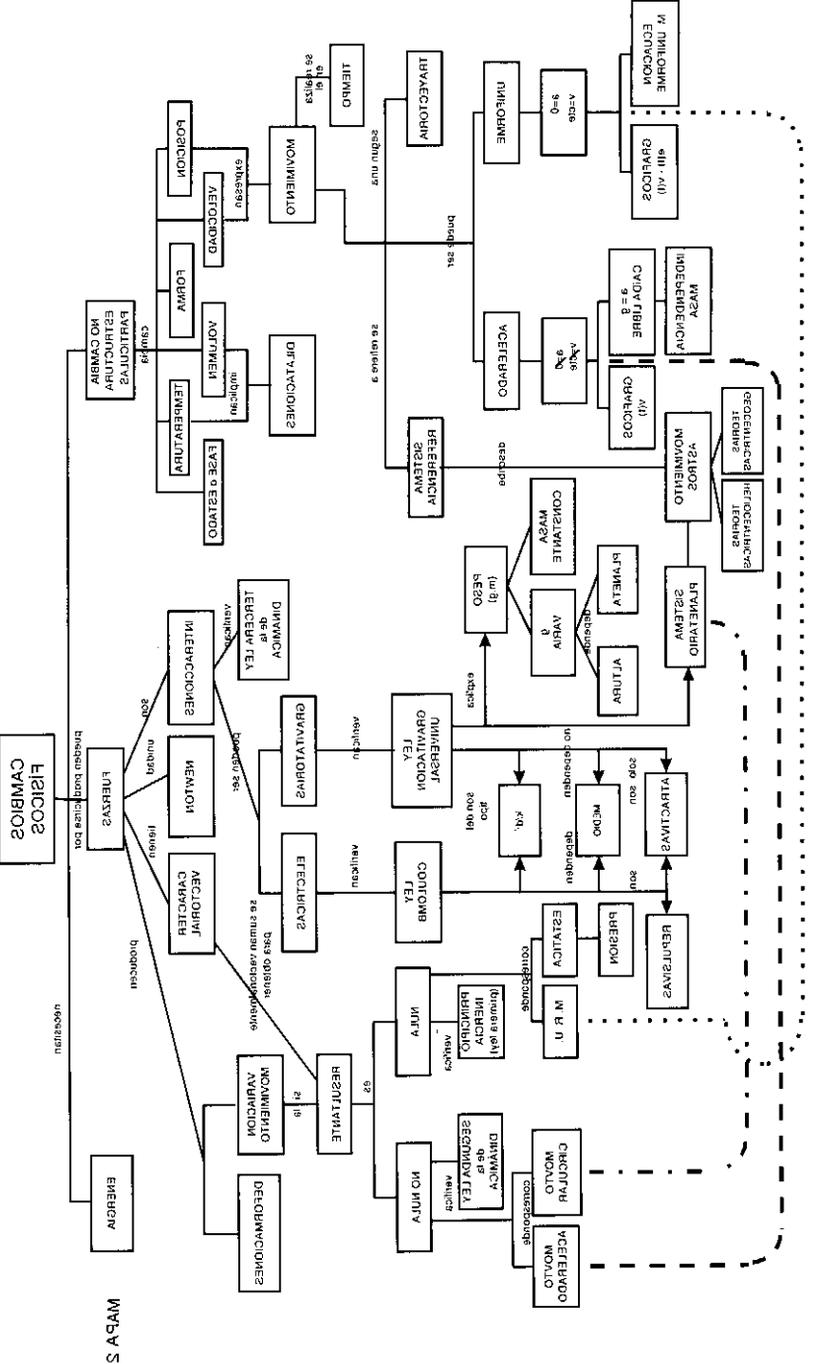
4.2.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Siguiendo la reorganización conceptual propuesta en el curso 3° de la ESO, los contenidos de los bloques de "**Fuerza y movimiento**" y "**Energía**" se enfocan a partir de los cambios físicos, ya definidos como aquéllos en que no cambia la estructura de las partículas. En los procesos físicos puede variar la posición o la velocidad (caso del movimiento), la forma (deformaciones), la temperatura o el estado de agregación (procesos de calentamiento), etc. Algunos de estos cambios, como sucede en el movimiento y en las deformaciones, se producen por efecto de las fuerzas pero, en todos, se necesita energía. Así se pretende dar una visión integrada de la disciplina, relacionándola con lo estudiado en el curso anterior. El mapa conceptual se presenta detallado en las Figuras 4.1.(A) y 4.1.(B).

El proceso de enseñanza-aprendizaje puede desarrollarse por vías diferentes, hay profesores que prefieren introducir primero la energía, utilizándola como idea globalizadora de la enseñanza de las Ciencias (Varela y otros, 1993), mientras otros prefieren el tratamiento tradicional de la Física a partir del movimiento. Para el diseño de las pruebas, se ha optado por este último (por ser el más frecuente), lo cual permite plantear la evaluación sobre la energía de un modo cuantitativo. La importancia que tienen estos conceptos para la comprensión posterior de la Mecánica ha conducido al diseño de dos pruebas, una para movimiento y otra para fuerzas, a pesar de encontrarse unidas en un mismo bloque.

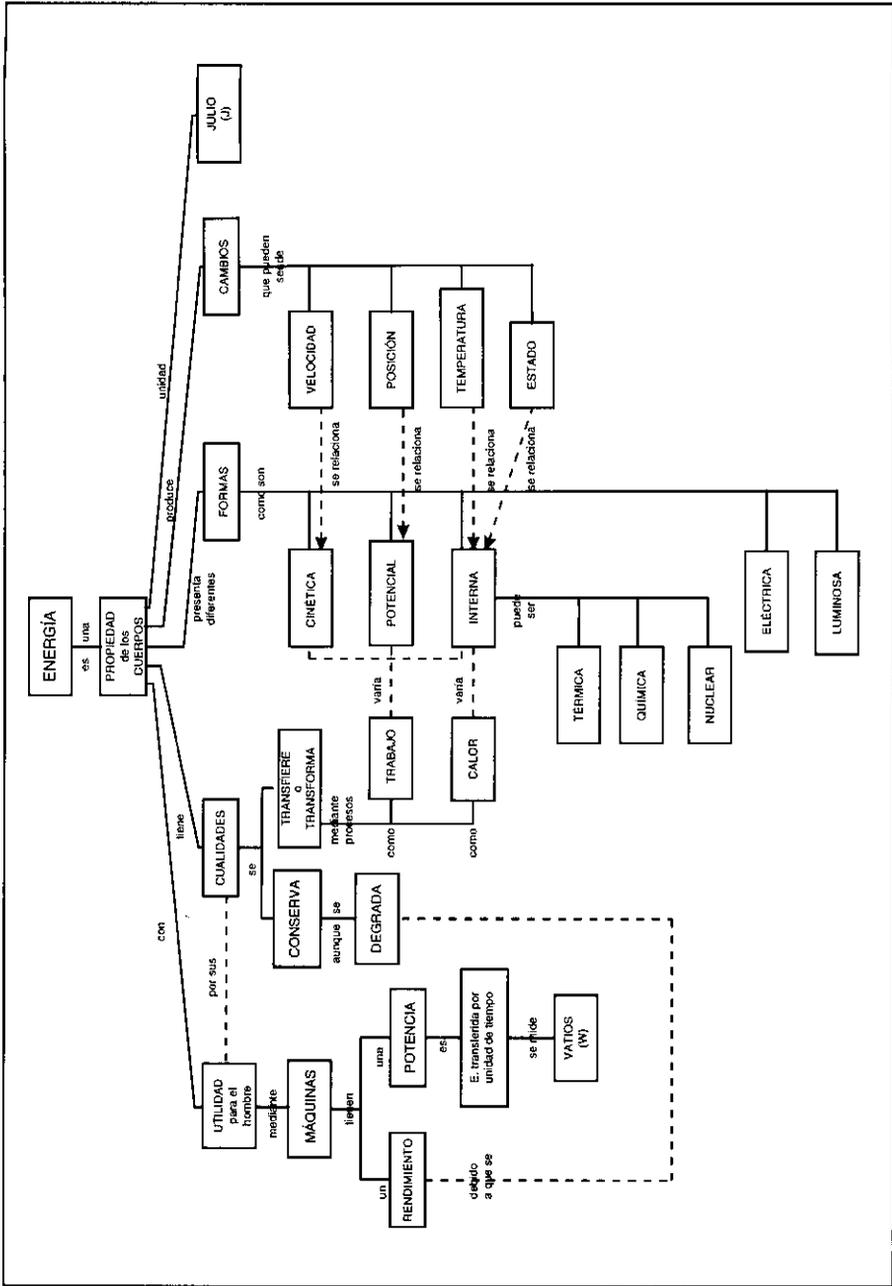
La prueba de movimiento se centra, tal como señala el D.C.B., en el estudio cualitativo de los mismos, destacando la importancia de la utilización de un sistema de referencia y el reconocimiento de movimientos reales a partir de la interpretación de gráficos $e(t)$ y $v(t)$. Ello ha conducido a incluir la descripción del movimiento de los astros y la evolución histórica de las teorías, geocéntricas y heliocéntricas.

Los objetivos de la prueba se señalan en la tabla del Cuadro 4.6. A continuación se describen brevemente las categorías principales de la prueba, que se incluye íntegra en el Anexo 1.6.



Mapas principales: Cambios físicos
 Mapa S
 Figura 4.1 (A) Mapas conceptuales para el curso 4.º de la ESO

Figura 4.1. (B) Mapa conceptual para el curso 4° de la ESO
 Mapa 2: Energía



Cuadro 4.6. **Objetivos evaluados en "Movimiento"**

Conocimientos declarativos

- Reconoce la necesidad de establecer un sistema de referencia para caracterizar el movimiento y la arbitrariedad del mismo (relatividad del movimiento).
- Distingue los conceptos de trayectoria, posición y distancia recorrida.
- Distingue los conceptos de posición, velocidad y aceleración.
- Distingue los conceptos de velocidad media y velocidad instantánea.
- Reconoce el significado de cada uno de los términos que constituyen la ecuación del espacio en función del tiempo en un movimiento uniforme.
- Dadas una serie de ecuaciones, es capaz de reconocer cuáles corresponden a un movimiento uniforme y/o a un movimiento uniformemente acelerado.

Habilidades procedimentales

- Transforma correctamente las velocidades en km/h a m/s y viceversa.
- Reconoce la distinción entre trayectoria de un movimiento y su representación en un gráfico espacio - tiempo o velocidad - tiempo.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- En ejemplos concretos de trayectorias de movimientos señaladas por rastros, identifica las condiciones de reposo, movimiento a velocidad constante y movimiento acelerado.
- Dadas tres de las características de un movimiento uniforme (posición inicial, posición final, velocidad o tiempo transcurrido), es capaz de calcular las restantes.
- Aplica correctamente la definición de aceleración para calcular la cuarta magnitud implicada (velocidad inicial, velocidad final, aceleración y tiempo transcurrido) dadas las otras tres.
- Traduce correctamente la descripción de un movimiento uniforme en una ecuación y viceversa.
- Dadas las condiciones iniciales (posición, velocidad y aceleración) de un movimiento es capaz de reconocer o construir, en su caso, las tablas y gráficos correspondientes.
- Dados tres gráficos posición - tiempo, identifica cuál corresponde a un móvil en reposo, a un movimiento a velocidad constante y a un movimiento acelerado.

Actitudes

- Reconoce la necesidad de evolución de las teorías científicas sobre el movimiento planetario en búsqueda de un modelo más simple y que describa un número mayor de fenómenos.
- Reconoce la lentitud de evolución de los modelos del Universo debido a las dificultades de comprensión por el resto de la comunidad científica y por la existencia de presiones extra-científicas.

4.2.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El primer diseño entregado a los profesores o expertos incluía un total de treinta y cuatro actividades. Los intercambios de información con los profesores de los centros condujeron a reducir el número de tareas a dieciséis, correspondientes a las categorías siguientes:

Comprensión de conceptos básicos

Con el objetivo de evaluar si se ha producido algún cambio conceptual durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, se proponen tareas similares a las planteadas en la prueba de diagnóstico inicial. Así, las tareas 2 y 12 pretenden determinar si los alumnos han elaborado una discriminación de los conceptos de posición, velocidad y aceleración. La primera de ellas se presenta en contexto exclusivamente verbal: seleccionar qué variable cinemática es idéntica para dos coches en el instante que uno de ellos adelanta al otro. La segunda tarea plantea la misma situación, pero a partir de la interpretación de un gráfico posición - tiempo (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Tarea para evaluar la interpretación de gráficos y la discriminación entre posición y velocidad

El gráfico de la FIGURA 6 representa la posición de dos móviles diferentes que siguen la misma trayectoria.

Figura 6

a) ¿Para qué valor del tiempo están ambos en la misma posición?	0	60	120	180	Nunca	Siempre
b) Cuando ambos coches coinciden en posición, ¿qué distancia ha recorrido el coche A ?	50	100	150	200	250	
c) Cuando ambos coches coinciden en posición, ¿qué distancia ha recorrido el coche B ?	50	100	150	200	250	
d) ¿Para qué valor del tiempo llevan ambos la misma velocidad?	60	120	180	Nunca	Siempre	
e) ¿Para qué valor del tiempo lleva el coche A una velocidad mayor que el coche B ?	60	120	180	Nunca	Siempre	
f) ¿Para qué valor del tiempo lleva el coche B una velocidad mayor que el coche A ?	60	120	180	Nunca	Siempre	

Otra tarea que evalúa la comprensión de conceptos básicos, en especial la discriminación entre los conceptos de velocidad y aceleración, así como si el alumno ha asimilado la necesidad y utilidad del sistema de referencia es la tarea 7, que se presenta en el Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Tarea para evaluar la comprensión de la necesidad de utilizar un sistema de referencia

La FIGURA 2 muestra el movimiento ascendente y descendente de una bola que se lanza verticalmente hacia arriba desde el punto A, siendo el punto C el más alto de su trayectoria. Si tomamos un sistema de referencia con origen en el suelo, positivo hacia arriba y negativo hacia abajo, señala cuáles de las afirmaciones siguientes son correctas y cuáles incorrectas:

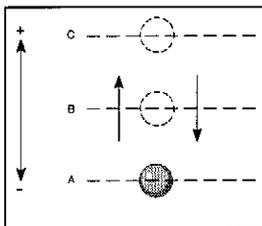


Figura 2

- | | | |
|---|----------|----------|
| a) Tanto cuando sube como cuando baja la velocidad al pasar por B, $v(B)$, es menor que al pasar por A, $v(A)$. | C | I |
| b) Con ese sistema de referencia la velocidad es siempre positiva. | C | I |
| c) Cuando la bola asciende la $v(B)$ es positiva y cuando desciende $v(B)$ es negativa. | C | I |
| d) Cuando la bola asciende $v(B)$ es positiva y la aceleración es negativa. | C | I |
| e) Cuando la bola desciende $v(B)$ es negativa y la aceleración es positiva. | C | I |
| f) En C, cuando la bola comienza a caer, la velocidad es cero. | C | I |
| g) Como la velocidad en C es cero, la aceleración es también cero. | C | I |
| h) La aceleración es siempre distinta de cero y, con ese sistema de referencia, siempre negativa. | C | I |

La tarea final propone una serie de afirmaciones relativas al movimiento planetario en las cuales el alumno debe señalar si está de acuerdo o no. Aunque, realmente, miden conocimientos, ante la posibilidad de que no hayan sido tratados en clase, se han rotulado como "actitudes" dado que, en ese caso, estarían reflejando, como ha sucedido en otras ocasiones, la opinión del alumno y, por lo tanto, medirían aspectos cognoscitivos de las actitudes.

Descripción de movimientos

Las tareas 1 y 14 implican el análisis de dos movimientos, planteados, como en las otras pruebas, con dos niveles de dificultad diferentes para poder evaluar el nivel

alcanzado por el alumno en su conceptualización del movimiento. En el Cuadro 4.9 se presenta la tarea de mayor complejidad que supone, en cierta manera, la discriminación entre velocidades medias y velocidades instantáneas, el reconocimiento de las características del movimiento y la construcción de gráficos.

Cuadro 4.9. Tarea para evaluar la capacidad de analizar un movimiento

Un viajero pone a cero su cronómetro cuando el coche arranca en el kilómetro 0,0 de la carretera mostrada en el dibujo de la FIGURA 7. Al pasar por los sucesivos hectómetros (cada 100 metros), anota los tiempos marcados por el reloj, obteniendo los datos que se indican en la tabla.

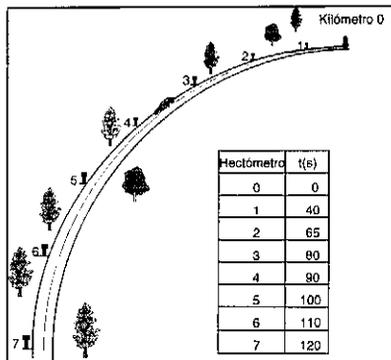


Figura 7

- a) Calcula la velocidad media del recorrido, expresándola en el S.I.
- b) Calcula las velocidades medias en los intervalos de tiempo señalados en la tabla adjunta.

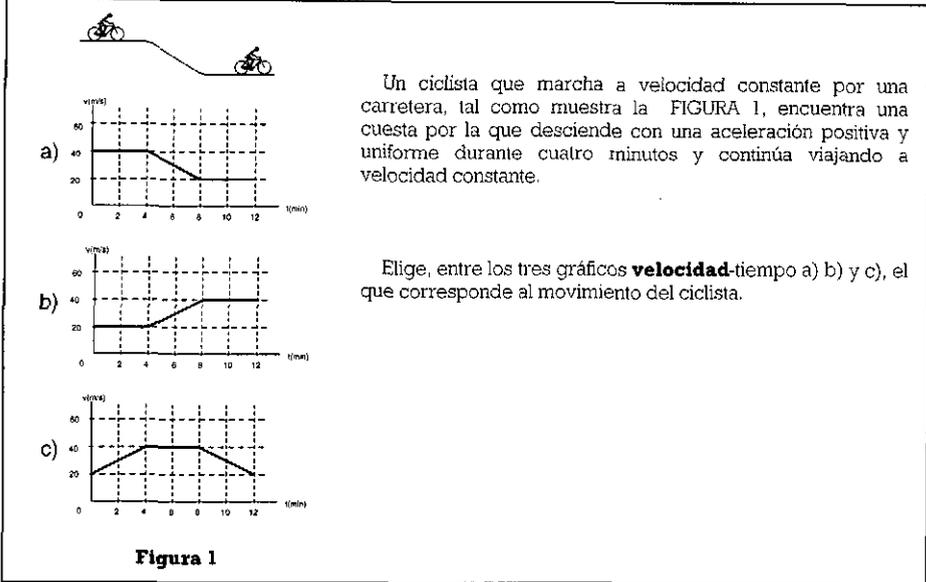
Δt	0 - 40 s	40 - 65 s	65 - 80 s	80 - 90s	90 - 100s	100 - 110 s
v_{media}						

- c) Describe, cualitativamente, el movimiento que lleva el coche, tomando el km 0 como origen del sistema de referencia.
- d) ¿Qué velocidad es de suponer que lleve el coche al pasar por el kilómetro 0.650?
- e) Confírmalo, construyendo los gráficos **espacio-tiempo** y **velocidad-tiempo** correspondientes.
- f) Escribe la ecuación que caracteriza al movimiento entre los kilómetros 0.300 y 0.700.
- g) Si el coche continúa con el mismo movimiento, ¿cuál será su posición cuando el cronómetro señale 150 s?

Interpretación de gráficos

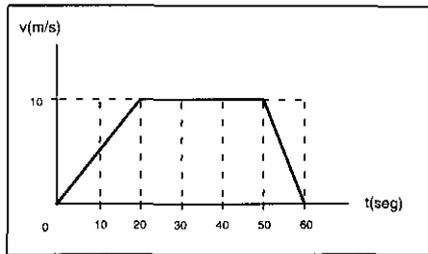
De las tareas que implican la interpretación de gráficos, en el Cuadro 4.10 se presenta la que exige distinguir entre la trayectoria seguida por el móvil y el gráfico que representa su posición o su velocidad con el tiempo. La tarea presentada en el Cuadro 4.11 supone un paso más de complejidad e implica que el alumno tenga en cuenta el valor de las magnitudes físicas implicadas.

Cuadro 4.10. **Tarea para evaluar la distinción entre gráfico y trayectoria**



Cuadro 4.11. **Tarea para evaluar la interpretación de gráficos**

Analiza el movimiento representado por el gráfico de la FIGURA 5 y señala si las afirmaciones siguientes corresponden a dicho movimiento (Correcta) o no (Incorrecta).



- | | | |
|--|----------|----------|
| a) Durante los veinte primeros segundos lleva un movimiento uniformemente acelerado ($a = 0,5\text{m/s}^2$). | C | I |
| b) Entre 20 y 50 segundos, lleva una aceleración de $10/30\text{ m/s}^2$. | C | I |
| c) Entre 20 y 50 segundos ha estado parado. | C | I |
| d) La velocidad es constante durante treinta segundos. | C | I |
| e) La aceleración negativa del frenado es el doble de la aceleración positiva de puesta en marcha. | C | I |
| f) Ha estado en movimiento 60 segundos. | C | I |

4.2.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE "MOVIMIENTO"

4.2.3.1. Muestra

La muestra está constituida por 120 alumnos del curso 4º de la ESO y por 64 alumnos de 2º de B.U.P.; a los primeros se les aplicó la prueba completa, mientras a los alumnos de 2º de B.U.P. solo se les aplicaron algunas de las preguntas. Los alumnos proceden de un Centro concertado, un I.B. de Madrid y dos I.E.S., uno de Madrid y otro de Alcobendas. El protocolo diseñado para el profesorado, que incluye la importancia, grado de dominio, grado indicador y legibilidad de las tareas propuestas, fue respondido por cinco profesores.

4.2.3.2. Validación social del contenido de la prueba

En la Tabla 4.6 se presentan las valoraciones asignadas por los cinco expertos a las actividades propuestas en la prueba. La discrepancia entre los expertos es menor que en otras pruebas, los coeficientes de concordancia de Kendall son elevados, en especial para el grado de validez (0.60), importancia (0.44) y dificultad de lectura (0.37); únicamente no resulta significativo para el grado de dominio exigido al alumno. De todas formas, siguen existiendo fuertes discrepancias entre tareas.

Tabla 4.6. Valoración de la prueba "Movimiento"

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	4.5	0.9	72.5	24.9	90.0	17.3	2.6	1.4
2	4.0	0.0	86.7	4.7	80.0	0.0	2.3	1.6
3	4.0	0.0	80.0	0.0	60.0	0.0	3.0	1.2
4	4.5	0.5	85.0	8.7	80.0	0.0	2.2	1.6
5	3.8	0.4	72.5	13.0	87.5	4.3	2.2	1.5
6	4.1	0.9	72.0	11.7	67.5	21.7	2.2	1.6
7	2.8	0.4	60.0	17.3	87.5	4.3	3.6	1.0
8	4.8	0.4	82.0	7.5	97.5	4.3	2.4	1.7
9	3.9	0.2	74.0	12.0	70.0	17.3	2.4	1.5
10	4.5	0.9	80.0	17.3	95.0	8.7	2.6	2.0
11	3.8	0.4	80.0	0.0	80.0	0.0	1.8	1.2
12	4.0	1.0	80.0	0.0	90.0	0.0	1.0	0.0
13	3.6	0.4	75.0	8.7	70.0	10.0	3.0	1.4
14	3.6	0.6	76.0	24.2	80.0	12.2	3.8	1.2
15	4.5	0.9	84.0	8.0	87.5	4.3	3.2	1.2
ACT	3.3	1.7	60.0	35.6	93.3	9.4	4.7	2.1
Prueba	4.0	0.5	76.2	9.3	82.2	4.1	2.7	1.3

La relevancia asignada a la prueba en su conjunto es elevada (4, 80% del máximo posible) y nueve de las dieciséis tareas están por encima de ese valor. Las tareas consideradas menos importantes son la tarea 7 (sentido y signos de la velocidad y la aceleración en el movimiento de ascenso y caída de una bola, con un valor medio de 2.8), así como la tarea que exigía mostrar el acuerdo o desacuerdo con afirmaciones relativas al movimiento planetario (3.3). También se concede una importancia intermedia a las tres tareas que suponen aplicaciones cuantitativas de las ecuaciones del movimiento (9, 11 y 13 con medias de 3.9, 3.8 y 3.6). El análisis complejo de un movimiento real (tarea 14) y la distinción entre gráfico y trayectoria (tarea 5) son las otras dos tareas con relevancia media inferior a 4.

El grado de dominio medio exigido en la prueba resulta ser del 76.2%, dándose el caso de ocho tareas que quedan por encima del 80% (y con desviaciones estándar menores): son las tareas 2, 3 y 4 (relativas a conceptos cinemáticos básicos), las tareas 8, 10, 12 y 15 (de interpretación de gráficos) y la tarea 11 (aplicación cuantitativa del concepto de aceleración). A las tareas consideradas menos importantes se les exige un grado menor de dominio y, además, presentan mayores desviaciones estándar.

En cuanto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta (75.4%) y queda por encima del 80%, salvo en las preguntas de opción múltiple de las tareas 3 (sistema de referencia) y 6 (reconocimiento de la ecuación del M.U.A.), y en dos de las tareas abiertas de aplicación cuantitativa de los conocimientos (9 y 11). La prueba se considera más difícil de lectura que las anteriores, existiendo cuatro tareas por encima del valor medio de dificultad: tarea 15 (emparejamiento de descripciones de movimiento con sus gráficos, con una dificultad media de 3.2), tarea 7 (signos de la velocidad y la aceleración en el movimiento de ascenso y caída de una bola, con 3.6), tarea 14 (análisis complejo de un movimiento real, con 3.8) y, sobre todo, las afirmaciones relativas al movimiento planetario (4.7, 94% del máximo de dificultad de lectura). Por todo ello, y dado el tiempo requerido por los alumnos para completar la prueba, se contempla la posibilidad de eliminar las tareas 7, 14 y las afirmaciones sobre el movimiento planetario en futuras aplicaciones de la prueba.

4.2.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación.

Como en las pruebas anteriores, se ha contabilizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada pregunta y se han calculado los índices de dificultad y de discriminación, con objeto de analizar cuáles son los conceptos y procedimientos más conflictivos y controlar la posibilidad de respuestas aleatorias. Los resultados se muestran en la Tabla 4.7 y en el histograma de frecuencias de la Figura 4.2. La tarea 7 (de tipo verdadero - falso) se ha subdividido en dos, ya que unas afirmaciones se referían al valor y sentido de la velocidad y las otras a la relación entre velocidad y aceleración en el movimiento de caída libre. Por último, la tarea 14 (análisis complejo de un movimiento) se ha evaluado en cuatro aspectos: distinción entre velocidad media e instantánea (a), reconocimiento del tipo de movimiento (b), construcción de los gráficos (c) e identificación de la ecuación del movimiento (d).

Tabla 4.7. **Frecuencia de elección de cada alternativa**

Tareas	N	Alternativas				No contesta	Índice dificultad	Índice Discriminación
		Científica	1	2	3			
Comprensión conceptos básicos	2	120	51	50	12	7	0.42	0.42
	3	120	71	45		4	0.59	0.36
	4	120	12	24	40	44	0.30	0.23
	7a	120	17	59	39	5	0.14	0.10
	7b	120	9	44	58	9	0.08	0.06
Descripción movimientos	1	120	25	49	29	17	0.21	0.43
	14a	120	17	12	29	62	0.14	0.32
	14b	120	7	7	29	77	0.06	0.19
	14d	120	6	5		109	0.05	0.13
Aplicaciones	6	184	98	30	43	13	0.53	0.17
	9	120	25	49	10	36	0.21	0.43
	11	120	49	21		50	0.41	0.51
	13	120	28	21		71	0.23	0.50
Interpretación gráficos	5	120	70	32	16	2	0.58	0.51
	8	120	78	17	3	17	0.65	0.29
	10	184	65	56	24	34	0.35	0.38
	12	167	39	36	21	61	0.23	0.17
	14c	120	13	11		96	0.11	0.35
	15	184	4	41	64	45	0.37	0.17

La prueba ha resultado difícil, pues once tareas presentan una dificultad superior al 0.33 (con una dificultad media de 0.16) y solo ocho presentan una dificultad intermedia, entre 0.33 y 0.67 (con valor medio de 0.49). La dificultad de la prueba en su conjunto queda, por tanto, en el nivel superior (media de 0.30). Las tareas que han resultado más difíciles son las correspondientes a la descripción cinemática de los movimientos, en especial la que requiere un análisis complejo (media 0.12). Las tareas relativas a la interpretación de gráficos son las que obtienen mejores resultados. A continuación se comentan los resultados por categorías.

Comprensión de conceptos básicos (Tareas 2, 3, 4 y 7)

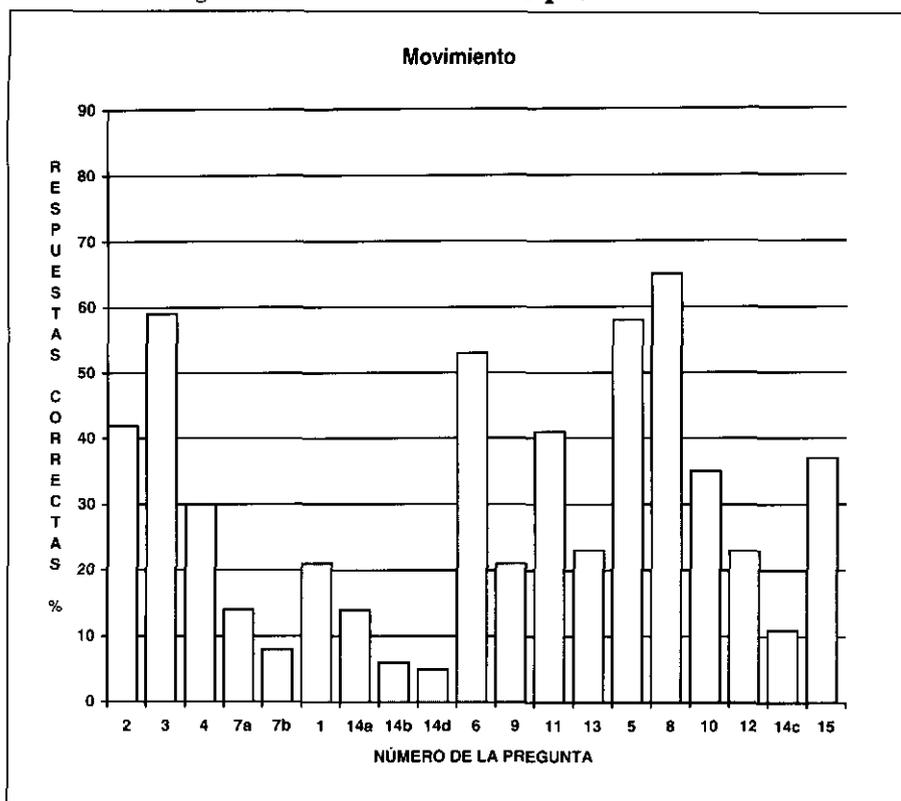
Un 42% de los alumnos selecciona correctamente la posición como la variable cinemática que ha de coincidir en el momento en que un coche adelanta a otro (tarea 2), mientras un porcentaje análogo considera que es la velocidad (alternativa 1). Este resultado es inferior al encontrado en la prueba de diagnóstico inicial (64%), lo cual puede deberse al contexto de la tarea (en aquella prueba se planteaba la pregunta de forma gráfica, lo cual facilita el razonamiento del alumno), pero hay que tener en cuenta que las muestras son diferentes y proceden de centros distintos. En todo caso, la conflictividad de ambos conceptos queda puesta de manifiesto, así como la necesidad de proporcionar a los alumnos más actividades que les ayuden a discriminarlos adecuadamente.

Un 59% de los alumnos elige el sistema de referencia adecuado para definir la posición de un móvil en la tarea 3 y más del 70% reconoce la necesidad de asignar un signo a la velocidad para diferenciar el sentido del movimiento. El problema en la tarea 7a radica en que un 55% de los alumnos de la muestra considera que la afirmación **"Tanto cuando sube como cuando baja la velocidad al pasar por B, $v(B)$, es menor que al pasar por A, $v(A)$ "** es incorrecta. Solamente un 6% diferencia claramente entre velocidad y aceleración (tarea 7b). Aunque más del 70% reconoce que **"Cuando la bola comienza a caer, la velocidad es cero"**, un 50% señala que **"Como la velocidad es cero, la aceleración es también cero"** y un 69% rechaza que **"La aceleración es siempre distinta de cero y, con ese sistema de referencia, siempre negativa"**. Para la mayoría de los alumnos el valor y el signo de la aceleración depende del valor y signo de la velocidad, refiriéndose siempre a ésta, en lugar de referirse al sistema de referencia establecido. Las respuestas proporcionadas por los profesores en la encuesta hacia prever este resultado por tratarse de situaciones no tratadas en el aula.

En cuanto a la comprensión del concepto de aceleración, solo una tercera parte de los alumnos es capaz de calcular su valor en la tarea 4 (aunque un 20% tiene problemas de unidades); otra tercera parte aplica, errónea y rutinariamente, $a = \frac{v}{t}$, adjudicando aceleración a un movimiento uniforme y el resto no responde alguna de las preguntas.

Como ya se ha señalado, las opciones de conformidad o desacuerdo aportadas por los alumnos a las afirmaciones sobre el movimiento planetario y sobre las ideas de Galileo, reflejan más su opinión (o sus conocimientos de otros estudios) que la asimilación de algo discutido en clase. Así, más de la tercera parte de la clase opta por "no sé" en cinco de las doce afirmaciones. Hay una conformidad marcada con la mayor sencillez del modelo de Copérnico para explicar el movimiento de los planetas (70%), con la hipótesis de que **"Si la velocidad de rotación de la Tierra disminuyera con los siglos, el día tendría más de 24 horas"** (65%), con hechos como **"En verano, los rayos solares inciden más perpendicularmente sobre nuestro hemisferio debido a la inclinación del eje terrestre"** (86%) y **"Debido a la inclinación del eje terrestre, el verano del hemisferio Norte se corresponde con el invierno del hemisferio Sur"** (74%) o afirmaciones como **"Los problemas de Galileo no radicaban únicamente en la postura de la Iglesia, sino en el rechazo de la Ciencia de la época que encontraba dificultades para comprender su teoría"** (62%). También hay desacuerdo con afirmaciones geocéntricas como **"Día es el tiempo que tarda el Sol en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra"** (80%) o **"Los días son más largos en verano porque la velocidad de la Tierra alrededor del Sol varía a lo largo del año"** (69%). La única toma de posición alternativa, significativa, estriba en la idea de que **"El invierno se produce cuando la Tierra está más lejos del Sol"** (64%); el resto de opiniones se distribuye aleatoriamente.

Figura 4.2. **Frecuencia de las respuestas correctas**



Descripción cinemática de movimientos reales (Tareas 1 y 14)

La dificultad de ambas tareas, incluso en el caso del análisis más sencillo, se debe a dificultades en la determinación de la velocidad media y su origen no es conceptual sino un problema de enseñanza. Los alumnos calculan correctamente una velocidad media como distancia recorrida dividida por tiempo empleado en recorrerla pero, luego, en lugar de razonar sobre los datos proporcionados sobre el movimiento,

recurren a la memorización y utilizan fórmulas como $\frac{v_{ni} + v_{nf}}{2}$ ó $\frac{\sum v_m}{8}$ calculando la

velocidad media entre el instante en que se pone a cero el cronómetro y el instante de tiempo del periodo en cuestión. El hecho de no calcular correctamente la velocidad media en los diferentes periodos de tiempo solicitados es lo que provoca que, en la tarea 14, solo un 6% reconozca que, tras un periodo de aceleración, el coche adquiere un movimiento uniforme. Una dificultad añadida en el caso de esta tarea, parece ser el reconocimiento de que la expresión $e = e_0 + v \cdot t$ es la ecuación del movimiento uniforme.

Aplicaciones (Tareas 6, 9, 11 y 13)

Más de la mitad de los alumnos elige la ecuación correcta para el M.U.A. (tarea 6) pero, luego, la aplicación en ejemplos cuantitativos les resulta más difícil. En la tarea 9 se debe a que un 41% tiene problemas con las unidades (alternativa 1). En cuanto a la tarea 13, se da el caso de un 59% de alumnos que no responden, no se sabe si por falta de tiempo o porque, al no proporcionarse información explícita sobre el tipo de movimiento, no saben a qué fórmula acudir y no intentan utilizar estrategias de razonamiento para resolverlo.

Si se comparan los resultados encontrados en la tarea 6 entre el curso 4º de la ESO y 2º B.U.P. no aparecen diferencias.

Interpretación de gráficos (Tareas 5, 8, 10, 12, 14c y 15)

Es la categoría de tareas que presenta mejores resultados, en especial en las tareas 5 y 8 (emparejamiento de tipo de movimiento y gráfico). A pesar de ello, el porcentaje de alumnos que confunde la representación gráfica del movimiento con la trayectoria (alternativa 1 de la tarea 5) es similar al encontrado en la prueba de diagnóstico inicial (27 y 20%, respectivamente).

La tarea 15 (emparejamiento del gráfico velocidad - tiempo con la descripción verbal del movimiento) solamente es respondida correctamente por un 37% de los alumnos. Los gráficos más conflictivos corresponden a "**Un cuerpo moviéndose con aceleración constante**" (alternativa 1, con un 22% de alumnos) y a "**Una bola que se lanza con una cierta velocidad, sube verticalmente hasta que se para y cae al suelo**" (alternativa 2, con un 35% que opta por un gráfico que "recuerda" la trayectoria). Tampoco en esta tarea aparecen diferencias importantes entre el curso 4º de la ESO y el 2º de B.U.P. salvo que, frente a un 25% de alumnos que no responden a la tarea en la ESO, un porcentaje análogo de B.U.P. responde inclinándose por la alternativa 2).

En la tarea 10, además del 35% de respuestas correctas, hay que considerar otro 30% que únicamente comete errores en el cálculo de la aceleración a partir de la pendiente (alternativa 1). Pero también aparecen, como sucedía en las tareas 4 y 6, alumnos que responden asignando una aceleración al período de movimiento con velocidad constante (alternativa 2, 13%) o que interpretan el gráfico velocidad - tiempo como si fuera posición - tiempo, afirmando que ha estado parado y no ha estado en movimiento durante el tiempo señalado (alternativa 3, 18%). Las diferencias entre los alumnos de 4º curso de la ESO y de 2º B.U.P. únicamente señala una mayor facilidad de estos últimos en el cálculo de la aceleración a partir de la pendiente del gráfico (50% frente al 28% de la ESO).

La interpretación del gráfico 12 era compleja, pues implica una comprensión muy clara de los conceptos de posición y espacio recorrido, así como la identificación de la velocidad con la pendiente del gráfico. Por eso, no es de extrañar que solo haya un 23% de respuestas totalmente correctas. Para el 21% de los alumnos de la alternativa 1, el problema radica en el concepto de velocidad (son los alumnos que confunden posición con velocidad: "**si la posición es la misma la velocidad es la misma; si el coche va más adelantado lleva mayor velocidad**"). Para un 13% el problema está en identificar posición y espacio recorrido (alternativa 2) y el porcentaje mayor, (37%),

confunde todos los conceptos implicados. La interpretación de este gráfico resulta marcadamente superior en los alumnos de 2º B.U.P. que en los de 4º ESO (53% frente al 4%).

Los resultados obtenidos en la construcción del gráfico relativo al movimiento representado en el dibujo de la tarea 14 no son significativos, pues los alumnos que encontraron dificultades para determinar las velocidades y el tipo de movimiento en las primeras cuestiones de la tarea, abandonaron la misma.

4.2.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

En la Tabla 4.8. se muestra el perfil de puntuaciones establecido para esta prueba a partir de la agrupación de tareas en categorías y en los dos esquemas generales (comprensión conceptual y destrezas de razonamiento). También se indica el tamaño de la muestra, las puntuaciones medias obtenidas y sus desviaciones estándar (como puede comprobarse, bastante elevadas para todos los casos) para cada una de las categorías, esquemas y la prueba completa. Se observa que, excepción hecha de la categoría de interpretación de gráficos, todas las categorías del esquema de comprensión conceptual quedan muy por debajo de la media tradicional.

Tabla 4.8. **Prueba de "Movimiento"**

Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Comprensión de conceptos básicos	2, 3, 4 y 7	120	3.5	2.7
b) Descripción cinemática de movimientos reales	1, 14a, 14b, 14d	120	2.7	2.2
c) Aplicaciones	6, 9, 11, 13	120	3.9	2.7
Esquema de comprensión conceptual	a+b+c	120	3.4	1.8
d) Interpretación de gráficos	5, 8, 10, 12, 14c, 15	184	5.3	2.5
PRUEBA COMPLETA		120	3.9	1.5

Homogeneidad

Como puede comprobarse en la tabla 4.9, los coeficientes de correlación son altos y todos superan el valor estándar de 0.25, lo cual indica que la contribución de cada tarea a la valoración de su categoría es aceptable. Pero, mientras para la categoría de **Comprensión de los conceptos cinemáticos básicos**, los valores más bajos de correlación corresponden a la tarea que ha resultado más difícil (.28 y .26 para las dos mitades en que se ha subdividido la tarea 7), en las otras categorías se invierte prácticamente la relación. Así, la categoría de **Descripción cinemática de movimientos reales** presenta la correlación mayor con dos de las actividades correspondientes a la tarea 14 (que resultaron muy difíciles) y menor con la tercera;

lo que más parece influir en esta categoría es la comprensión de los conceptos de velocidad media e instantánea y, menos, la comprensión de las ecuaciones del movimiento (aunque habría que profundizar en el estudio de estas relaciones). En la categoría de **Aplicación de los conceptos cinemáticos**, la mayor correlación se da con las tareas 9 y 11, también más complejas pues la primera requería el manejo de unidades y en la segunda no se proporcionaba información explícita del tipo de movimiento. En cuanto a la categoría de destrezas, influye más la interpretación de los gráficos más complejos (tareas 10, 12 y 15), a excepción del 14c que implicaba la construcción del mismo y se basaba en otros tipos de tarea.

Tabla 4.9. **Prueba de "Movimiento"**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece
2	.65	a) Comprensión de conceptos cinemáticos básicos	6	.43	c) Aplicación de los conceptos cinemáticos
3	.55		9	.74	
4	.58		11	.68	
7a	.28		13	.58	
7b	.26				
1	.51	b) Descripción cinemática de movimientos	5	.34	d) Interpretación de gráficos
14a	.71		8	.51	
14b	.72		10	.67	
14d	.47		12	.63	
			14c	.31	
			15	.71	
Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba					
			Esquema	Total	
			Comprensión de conceptos		.89
a)	Comprensión conceptos cinemáticos básicos		.70		.61
b)	Descripción cinemática de movimientos		.78		.71
c)	Aplicación conceptos cinemáticos		.66		.57
d)	Interpretación de gráficos		.28		.65

Las correlaciones entre las tres categorías conceptuales y el esquema correspondiente son también elevadas y se repite el último modelo: la categoría que presenta el coeficiente de correlación mayor es la que presenta la media menor (**Descripción cinemática de los movimientos**, correlación .78 y media 2.7) y, recíprocamente, la categoría que presenta el coeficiente de correlación menor es la que presenta la media mayor (**Aplicación de los conceptos cinemáticos** con correlación .66 y media 3.9). Este hecho puede explicarse por la dispersión que presentan los datos y señala, probablemente, un buen valor discriminativo de dichas tareas. Frente a los resultados encontrados en otras pruebas, la correlación entre la

destreza de razonamiento evaluada en esta prueba (interpretación de gráficos) y el esquema conceptual es baja, aunque supera el valor estándar (.28). La contribución del esquema de comprensión conceptual al total de la prueba es ligeramente superior a la de la capacidad de razonamiento (.89 y .65). En consecuencia, la agrupación de las diferentes tareas en categorías, así como la de éstas en una escala única de comprensión de conceptos sobre movimiento se puede considerar adecuada y, por tanto, utilizar tanto el perfil de puntuaciones como la puntuación total como base de calificación.

Valoración y toma de decisiones

Al igual que en pruebas anteriores, las notas correspondientes al nivel de dominio asignado por los profesores a las diferentes tareas se han ponderado en función de la proporción que la importancia de cada categoría tiene con respecto a la relevancia total atribuida a la prueba. La comparación de los resultados con el criterio establecido permitirá tomar decisiones sobre si el alumno ha alcanzado los objetivos propuestos por la prueba. Los resultados de este proceso se recogen en la Tabla 4.10 y se representan en el histograma de frecuencias de la Figura 4.3.

Tabla 4.10. **Prueba sobre "Movimiento"**

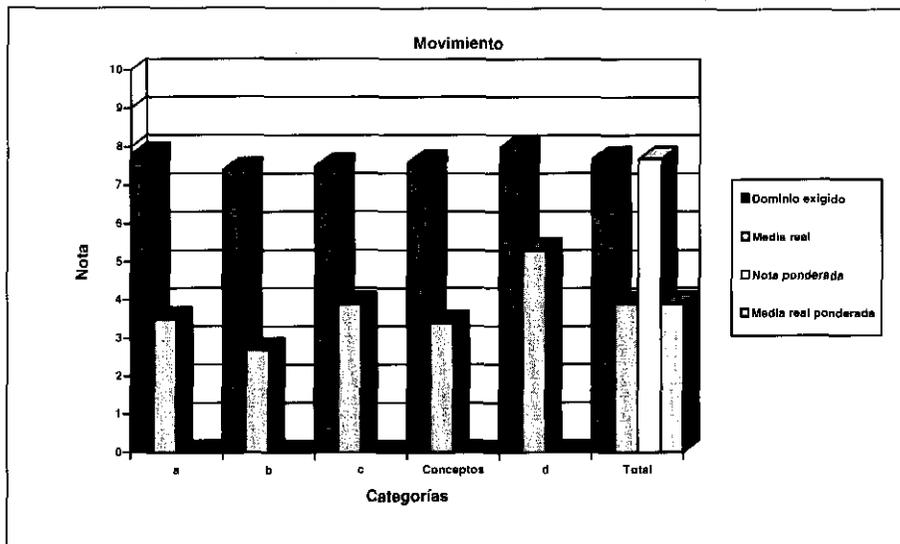
Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

PUNTUACIONES	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equivale- nente	(c) Relevancia: Proporción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponderada
a) Comprensión conceptos básicos	77.9	7.8	.238	1.9	3.5	.83
b) Descripción cinemática de movimientos reales	74.2	7.4	.252	1.9	2.7	.68
c) Aplicaciones	75.2	7.5	.240	1.8	3.9	.94
Esquema conceptual	75.8	7.6	.731	5.5	3.4	2.5
d) Interpretación gráficos	79.7	8.0	.269	2.1	5.3	1.4
PRUEBA COMPLETA	77.3	7.7		7.6	3.9	3.9

La comparación de las puntuaciones medias obtenidas con las notas correspondientes al nivel de dominio exigido por los profesores, señala la discrepancia existente entre lo que el profesor piensa que el alumno debe ser capaz de hacer y lo que éste realmente sabe hacer. Las diferencias menores se dan para la destreza de interpretación de gráficos (aunque es de algo más de tres puntos dado el elevado nivel exigido), mientras que las mayores se dan en la descripción cinemática de movimientos reales y la comprensión de los conceptos básicos (con diferencias superiores a cuatro puntos!).

La importancia que los conceptos y destrezas implicados en las diferentes categorías establecidas en esta prueba tienen en el currículum escolar, reflejado no solo en las valoraciones realizadas por los profesores, sino también en el papel que se les asigna en los grandes proyectos curriculares internacionales (P.S.S.C., NUFFIELD, S.C.I.S., etc.), y los bajos resultados obtenidos indican la necesidad de modificar las estrategias metodológicas de enseñanza - aprendizaje.

Figura 4.3. **Comparación de los perfiles criterio y real**



4.2.3.5. **Implicaciones didácticas**

Aunque el diseño de la prueba incluye tareas que permiten la comparación con los resultados obtenidos en la prueba de diagnóstico inicial para evaluar si el proceso de enseñanza - aprendizaje ha producido cambios en conceptos básicos (diferenciación entre posición y velocidad, trayectoria y gráficos de movimiento, gráficos espacio - tiempo y velocidad - tiempo), no ha sido posible puesto que solamente hay 17 alumnos comunes entre la muestra inicial y la final. De todos modos, los resultados obtenidos en esta prueba indican que, a pesar de las reformas educativas, una mayoría de alumnos continúa abusando de la memorización. La prueba ha resultado difícil y, lo es, porque exige relacionar los diferentes conceptos cinemáticos; pero discrimina bien, como lo demuestran los valores obtenidos en las correlaciones entre los esquemas, categorías y tareas. El problema radica en que muchos alumnos resuelven aquellas tareas en que pueden aplicar *directamente* las definiciones y ecuaciones aprendidas en el aula, pero no son capaces de transferir sus conocimientos a problemas planteados en otros contextos. Es indudable que si se baja el nivel de la prueba los resultados mejorarán pero, si como señalan numerosos investigadores, los contenidos de la evaluación determinan lo que estudia el alumno, lo único que se conseguirá es que el alumno medio se reafirme cada vez más en técnicas de aprendizaje rutinariamente memorísticas.

Respecto a los conceptos específicos del tema hay que destacar:

- Es necesario proporcionar oportunidades a los alumnos de manifestar libremente y contrastar con sus compañeros, o con el profesor, sus conceptos sobre posición, desplazamiento, velocidad y aceleración en contextos diferentes, tal como se ha propuesto en esta prueba y en la de diagnóstico inicial (descripciones verbales de movimientos, presentaciones esquemáticas de los mismos, análisis de gráficos espacio - tiempo o velocidad - tiempo, etc.).
- No es suficiente establecer los conceptos de velocidad media y de velocidad instantánea a partir de su definición o su aplicación en movimientos uniformes o uniformemente acelerados. Es preciso recurrir a su determinación en movimientos reales concretos, y por tanto variados, tal como se propone en la tarea 14 donde el alumno pueda realizar un análisis por tramos y reflexionar sobre como es el movimiento en cada uno de ellos.
- No es conveniente utilizar expresiones como $\frac{v_{mi} + v_{mf}}{2}$ para determinar la velocidad media de un movimiento. No se trata de una ecuación general, sino de un caso muy particular y limitado al movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. El alumno la memoriza y luego la aplica indiscriminadamente, en lugar de utilizar el concepto general, mucho más simple, de velocidad media.
- Es preciso introducir, desde un principio, el concepto de velocidad como una magnitud con una dirección y un sentido (ya que el concepto de vector es demasiado abstracto para estos niveles educativos); ello implica referirla siempre al sistema de referencia y asignarle un signo. Hay profesores que rechazan esta idea por su dificultad pero, luego, resulta más difícil conseguir que el alumno modifique sus estrategias y deje de referir las aceleraciones y fuerzas a la velocidad que en ese momento lleva el móvil.
- Algo similar ocurre con el concepto de aceleración, aunque se parta del reposo siempre debe utilizarse la expresión general $a = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$ porque, en caso contrario, puede llegar a memorizar $a = \frac{v}{t}$ y asignar aceleraciones a movimientos con velocidad constante.
- Otro punto conflictivo y que conviene destacar es la relación entre pendiente y velocidad en los gráficos espacio - tiempo, así como entre pendiente y aceleración en los gráficos velocidad - tiempo. Muchos de los problemas de interpretación de gráficos encontrados en la prueba radican en la dificultad que tienen los alumnos en relacionar una velocidad constante (o una aceleración constante) con un gráfico no paralelo al eje de los tiempos. Y la dificultad es mucho mayor si la línea corta al eje de los tiempos.
- Aunque en esta prueba no se han planteado tareas que impliquen el reconocimiento del significado del área comprendida bajo una gráfica ni la determinación de desplazamientos a partir de la misma, no quiere decir que no se consideren útiles para el estudio del movimiento. Pero se ha considerado que podría resultar un procedimiento difícil de aplicar si no se ha utilizado previamente en el aula.

4.3. EVALUACIÓN SOBRE “FUERZA Y MOVIMIENTO”

4.3.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

En la línea de reestructuración conceptual propuesta en el apartado anterior para los bloques de contenidos relativos a los fenómenos físicos (Figura 4.1), las preguntas que se pretende que el alumno se plantee para experimentar un cambio conceptual hacia explicaciones más acordes con las dadas por la Ciencia son:

- ¿Qué condiciones deben darse entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, o sobre un edificio, para que éste se encuentre en equilibrio y no se caiga?
- Cuando chocan dos cuerpos, ¿cómo son las fuerzas ejercidas por uno sobre el otro?, ¿iguales?, ¿diferentes?
- ¿Es preciso aplicar una fuerza para que un cuerpo deje de estar en reposo?, ¿y para que se siga moviendo con velocidad uniforme?, ¿y para que adquiera una velocidad mayor que la que lleva?
- ¿Cómo es posible enviar cohetes espaciales a planetas tan alejados como Marte sin proporcionarles miles de toneladas de combustible para que se muevan?
- Si la Tierra ejerce una fuerza de atracción sobre todos los cuerpos, ¿atraen también esos cuerpos a la Tierra?
- ¿Es el peso de un cuerpo una característica específica del mismo o se debe a la existencia del campo gravitatorio terrestre?
- ¿Por qué cuando Armstrong puso pié en la Luna saltaba con tanta facilidad? ¿Pesaban menos los cuerpos en la Luna? Si es así, ¿será porque es más pequeña y tiene una masa menor?, ¿será porque no hay atmósfera?

Los objetivos concretos de la prueba se señalan en la tabla del Cuadro 4.12 y en el apartado 4.3.2 se describen brevemente las categorías principales de la prueba, señalando, especialmente, el proceso seguido para evaluar el grado de significatividad alcanzado por el alumno en su elaboración de la relación existente entre Fuerzas y movimiento.

Cuadro 4.12. **Objetivos evaluados en “Fuerza y Movimiento”**

Conocimientos declarativos

- Reconoce que los cuerpos **no** tienen **fuerza** (tienen **energía**) y que las **fuerzas son interacciones** entre dos cuerpos.
- Reconoce el significado de la naturaleza vectorial de la fuerza.
- Distingue los conceptos de masa y peso de un cuerpo, reconociendo las características fundamentales que los diferencian.

Habilidades procedimentales

- Para calcular la resultante de un sistema de fuerzas, utiliza la suma vectorial (gráficamente).
- Expresa las diferentes magnitudes implicadas en el movimiento de un cuerpo (velocidad, aceleración, masa y fuerza) en las unidades apropiadas del S.I.
- Dada una tabla de datos experimentales, reconoce el tipo de gráfico que los representa y es capaz de poner el nombre correcto a los ejes y a la constante.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Es capaz de señalar las fuerzas que actúan en situaciones cotidianas concretas.
- Reconoce, en situaciones cotidianas sencillas, las diferentes fuerzas de acción y de reacción existentes.
- En interacciones (gravitatorias o elásticas) entre dos cuerpos, reconoce la existencia e igualdad de fuerzas entre ambos.
- Es capaz de reconocer, en movimientos concretos, la relación existente entre la fuerza aplicada y el movimiento, tanto en lo que se refiere al módulo como a la dirección y el sentido.
- Aplica correctamente la ecuación fundamental de la Dinámica para determinar la tercera magnitud implicada (fuerza resultante, masa o aceleración) dadas las otras dos.
- Dado un gráfico, *Fuerza – tiempo* o *Fuerza – distancia*, de los datos obtenidos en un experimento, identifica la relación entre las variables representadas, así como el tipo de movimiento resultante.
- Dada una tabla de datos experimentales, reconoce la variable mantenida bajo control.
- Dada una hipótesis sobre los factores que influyen en la gravedad de un planeta, selecciona un diseño de investigación apropiado para evaluarla.
- Dados unos datos hipotéticos sobre la existencia de gravedad en diferentes planetas, es capaz de razonar cuando una condición es necesaria, cuando es suficiente o cuando es necesaria y suficiente.

Actitudes

A partir del desarrollo histórico de las leyes de la Dinámica y de la Gravitación Universal:

- Reconoce que la Ciencia es un proceso dinámico de búsqueda del conocimiento y no una acumulación estática de información.
- Reconoce la apertura de mente de la Ciencia y su capacidad de modificar leyes y teorías ante la aparición de nueva evidencia.
- Reconoce el carácter tentativo de la Ciencia: Nada está completamente demostrado en Ciencia.
- Aprecia el valor de la Ciencia como construcción colectiva del hombre.

4.3.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El diseño inicial de la prueba comprendía treinta y nueve tareas que incluían la evaluación de la ley de gravitación universal y del concepto de presión. La amplitud

de la misma y los intercambios de opinión con los profesores que iban a aplicar la prueba condujeron a reducir las tareas a veintidós y, además, limitarla a la conceptualización de las fuerzas y la relación entre fuerzas y movimiento. En este caso, el modelo de evaluación se presenta de modo que quede explícito el proceso seguido para evaluar el grado de significatividad alcanzado por los alumnos en su reestructuración de los conceptos implicados.

El proceso se inicia con la exploración directa de las ideas elaboradas por el alumno sobre "qué es fuerza", "cómo son las fuerzas entre cuerpos que se atraen o que chocan" y "cuándo hay que aplicar fuerzas para mantener un movimiento". El planteamiento se realiza en dos formatos de presentación: preguntas de verdadero y falso (tarea 1, del Anexo 1.7) y de opción múltiple (tareas 4, 6 y 7 de dicho anexo). En estas últimas tareas los distractores presentan los esquemas alternativos más frecuentes en este área: "**asignación de valores diferentes a las dos fuerzas que constituyen una interacción**", "**el movimiento uniforme requiere una fuerza constante**", "**la fuerza varía con la velocidad**", etc. (preconceptos señalados en otras investigaciones y ya reseñados en el apartado 4.1.2.3).

En la etapa siguiente, en primer lugar se exige al alumno que señale cuáles son las fuerzas que actúan en la situación que se presenta en el Cuadro 4.13 para, a continuación, plantearle otros ejemplos cotidianos en que se indica qué fuerzas actúan y se le pide que infiera el tipo de movimiento resultante: una, más sencilla, corresponde a un desplazamiento horizontal (Cuadro 4.14), mientras que la otra, más compleja, requiere el análisis de un movimiento de caída con gravedad y resistencia del aire (tarea 21 del Anexo 1.7). Por último se propone otro caso en que tiene que determinar las fuerzas que es necesario aplicar, así como señalar el tipo de movimiento cuando se alteran las condiciones propuestas (Cuadro 4.15).

Cuadro 4.13. Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión de qué fuerzas actúan en una situación dada

El tercer principio de la Dinámica dice que *"Cuando dos cuerpos interactúan, la fuerza que el primero ejerce sobre el segundo es igual y de sentido contrario a la que el segundo ejerce sobre el primero"*. Entre todas las posibles interacciones existentes entre los sistemas Tierra, lámpara, cadena y techo, vamos a fijarnos en las tres señaladas en la Figura 2:

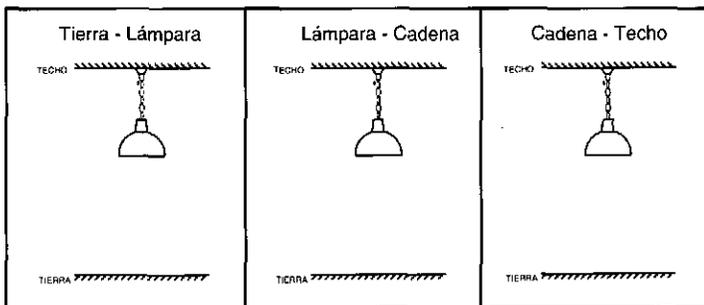


Figura 2

- a) Dibuja las fuerzas correspondientes a cada una de las interacciones.
- b) Dibuja las fuerzas que actúan sobre la lámpara describiendo quién ejerce dichas fuerzas.

Cuadro 4.14. Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión del tipo de movimiento que corresponde a una fuerza resultante

En la Figura 6 se presenta una mano que ejerce fuerzas diferentes sobre un **cochecito en marcha**. Si el rozamiento con el suelo es en todos los casos de 30 N, señala el valor de la fuerza resultante y el tipo de movimiento producido en cada una de las situaciones presentadas.



Figura 6

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| A) F Resultante = | Movimiento: |
| B) F Resultante = | Movimiento: |
| C) F Resultante = | Movimiento: |

Si la masa del cochecito anterior es de 20 kg, determina la aceleración en cada uno de los casos.

Cuadro 4.15. Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión de la fuerza que debe aplicarse en cada movimiento

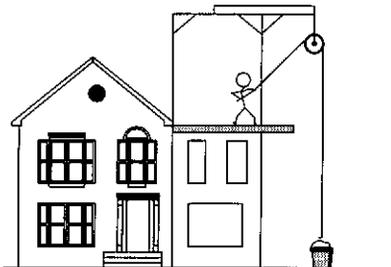


Figura 7

El obrero de la figura 7, está subiendo un cubo que contiene 10 kg de cemento, por medio de un sistema de cuerda y polea.

- ¿Qué **fuerza** tendrá que ejercer sobre la cuerda para mantener el cubo suspendido en el aire?
- ¿Qué **fuerza** tendrá que ejercer sobre la cuerda para que el cubo ascienda con una **aceleración** de $0,5 \text{ m/s}^2$?
- ¿Cuál será la aceleración del cubo si la cuerda se rompe?

Se considera que esta progresión en las tareas permite reconocer si la dificultad del alumno está en el reconocimiento de las fuerzas que actúan en el sistema, en la comprensión de las condiciones de aplicación de las leyes de la dinámica e, incluso, como se verá después al analizar los resultados de la tarea propuesta en el Cuadro 4.15, si los alumnos son capaces de utilizar procesos autorregulatorios y supervisar el proceso seguido en la resolución de una tarea.

Por último, para determinar si los alumnos han logrado una mayor significatividad en su reestructuración conceptual se propone una tarea que implica señalar la dirección de la velocidad de una bala de cañón a lo largo de su trayectoria, así como de la fuerza o fuerzas que actúan sobre ella durante el movimiento (tarea 8 del Anexo 1.7) y otra que requiere analizar el sistema de fuerzas entre dos bloques unidos por

un sistema de cuerda y polea para inferir si se producirá o no movimiento (tarea 13 del mismo anexo).

Destrezas de razonamiento lógico

Finalmente, como en los otros modelos de evaluación desarrollados, se incluyen tareas que no evalúan los conocimientos del alumno, sino su capacidad de razonar sobre un problema para determinar cuando para que acontezca un hecho es condición necesaria o suficiente que se produzca otro, cuando su producción depende de que se den, además, otras condiciones o cuando dos fenómenos interactúan de un modo dado. También se evalúa la capacidad de los alumnos de controlar variables para falsar una hipótesis. Como ya se ha señalado, la mejor forma de realizar esta evaluación sería una entrevista clínica, tal como la presentada en el Cuadro 4.16. En el modelo de evaluación diseñado se presenta en formato cerrado (Tareas 14 a 18 del Anexo 1.7).

Cuadro 4.16. Ejemplo de entrevista para evaluar la capacidad de razonamiento lógico y control de variables

Supongamos que unos astronautas quieren determinar la existencia de gravedad en cuatro planetas que tienen las características siguientes:

PLANETA 1	PLANETA 2	PLANETA 3	PLANETA 4
Sin atmósfera	Con atmósfera	Con atmósfera	Sin atmósfera
Con metales pesados	Sin metales pesados	Con metales pesados	Sin metales pesados

- * ¿Qué planetas tendrías que comparar para ver si es **falso** que se necesita atmósfera para que exista gravedad?. ¿Por qué eliges ese par de planetas y no otro par?
- * Vamos a suponer que unos astronautas encontrarán que solamente existe gravedad en los planetas 1, 2 y 3, ¿qué conclusión podrías sacar?
 - ¿Podría decirse que se necesita tanto la presencia de atmósfera como de metales pesados para que haya gravedad?. ¿Por qué piensas eso?
 - ¿Podría decirse que es suficiente con la presencia de uno de los factores (atmósfera o metales) para que haya gravedad?. ¿Por qué?
 - ¿Podría decirse que los metales no influyen para nada, porque hay gravedad en planetas que carecen de metales?. ¿Por qué crees que es así?

Este tipo de preguntas podrían hacerse para los casos hipotéticos en que los astronautas únicamente encontrarán gravedad en los planetas 1 y 3, en los 2 y 3, solamente en el 3, etc.

(Dado el supuesto elegido, para terminar, será necesario explorar la opinión del alumno sobre si los planetas necesitan tener atmósfera para que exista gravedad. En caso de que consideren que sí, habrá que plantearles situaciones de conflicto cognitivo, aunque no sea ese el objetivo de la prueba).

4.3.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE "FUERZA Y MOVIMIENTO"

4.3.3.1. Muestra

La muestra está constituida por 100 alumnos del curso 4º de la ESO y por 64 alumnos de 2º de B.U.P.; a los primeros se les aplicó la prueba completa, mientras a los alumnos de 2º de B.U.P. solo se les aplicaron algunas de las preguntas. Los

alumnos proceden de un Centro concertado, un I.E.S. y un I.B., de Madrid. El protocolo diseñado para el profesorado, que incluye la importancia, grado de dominio, grado de validez y dificultad de lectura de las tareas propuestas, fue respondido por cinco profesores.

4.3.3.2. Validación social del contenido de la prueba

En la Tabla 4.11 se presentan las valoraciones asignadas por los cinco expertos a las actividades propuestas en la prueba. La discrepancia entre los profesores - expertos es mayor que en la prueba de Movimiento: el coeficiente de concordancia de Kendall solamente resulta significativo en el caso de la importancia asignada a las tareas (coeficiente de 0.37 y $p < .05$), pero no supera el 0.27 y no es significativo en ninguna de las otras características solicitadas.

Tabla 4.11. Valoración de la prueba de Fuerza y movimiento para el curso 4º de la ESO

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	4.6	0.5	83.0	15.4	78.0	4.0	3.2	1.5
2	4.0	0.9	74.0	21.5	58.0	26.4	3.2	1.5
3	4.0	1.3	81.0	22.4	84.0	8.0	2.8	1.6
4	3.8	1.2	74.0	22.4	76.0	13.6	3.4	1.4
5	3.6	0.5	66.0	17.4	82.0	4.0	3.0	1.7
6	3.2	1.6	56.0	32.0	44.0	23.3	2.6	1.5
7	2.4	1.2	24.0	12.0	70.0	35.2	2.8	1.6
8	3.0	0.9	62.0	30.6	80.0	0.0	3.2	1.8
9	4.4	0.8	78.0	24.0	73.0	27.1	4.0	0.9
10	4.4	0.8	76.0	18.5	79.0	11.1	2.6	1.6
11	4.6	0.5	72.0	19.4	80.0	11.0	3.2	1.8
12	3.8	0.4	73.0	22.3	82.0	7.5	3.2	1.6
13	2.6	0.8	58.0	24.0	82.0	7.5	3.4	1.6
14	3.6	0.8	73.0	26.8	82.0	11.7	3.4	1.2
15	3.6	0.8	74.0	27.3	82.0	11.7	3.4	1.2
16	3.6	0.8	74.0	27.3	82.0	11.7	3.4	1.2
17	3.6	0.8	74.0	27.3	82.0	11.7	3.4	1.2
18	3.6	1.9	70.0	35.2	56.0	42.2	3.4	2.0
19	3.2	1.2	76.0	28.0	72.0	9.8	3.6	0.8
20	4.0	1.1	70.0	25.5	76.0	13.6	3.8	1.0
21	3.4	0.5	66.0	8.0	74.0	20.6	3.4	0.8
22	3.4	0.8	64.0	25.8	85.0	10.0	4.2	1.0
Prueba	3.7	0.6	69.0	19.7	75.4	8.3	3.3	1.2

La prueba en su conjunto se considera bastante relevante (3.7, 74% del máximo posible), aunque su relevancia es inferior a la asignada a la prueba sobre Movimiento. Las tareas consideradas menos importantes son las tareas 7 (inferencia

de la aceleración de un movimiento a partir del gráfico $F(t)$, con una relevancia media de 2.4), la 13 (aplicación de las leyes de la Dinámica para inferir el tipo de movimiento de dos bloques unidos, uno de los cuales está suspendido de una polea, con una relevancia media de 2.6) y la 8 (dibujar los vectores velocidad y fuerza relativos a una bala de cañón a lo largo de su trayectoria, media 3.0).

El grado de dominio medio exigido en la prueba resulta ser del 69% y únicamente dos tareas superan el 80% (la 1, relativa a la conceptualización de fuerza y la 3, que requiere determinar la resultante de dos fuerzas). Las dos tareas relativas a la relación entre la fuerza aplicada y el módulo de la velocidad presentan el grado de dominio menor (tarea 7, presentada a partir de un gráfico $F(t)$, con una exigencia del 24% y tarea 6, en contexto verbal, con un 56%). Otras tareas en las que se exige un menor grado de dominio son la 8 (con un 62%) y la 13 (58%), ambas consideradas, también, poco relevantes. Las tareas relativas al análisis del movimiento de un paracaidista en su caída (21), las que requieren reconocer las fuerzas existentes en el sistema Tierra - lámpara - cadena - techo (5) y aquellas que piden la opinión del alumno sobre afirmaciones relativas a los aspectos cognitivos de las actitudes (22) presentan también exigencias de dominio menores (66%, 66% y 64%).

En cuanto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta (75%) y queda por encima del 80% en la mitad de las tareas. Los valores inferiores corresponden a las tareas 6 (relación entre la fuerza y el módulo de la velocidad en contexto verbal, con una asignación media del 44%), la tarea 18 (necesidad o no de atmósfera para que exista gravedad, con un 56%) y la tarea 2 (valores posibles de la resultante de dos fuerzas, con un 58%).

La prueba se considera más difícil de lectura que las anteriores, aunque hay que señalar que es la característica que presenta mayor discrepancia entre expertos. Solo cuatro tareas presentan valores de dificultad por debajo de la media (tareas 3, 6, 7 y 10) y dos tareas presentan una dificultad por encima del 4 (80% de la dificultad máxima). Tareas consideradas poco importantes, como la 8 y la 13, presentan, también, valores altos de dificultad (3.2 y 3.4), por lo cual, y dado el tiempo requerido por los alumnos para completar la prueba, se contempla la posibilidad de eliminarlas en futuras aplicaciones.

4.3.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad y de discriminación.

Como en las pruebas anteriores, se ha contabilizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada pregunta y se han calculado los índices de dificultad y de discriminación, con objeto de analizar cuáles son los conceptos y procedimientos más conflictivos y controlar la posibilidad de respuestas aleatorias. Los resultados se muestran en la Tabla 4.12. y en el histograma de frecuencias de la Figura 4.4. Al igual que en la prueba anterior, la tarea 1 (de verdadero - falso) se ha subdividido en tres, ya que unas afirmaciones tratan de evaluar el tipo de elaboración realizado por el alumno sobre el concepto general de fuerza, otras exigen el reconocimiento de las características de las dos fuerzas integrantes de la interacción y las otras se refieren a la relación entre fuerza y movimiento. También la tarea 12 (análisis cuantitativo de las fuerzas y aceleraciones existentes en un desplazamiento

vertical) se ha evaluado en tres aspectos: fuerza necesaria para mantener suspendido el cuerpo (a), fuerza necesaria para que ascienda con una aceleración determinada (b) e identificación de la aceleración en caída libre (c).

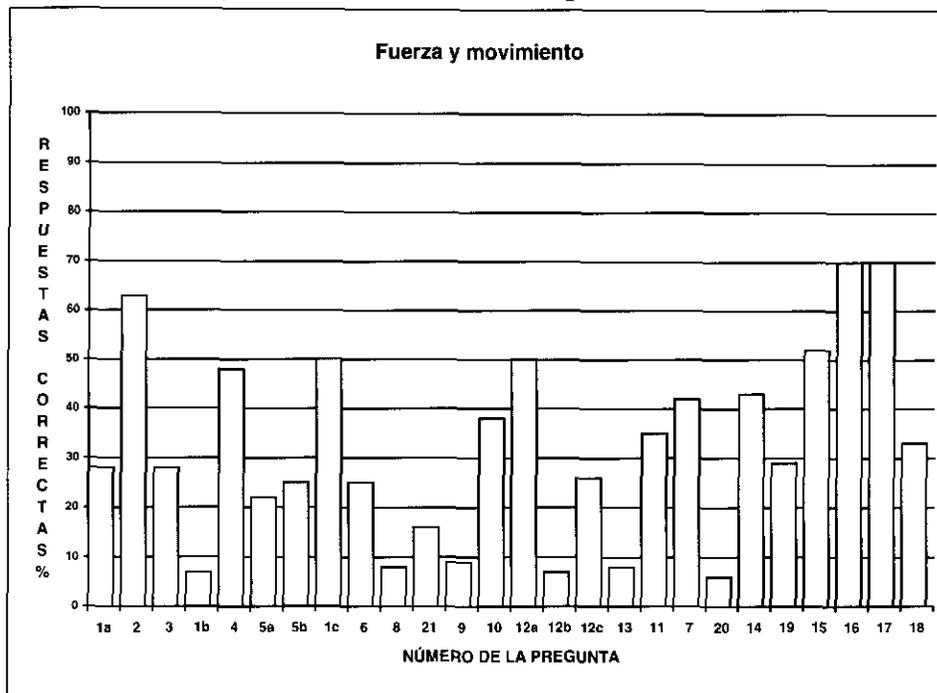
Tabla 4.12. **Frecuencia de elección de cada alternativa**

N=100		Alternativas				No	Índice	Índice
Tareas		Científica	1	2	3	contesta	dificultad	discriminación
Conceptualización de fuerza	1a	3	25	58	11	3	0.28	0.38
	2	63	36			1	0.63	0.33
	3	28	38	7		27	0.28	0.64
Conceptualización de acción y reacción	1b	7	16	17	60	0	0.07	0.10
	4*	79	25	60		0	0.48	0.31
	5a	3	19	20	25	33	0.22	0.25
	5b	25	18	24		33	0.25	0.06
Fuerza-movimiento (cualitativo)	1c	50	41	5	4	0	0.50	0.25
	6*	41	47	74		2	0.25	-0.04
	8	4	4	14	32	46	0.08	0.07
	21	16	25	44		15	0.16	0.20
Fuerza-movimiento (cuantitativo)	9	9	13	11	55	12	0.09	0.20
	10	38	10	10		42	0.38	0.52
	12a*	82	35			47	0.50	0.46
	12b*	12	74	24		54	0.07	0.00
	12c*	43	52			69	0.26	0.27
	13	8	49	12		31	0.08	0.05
Masa y peso	11*	58	7	28	70	1	0.35	0.39
Interpretación gráficos	7	42	40	16		2	0.42	0.18
	20	6	26	15		53	0.06	0.17
Control de variables	14	43	48			9	0.43	0.05
	19	29	43			28	0.29	0.26
Análisis lógico	15	52	41			7	0.52	0.32
	16	70	22			8	0.70	0.55
	17	70	22			8	0.70	0.46
	18	17	16	35		32	0.33	0.11

* N= 164 en estas tareas

La dificultad media de la prueba en su conjunto ha resultado elevada (0.32). De las veintiséis tareas resultantes, quince presentan una dificultad superior al 0.33 (con una dificultad media de 0.18), nueve ostentan una dificultad intermedia, entre 0.33 y 0.67 (con valor medio de 0.47) y solo dos resultan fáciles (0.70). Además, frente a los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, en este caso hay diez tareas con índices de discriminación inferiores a 0.20, y otras cinco lo tienen entre 0.20 y 0.30. A continuación se comentan los resultados por categorías.

Figura 4.4. **Frecuencia de las respuestas correctas**



Conceptualización de fuerza (1a, 2, 3)

Respecto a la conceptualización de la fuerza, los alumnos tienen muy claro que **"Las fuerzas producen deformaciones y aceleraciones"** y que es falso que **"En un edificio no existen fuerzas, las fuerzas aparecen cuando el edificio se comienza a derrumbar"**, en cambio consideran mayoritariamente correcto que **"Un levantador de pesos tiene una fuerza mayor que un hombre normal"** (con un 66% de respuestas favorables), mientras que la afirmación **"Las fuerzas son interacciones entre cuerpos, por eso no existen fuerzas aisladas: las fuerzas existen siempre por parejas"** les resulta falsa (85%). La contundencia de estos resultados induce a pensar que en los centros no se ha establecido el concepto de fuerza como interacción entre los cuerpos y, por ello, en la línea señalada por la investigación didáctica, los alumnos continúan manteniendo una visión confusa entre fuerza y energía.

Los alumnos consideran correctamente la naturaleza vectorial de la fuerza para determinar la resultante de dos fuerzas, aunque un 38% no es capaz de estimar su valor cuando el ángulo no es 0 ó 180° (alternativa 1 de la tarea 3).

Conceptualización de las fuerzas de una interacción (“acción y reacción”) (1b, 4, 5)

El hecho de que los alumnos no trabajan el concepto de fuerza como interacción se refleja, también, en los resultados de las tareas agrupadas en esta categoría. Un 75% de los alumnos considera que **“La fuerza con que la Tierra atrae a un avión es mayor que la fuerza con que el avión atrae a la Tierra”** y, por lo tanto, consideran falso que **“En el atropello de una oveja, la fuerza que ejerce el coche sobre la oveja es igual a la que ejerce la oveja sobre el coche”**, de ahí la gran dificultad y el bajo índice de discriminación de la tarea 1b.

En el caso de la tarea 4 (que presentaba el problema del choque como pregunta de opción múltiple) los resultados son mejores, principalmente por la ampliación de la muestra a alumnos de 2º de B.U.P. (35% de respuestas correctas en 4º ESO y 69% en B.U.P.). De todas formas, todavía un 45% en ESO y un 23% en B.U.P. consideran como opción **incorrecta** la que refleja la aplicación directa de la tercera ley de la dinámica **“Durante el choque, la fuerza que el coche ejerce sobre el árbol es de la misma intensidad que la que el árbol ejerce sobre el coche”**.

Por último, tanto los resultados obtenidos como la observación directa durante la aplicación de las pruebas, pone de manifiesto que los alumnos no se han planteado suficientemente el problema de establecer las fuerzas existentes en situaciones cotidianas. De las tres interacciones propuestas, lo más sencillo (por ser lo más habitual) es reconocer cuáles son las dos fuerzas de interacción en el sistema lámpara - cadena (25% de fallos), mientras que el sistema Tierra - lámpara es el más difícil (52% de fallos).

Modelo cualitativo sobre la relación entre fuerza y movimiento (1c, 6, 7, 8, 21)

La persistencia del esquema alternativo **“el movimiento uniforme requiere una fuerza constante”** se pone de manifiesto tanto en la tarea 6 como en las afirmaciones verdadero - falso de la tarea 1, dado que más del 40% de la muestra opta por las afirmaciones **“Si se le aplica una fuerza constante, se moverá con un movimiento uniforme”** y **“Aunque no exista rozamiento, para que un cuerpo se mueva en línea recta con velocidad uniforme es necesario que actúe sobre él continuamente una fuerza”**. Tampoco aparecen diferencias entre los alumnos de 4º ESO y 2º B.U.P. El resultado es muy similar para la tarea 7, donde un 40% relaciona el gráfico de crecimiento uniforme de la fuerza con el tiempo con un movimiento de aceleración constante.

El análisis dinámico de las situaciones planteadas en las tareas 8 (trayectoria de la bala de cañón) y 21 (descenso de un paracaidista) señala que:

- solamente 4 alumnos son capaces de indicar correctamente la dirección de la velocidad y de las fuerzas en el caso de la bala de cañón, mientras que otros cuatro reconocen que el peso de la bala actúa de forma constante a lo largo de toda la trayectoria (agrupados en la alternativa 1).
- un 14% piensa que el peso comienza a actuar cuando la bala inicia el descenso (alternativa 2).
- un 32% de los alumnos dibuja la fuerza siempre en la dirección de la velocidad (alternativa 3).

- un 46% de los alumnos se considera incapaz de señalar la dirección de la velocidad y de las fuerzas sobre la bala.
- un 25% de los alumnos opta por relacionar la fuerza resultante con un movimiento uniforme en el caso del paracaidista, lo cual incluye la identificación de una fuerza resultante nula con el reposo o suspensión en el aire (alternativa 1)
- un 44% de los alumnos da respuestas contradictorias en el movimiento del paracaidista (alternativa 2).

Modelo cuantitativo sobre la relación entre fuerza y movimiento (9, 10, 12, 13)

Los alumnos se encuentran más cómodos en aquellas tareas donde tienen una "formula a la que asirse". Así un 50% señala correctamente que el obrero ha de aplicar una fuerza igual al peso del cubo para mantenerlo suspendido en el aire (tarea 12a) y un 38% determina correctamente los valores de la aceleración para las distintas situaciones planteadas en la tarea del cochecito de niño (tareas 9 y 10). En cambio, tal como sucede en el movimiento del paracaidista, solo un 9% de los alumnos señala correctamente el tipo de movimiento que seguirá el cochecito según el valor de la fuerza aplicada, mientras otro 13% no tienen en cuenta que el cochecito parte de una velocidad inicial (alternativa 1); más de la mitad de la muestra (alternativa 3) se limita a afirmar que el movimiento será "**positivo o negativo**". Esto pone de relieve que calcular los valores de la fuerza resultante y de la aceleración es sencillo, solo supone aprender el procedimiento correspondiente, pero reflexionar y relacionarlo cualitativamente con el tipo de movimiento es algo más complejo, pues implica una supervisión del razonamiento seguido y de los resultados obtenidos.

Esta falta de supervisión y de ausencia de procesos autorregulatorios en el comportamiento del alumno se manifiesta, también, en el segundo apartado de la tarea 12. Del 50% de alumnos que reconoce la fuerza necesaria para mantener el cubo, solamente el 7% (la mayoría de los cuales corresponden a la muestra de 2º de B.U.P.) es capaz de darse cuenta de que, para conseguir subirlo con una aceleración, habrá que aplicar una fuerza superior a su propio peso, mientras que un 45% se limita a la aplicación rutinaria de $F = m \cdot a$ sin realizar después ningún análisis sobre el hecho de que los 5 N resultantes son inferiores a los 98 N necesarios para mantener el cubo sin que se caiga al suelo. Otro dato importante es que la mayoría de los alumnos de 4º de la ESO (los resultados en la muestra de B.U.P. son, en cambio, mejores) no reconocen que, al romperse la cuerda, el cubo cae con la aceleración de la gravedad.

Por último la tarea 13 vuelve a poner en evidencia que los alumnos no están habituados a analizar las fuerzas que actúan sobre los cuerpos: la mitad de la muestra señala que "**El bloque no se puede mover ya que su peso es de 100 N y la fuerza ejercida por el cuerpo colgado es solo de 60 N**", reflejando una análisis superficial de la situación que no considera que, para mover el bloque, solamente hay que vencer la fuerza de rozamiento.

Conceptualización de masa y peso (11)

Aunque un 35% resuelve esta tarea de verdadero - falso, señalando correctamente los valores de masa y peso del astronauta, un 27% de la muestra

rechaza, categóricamente, que **"La masa de los cuerpos es independiente del astro en que se encuentren"**. Además, entre los alumnos que aceptan este hecho, hay más de un 20% que dan respuestas contradictorias cuando eligen el valor del peso del astronauta en otro planeta. El porcentaje de respuestas correctas vuelve a ser superior en la muestra de alumnos de 2° de B.U.P.

También hay que resaltar que un 20% de los alumnos señala (y dibuja), en diferentes tareas de la prueba, el peso y la fuerza de gravedad como dos fuerzas distintas.

Destrezas de razonamiento (7, 14, 15, 16, 17, 18, 19 20)

Las tareas relativas a destrezas de razonamiento de esta prueba han sido resueltas por los alumnos con más facilidad que las de pruebas anteriores. Los mejores resultados corresponden a las tres tareas categorizadas como análisis lógico (determinación de las condiciones necesaria, suficiente o necesaria y suficiente), al haber sido resueltas por más del 50% de la muestra y presentar buenos índices de discriminación.

Tanto las dos tareas de interpretación de gráficos como las dos de control de variables presentan resultados contradictorios: Mientras una de ellas es resuelta por más del 40% de los alumnos, la otra no llega al 30% (Tarea 19, de control de variables) o al 10% (tarea 20, de interpretación de gráficos). La dificultad de las tareas 19 y 20 puede deberse al hecho de que utilizaban datos totalmente abstractos (variables X, Y, Z), lo cual ha desorientado a los alumnos y éstos no han sido capaces de limitarse a analizar los resultados dados en las tablas y los valores señalados en los gráficos. Con vistas a una posterior aplicación, las tareas se han modificado, refiriéndolas a las magnitudes dinámicas de fuerza, masa y aceleración.

Actitudes

Las afirmaciones que se proponen en este modelo a los alumnos corresponden, como en casos anteriores, a los aspectos cognitivos de las actitudes y, especialmente, a la exploración de su opinión sobre la estructura de la Ciencia. Entre un 11 y un 20% de la muestra de alumnos que completó la tabla (76 alumnos) opta por el **"no sé"** en alguna de las afirmaciones. Las afirmaciones conflictivas con la Ciencia señalan una creencia en la permanencia (o invariancia) de las teorías científicas, más marcada cuando se indica en general (un 62% está de acuerdo en que **"El respeto existente en tiempos de Newton al pensamiento de los filósofos griegos se debe a que las teorías científicas se consideran verdades permanentes"**) que cuando se propone una ley en particular (solo un 25% muestra su desacuerdo con **"Aunque la gravitación universal de Newton sea una ley de la Ciencia puede variarse si aparecen nuevas evidencias"**). También destaca la postura positivista de los alumnos (un 63% opta porque **"La investigación científica avanza resolviendo los problemas tecnológicos que se van presentando"**) y, sobre todo, la postura empirista, con un 70% opinando que **"Como afirma Newton, las hipótesis se construyen a partir de la observación de los fenómenos"**.

4.3.3.4. Estudio de la homogeneidad de la prueba

Establecimiento de categorías

En la Tabla 4.13 se muestra el perfil de puntuaciones establecido para esta prueba a partir de la agrupación de tareas en categorías y en los dos esquemas generales (comprensión conceptual y destrezas de razonamiento). También se indica el tamaño de la muestra, las puntuaciones medias obtenidas y las desviaciones estándar (como puede comprobarse, bastante elevadas para todos los casos) para cada una de las categorías, los esquemas y la prueba completa. Las tareas 8 y 13 (diseñadas para comprobar si algunos alumnos habían conseguido un nivel de reestructuración conceptual completamente científico) no han sido incluidas en ninguna categoría, debido a su elevado índice de dificultad. La tarea 18 tampoco se ha considerado, puesto que su inclusión con las tareas de destrezas de razonamiento lógico solo pretendía que el alumno reflexionara sobre las características reales de la fuerza de gravedad y no retuviera, erróneamente, alguno de los supuestos realizados en las tareas anteriores. Se observa que, excepción hecha de la categoría de destrezas de razonamiento lógico, las otras categorías de destrezas y todas las categorías del esquema de comprensión conceptual quedan muy por debajo de la media tradicional.

Tabla 4.13. **Prueba de "Fuerza y movimiento"**

Categorías que integran el perfil: Composición y puntuaciones medias

Categorías	Tareas	N	Media	Desv. Típica
a) Conceptualización de fuerza	1a, 2, 3	100	4.6	3.2
b) Conceptualización de las fuerzas de una interacción	1b, 4, 5a, 5b	100	1.8	2.0
c) Relación entre fuerza y movimiento			3.1	1.9
- cualitativa	1c, 6, 7, 21	100	3.3	2.1
- cuantitativa	9, 10, 12a, 12b, 12c		2.9	2.7
d) Conceptualización de masa y peso	11	164	3.6	4.4
Esquema de comprensión conceptual	a+b+c+d	100	3.1	1.4
e) Interpretación de gráficos	7, 20	100	2.7	2.5
f) Control de variables	14, 19	100	3.6	0.7
g) Razonamiento lógico	15, 16, 17	100	6.4	3.8
Destrezas de razonamiento	e+f+g	100	4.3	2.1
PRUEBA COMPLETA		100	3.4	1.3

Homogeneidad

El análisis de las correlaciones de cada una de las tareas propuestas con la categoría de que forma parte, así como de éstas con los dos esquemas establecidos y

con el total de la prueba, permite determinar la coherencia de las agrupaciones realizadas. Estas correlaciones se presentan en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. **Prueba de "Fuerza y Movimiento"**

Índices de homogeneidad

Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece	Tarea	Índice	Categoría a la que pertenece*
1a	.63	a) Conceptualización de fuerza	1b	.22	b) Conceptualización de las fuerzas de una interacción
2	.67		4	.62	
3	.85		5a	.76	
		5b	.64		
1c	.34	c) Relación entre fuerza y movimiento	7	.61	e) Interpretación de gráficos
6	.00		20	.75	f) Control de variables
7	.41		14	.80	
21	.15		19	.75	g) Razonamiento lógico
9	.52		15	.75	
10	.69		16	.80	
12a	.59		17	.84	
12b	.15				
12c	.53				

Correlación de cada categoría con el esquema correspondiente y con el total de la prueba

	Esquema	Total
	Esquema conceptual	
a) Conceptualización de fuerza	.65	.64
b) Conceptualización de las fuerzas de interacción	.50	.33
c) Relación entre fuerza y movimiento	.76	.68
- cualitativa	.37	.28
- cuantitativa	.69	.64
d) Conceptualización de masa y peso	.27	.34
	Destrezas científicas de razonamiento	
e) Interpretación de gráficos	.57	.35
f) Control de variables	.57	.21
g) Razonamiento lógico	.71	.50

* La categoría d) Conceptualización de masa y peso no se incluye por estar constituida por un único elemento.

Como puede comprobarse en la tabla, en el caso de la **Relación entre fuerza y movimiento** solamente se muestran las correlaciones de las tareas con la categoría total, que abarca tanto las que implican una comprensión cualitativa como cuantitativa. En esta categoría existen varias tareas que presentan una correlación inferior al valor estándar; son las tareas 6, 12b y 21 que, como ya se ha señalado, presentan una gran dificultad y poco poder discriminante, lo cual supone una falta de variabilidad en las respuestas que impide que influyan sistemáticamente en las puntuaciones. Lo mismo sucede en la categoría de **Conceptualización de las fuerzas de una interacción** con la tarea 1b.

En cuanto a las correlaciones de las categorías con el esquema de *Comprensión conceptual*, se observa que las contribuciones mayores corresponden a las categorías de *Conceptualización de fuerza* (.65) y *Relación entre fuerza y movimiento* (.76), aunque en este último caso se debe más a la subcategoría que agrupa las tareas cuantitativas, más sencillas para el alumno (que presenta una correlación de .69) que para la subcategoría que agrupa las cualitativas, que suponen una mayor comprensión pues no hay "fórmulas a las que asirse" (con un valor de .37). También la categoría *Conceptualización de masa y peso* presenta un valor bajo, pero es lo normal, al tratarse de una categoría con un único elemento.

El esquema correspondiente a las *Destrezas científicas de razonamiento* presenta correlaciones elevadas con las tres categorías que lo constituyen, aunque mayor con *Razonamiento lógico*, aparentemente más sencilla, que con *Control de variables* o *Interpretación de gráficos*. La contribución de estas categorías y del esquema con el total de la prueba resulta claramente inferior frente a las contribuciones de las categorías y el esquema conceptual. Por otro lado, la correlación entre el esquema conceptual y el de destrezas científicas de razonamiento (.23) no llega a alcanzar en esta prueba el valor estándar. Es probable que una modificación de las tareas 19 y 20, hablando de magnitudes concretas como fuerza, masa y aceleración en lugar de hablar de X, Y o Z, permita cambiar estos resultados. A pesar de ello, puede considerarse que la agrupación de tareas y el perfil de categorías establecido es adecuado para tomar las puntuaciones como base de calificación.

Valoración y toma de decisiones

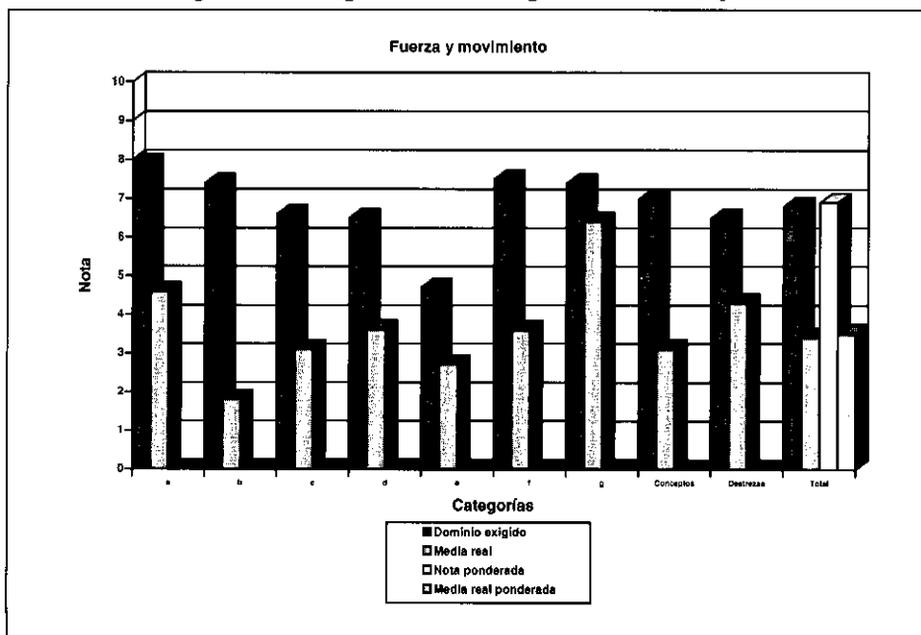
En la Tabla 4.15 se presentan las notas correspondientes al nivel de dominio asignado por los profesores y su ponderación en función de la importancia que cada categoría tiene respecto a la relevancia total de la prueba. Puede comprobarse que la calificación establecida como criterio, es decir, la suma de las notas ponderadas de las diferentes categorías, es prácticamente igual al dominio exigido; es un resultado normal debido a la estrecha relación existente entre la importancia que los profesores-expertos dan a una tarea y el grado de dominio que exigen en la misma. Lo mismo sucede entre la media real obtenida para la muestra de alumnos que completaron la prueba y la nota ponderada (Figura 4.5). En cambio, como ya ha sucedido en otras pruebas y, en especial, en el modelo de evaluación diseñado para "Movimiento", existe una diferencia superior a tres puntos entre el dominio medio exigido y la media real (6.8 y 3.4); mayor para el caso del esquema conceptual ((7.0 frente a 3.1) que para el de destrezas científicas de razonamiento (6.5 y 4.3). La necesidad de una reforma real de las estrategias de enseñanza para los conceptos dinámicos se pone de manifiesto una vez más.

Tabla 4.15. **Prueba sobre "Fuerza y Movimiento"**

Comparación de las puntuaciones medias con los datos de los expertos

CATEGORÍAS	PUNTUACIONES					
	(a) Dominio medio exigido	(b) Nota equiva -lente	(c) Relevancia: Proporción del total	(cxb) Nota ponde- rada	(d) Media real	(cxd) Media real ponderada
a) Conceptualización de fuerza	79.3	7.9	0.143	1.1	4.6	0.7
b) Conceptualización de las fuerzas de interacción	74.3	7.4	0.136	1.0	1.8	0.2
c) Relación entre fuerza y movimiento -cualitativa -cuantitativa	66.5	6.6	0.129	0.9	3.1	0.4
	57.3	5.7	0.116	0.7	3.3	0.4
	75.7	7.6	0.143	1.1	2.9	0.4
d) Conceptualización de masa y peso	65.2	6.5	0.116	0.8	3.6	0.4
	Esquema conceptual	70.4	7.0	0.653	4.6	3.1
e) Interpretación de gráficos	47.0	4.7	0.109	0.5	2.7	0.3
f) Control de variables	74.5	7.5	0.116	0.9	3.6	0.4
g) Razonamiento lógico	74.0	7.4	0.122	0.9	6.4	0.8
Destrezas de razonamiento	65.2	6.5	0.347	2.3	4.3	1.5
PRUEBA COMPLETA	68.4	6.8		6.9	3.4	3.5

Figura 4.5. **Comparación de los perfiles criterio y real**



4.3.3.5. Implicaciones didácticas

Como sucedía en la prueba de "Movimiento", el modelo desarrollado para "Fuerza y movimiento" incluye tareas que permiten la comparación con los resultados obtenidos en la prueba de diagnóstico inicial con objeto de evaluar si los alumnos han experimentado algún cambio conceptual durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, la tarea que exigía dibujar los vectores velocidad y fuerza en la trayectoria de una bala de cañón (tarea 8 de esta prueba, Anexo 1.7), se corresponde con el grupo de tareas 11, 12 y 14 de dicha prueba inicial (Anexo 1.5). Pero no ha sido posible realizar comparaciones puesto que solamente hay 19 alumnos comunes entre la muestra inicial y la final.

La prueba ha resultado muy difícil y algunas tareas son poco discriminantes. Por esta razón se va a modificar, reduciendo el número de tareas con vistas a aplicaciones posteriores. La primera afirmación de la tarea 1 (relativa a si los cuerpos tienen "fuerza" o tienen "energía") se ha eliminado porque los profesores consideran que implica una discriminación demasiado sutil. También se eliminarán las tareas 8 (trayectoria de la bala de cañón), 21 (descenso del paracaidista) y 22 (afirmaciones correspondientes al movimiento planetario). De todos modos, es necesario trabajar este tipo de tareas para obligar al alumno a plantearse situaciones que le supongan un desafío. Como señalan F. López Rupérez y C. Palacios (1988), *"una instrucción por debajo de la potencialidad cognitiva del adolescente puede provocar una disminución en su ritmo de desarrollo intelectual, desaprovechando las posibilidades formativas de las disciplinas científicas como promotoras del mismo"*. Eso es lo que se hace cuando en el aula se trabajan situaciones problemáticas correspondientes únicamente a las categorías taxonómicas de nivel inferior, que no requieren ninguna capacidad de razonamiento formal.

En especial, es necesario destacar:

- La necesidad de establecer el concepto de fuerza como el resultado de la interacción entre los cuerpos, para intentar erradicar la confusión entre fuerza y energía.
- La conveniencia de analizar situaciones cotidianas en que se exija establecer las fuerzas que interactúan, reflexionando sobre las condiciones **reales** de equilibrio entre ellas, para lograr así una comprensión más científica del significado de la tercera ley de la Dinámica. En este sentido, siguiendo a Warren (1971), es conveniente evitar un enunciado del principio como *"acción y reacción son iguales y opuestas"* que refuerza dos ideas alternativas del alumno: 1) la sugerencia de una secuenciación temporal cuando su aparición es simultánea y 2) la asociación con las condiciones de equilibrio, al considerar, erróneamente, que ambas fuerzas actúan sobre el mismo cuerpo y son "iguales y opuestas".
- La exigencia de establecer claramente las condiciones necesarias para que se produzca un movimiento uniforme, discutiendo tanto situaciones hipotéticas en el espacio (rozamiento nulo) como situaciones reales con rozamiento. Ello conduce a recalcar la idea de que la fuerza que aparece en la ecuación de la segunda ley de la Dinámica ha de ser siempre la **fuerza resultante** sobre el cuerpo.

- La importancia que tiene dar oportunidades a los alumnos de exponer libremente sus ideas sobre los fenómenos. Que una quinta parte de los alumnos que han completado las pruebas dibujen o señalen, en algunos de los casos propuestos, fuerza de gravedad y peso como dos fuerzas diferentes, es una prueba clara de que la identificación de ambas fuerzas se da por supuesto en las aulas.
- La necesidad de acostumbrar a los alumnos a utilizar datos abstractos, lo cual puede ayudarles a ver la estrecha relación que existe entre el estudio de relaciones y gráficos que hacen en clase de Matemáticas con sus estudios de Física y a transferir sus conocimientos de una a otra.
- La trascendencia de obligar al alumno a reflexionar sobre los resultados que da cuando resuelve problemas, acostumbrándole a revisar sus razonamientos, utilizando procesos autorregulatorios.

Todo ello supone la utilización en el aula de estrategias instructivas que potencien el análisis conceptual de las situaciones en lugar de habituar al alumno al uso de reglas y procedimientos memorísticos que, ante el menor cambio de contexto, es incapaz de aplicar y que le impiden cualquier razonamiento propio en busca de nuevas estrategias para resolver el problema.

4.4. EVALUACIÓN SOBRE "LA ENERGÍA"

4.4.1. OBJETIVOS DE INSTRUCCIÓN Y ESQUEMA DE LOS CONOCIMIENTOS QUE EL ALUMNO DEBE ADQUIRIR

Siguiendo la reorganización conceptual propuesta para el curso 4º de la ESO en el mapa conceptual de la Figura 4.1, este bloque de contenidos se enfoca en el hecho de que los cambios necesitan energía. En nuestro modelo, la energía se introduce como una propiedad de los cuerpos *"en virtud de la cual éstos pueden transformarse, modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación"* (López Rupérez, 1983). Por otro lado, en la línea propuesta por Duit (1986), se considera que, sea cuál sea el enfoque propuesto, el estudio de la energía debe tener en cuenta los aspectos básicos siguientes: 1) Conceptualización, 2) Transferencias o transformaciones, 3) Conservación y 4) Degradación. Se trata de que el alumno ponga de manifiesto, y contraste con sus compañeros, sus ideas sobre cuestiones como las que se reseñaron en el apartado 4.1.1 al hablar de los objetivos de la prueba de diagnóstico inicial de este curso. Además se considera que, tras el proceso de aprendizaje, el alumno debe ser capaz de reconocer y manejar cuantitativamente, las diferentes formas en que se manifiesta la energía de los cuerpos, en especial, la energía mecánica (cinética o potencial gravitatoria), la energía eléctrica y la energía interna (química o térmica). Por último, es necesario destacar que el trabajo mecánico y el calor **no son** formas de energía, sino que **son** procesos de transferencia de energía entre los cuerpos.

Los objetivos que se van a evaluar en esta prueba quedan recogidos en la tabla del Cuadro 4.17 y en el apartado siguiente se reseñan, brevemente, las categorías principales de la prueba, indicando el proceso seguido para evaluar el grado de significatividad alcanzado por el alumno en su elaboración del concepto de energía y su aplicación en procesos cotidianos. La prueba íntegra se presenta en el Anexo 1.8.

4.4.2. PRESENTACIÓN DE LAS TAREAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

El modelo de evaluación consta de veintidós tareas, incluidas las dos que exploran posturas del alumno hacia el "consumo energético". Como en la prueba de "Fuerza y movimiento", en este modelo se hace explícito el proceso seguido para evaluar el grado de reestructuración alcanzado por el alumno.

El proceso se inicia con la exploración directa de las ideas elaboradas por el alumno sobre los conceptos implicados: "qué es energía", "qué características tienen las diferentes formas de energía", etc. en formato de verdadero - falso (Tarea 1 del Anexo 1.8). Con objeto de profundizar en dichas conceptualizaciones (Tarnir, 1996), se pide a los alumnos que, para cada una de las afirmaciones que haya considerado falsa, escriba una frase similar acorde con el lenguaje científico (Tarea 2).

Cuadro 4.17. **Objetivos evaluados en "La energía"**

Conocimientos declarativos

- Dadas una serie de frases relativas a la energía, selecciona aquéllas que emplean un lenguaje científicamente correcto, reconociendo que la energía no es una sustancia material sino una propiedad de los cuerpos que permite producir cambios.
- Identifica las diferentes formas de energía que pueden tener los cuerpos.
- Reconoce la compatibilidad entre el principio de conservación de la energía y el término popular "ahorro energético", señalando que se consumen los combustibles y no la energía.
- Reconoce el *calor* y el *trabajo* como procesos de transferencia de energía.
- Distingue los conceptos de trabajo y fuerza a partir de la descripción de un proceso físico dado.
- Reconoce la situación de equilibrio térmico entre objetos diferentes.

Habilidades procedimentales

- Maneja adecuadamente los cambios de unidades.
- Maneja adecuadamente las expresiones de la energía cinética, la energía potencial y la energía térmica para determinar las transferencias energéticas producidas en ejemplos cotidianos sencillos.
- Maneja el razonamiento proporcional en la determinación de rendimientos.
- Es capaz de construir el gráfico *Temperatura - energía* de un proceso de calentamiento con cambio de estado incluido.
- Dada la descripción de un fenómeno, es capaz de detectar afirmaciones contradictorias entre sí.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Reconoce las transferencias y transformaciones energéticas que se producen en procesos cotidianos.
- Dada una serie de transferencias energéticas que se producen en situaciones cotidianas, es capaz de seleccionar, en base al principio de conservación de la energía, cuáles son posibles y cuáles no.
- En situaciones que requieren el empleo de fuerzas y de energía, distingue correctamente ambos conceptos, reconociendo cuando una fuerza realiza trabajo mecánico y cuando no.
- Es capaz de manejar cuantitativamente, en procesos sencillos, el principio de conservación de la energía para determinar velocidades, alturas o temperaturas alcanzadas por diferentes sistemas.
- En un proceso distingue entre energía transferida, energía útil y energía disipada, y calcula el rendimiento.
- Es capaz de determinar la energía suministrada por un aparato a partir de la potencia del mismo.
- Utiliza estrategias correctas - ni aditivas ni subtractivas - para determinar la temperatura final cuando entran en contacto cuerpos con temperaturas diferentes.
- En experiencias cotidianas de calentamiento, reconoce la constancia de la temperatura durante el proceso de cambio de estado y su independencia de la cantidad de material o del nivel de calentamiento.
- Es capaz de evaluar qué experimentos avalan la teoría del calórico.

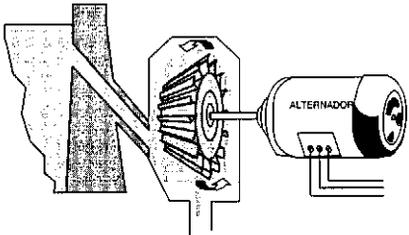
Actitudes

- Es consciente de las ventajas económicas de limitar la potencia contratada en una casa y es capaz de evaluarla.
- Reconoce la necesidad de utilizar estrategias conducentes al ahorro energético.
- Reconoce las ventajas e inconvenientes, sociales y medio-ambientales, de las diferentes fuentes de energía, renovables y no renovables.

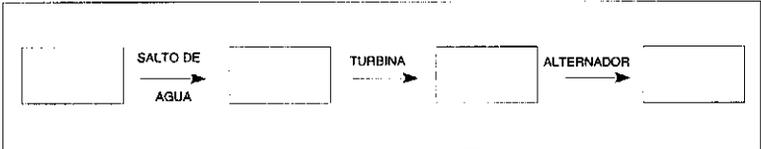
En la etapa siguiente se evalúa la comprensión de los procesos de transferencia de energía en dos situaciones: una central hidroeléctrica y un hombre que empuja un camión subiendo una cuesta. La actividad de la central se presenta en el Cuadro 4.18 y se propone porque se considera fundamental, como cultura general, que los alumnos comprendan los procesos energéticos que se producen en las centrales eléctricas. Como es posible que el tema de las centrales se trate en unos centros y en otros no, se plantea una segunda situación, más cotidiana, para evitar la influencia del contexto.

Cuadro 4.18. Ejemplo de tarea para evaluar la comprensión de las transferencias de energía

El dibujo de la figura representa una central hidroeléctrica:



Utilizando el esquema siguiente, señala las transformaciones o transferencias energéticas que se producen entre los diferentes sistemas. En cada recuadro escribe la forma (o formas) de energía correspondientes.



```

    graph LR
      A[ ] -- "SALTO DE AGUA" --> B[ ]
      B -.-> C[ ]
      C -- "ALTERNADOR" --> D[ ]
  
```

Las tareas 5 y 6 evalúan las otras dos cualidades de la energía, conservación y degradación. Para la evaluación de la conservación se utiliza la misma tarea de la evaluación inicial, "El cambio imposible" (Brook y Driver, 1984), cambiando los valores numéricos para evitar una respuesta rutinaria. La similitud de estas dos tareas con las iniciales, permite analizar si el proceso de enseñanza - aprendizaje ha producido algún cambio conceptual en los alumnos.

Para evaluar si los alumnos comprenden realmente los conceptos de fuerza, trabajo y energía, es decir, si son capaces de distinguirlos, se proponen las tareas 7 y 8, relativas a diferentes tipos de máquinas (rampa, polea y grúa) (Ver Anexo 1.8).

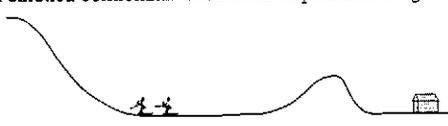
Por último, se proponen cinco tareas de tipo cuantitativo que exigen, de una forma gradual, el reconocimiento de la fuerza que está realizando trabajo, cuáles son los valores de la energía cinética, potencial gravitatoria o química de diferentes sistemas, para terminar poniendo al alumno en una situación que requiere aplicar el principio de conservación de la energía en un contexto cotidiano en que este principio no está explícito (Cuadro 4.19). En la línea de integración de todos los contenidos estudiados en la disciplina, se propone una tarea relativa a la transferencia de energía entre los sistemas combustible - coche que obliga a reflexionar al alumno

tanto sobre la conservación de la energía como sobre la conservación de la masa (tarea 12 del Anexo 1.8).

Cuadro 4.19. Tarea para evaluar la aplicación, no explícita, de la conservación de la energía

Dos esquiadores de 70 kg de masa han conseguido adquirir en el descenso de una pendiente velocidades de 20 m/s y 10 m/s, respectivamente. Suponiendo que no existen pérdidas:

a) ¿con qué energía cinética comienzan a remontar la pendiente siguiente?



b) ¿si la pendiente que han de remontar para llegar al refugio tiene una altura de 15 metros, ¿logrará alguno de los esquiadores superar la cima?

De forma análoga, la segunda parte de la prueba evalúa la comprensión de los conceptos de energía interna, calor y temperatura, planteando tareas al alumno que le exigen demostrar la distinción entre ellos de forma cualitativa y, después, cuantitativa.

4.4.3. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE "LA ENERGÍA"

4.4.3.1. Muestra

La prueba se ha aplicado a una muestra de 37 alumnos del curso 4º de la ESO de dos I.B., uno de Madrid y otro de Alcobendas. Dado lo reducido de la muestra, estos resultados hay que considerarlos como exploratorios. El protocolo diseñado para el profesorado ha sido respondido por cinco expertos.

4.4.3.2. Validación social del contenido de la prueba

En la Tabla 4.16 se presentan las valoraciones asignadas por los expertos a las actividades propuestas en la prueba. El alto valor alcanzado por las desviaciones en algunas tareas señala la discrepancia entre profesores, aunque los valores del coeficiente de concordancia de Kendall son superiores a 0.37 y significativos ($p < .01$) en todos los casos, salvo en la dificultad de lectura.

La relevancia asignada a la prueba es la más alta, después de la prueba de "Movimiento", (3.9, que equivale al 78 % del máximo posible); todas las tareas están por encima de la media y la mitad de ellas por encima del 4.0. Las tareas consideradas más importantes son la tarea 5 (Reconocimiento del cambio imposible, como sucedía en la prueba inicial, con un 4.8), las tareas 14 y 13 (aplicación no explícita de la conservación de la energía y del concepto de potencia), y las tareas 9 y 10 (reconocimiento, cuantitativo, de qué fuerza realiza el trabajo). Entre las tareas relativas a la energía térmica, las más importantes son las 16 y 17, que exigen reconocer un cambio de estado en un gráfico que señala una constancia de la temperatura en un valor inferior a la temperatura del medio.

Tabla 4.16. **Valoración de la prueba "La energía"**

Tarea	IMPORTANCIA		GRADO DE DOMINIO		GRADO DE VALIDEZ		DIFICULTAD DE LECTURA	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
1	4.4	0.8	80.0	14.1	71.0	15.6	2.6	1.6
2	3.8	0.4	74.0	12.0	64.0	13.2	2.0	1.5
3	4.0	0.0	73.0	14.0	77.0	14.0	2.4	1.4
4	3.8	0.4	69.0	11.1	66.0	17.4	2.4	1.0
5	4.8	0.4	78.0	26.4	78.0	22.3	2.6	1.2
6	3.8	1.0	66.0	23.3	64.0	24.2	2.8	1.2
7	4.0	0.6	74.0	16.2	83.0	7.5	2.4	1.0
8	3.0	0.0	66.3	15.6	78.8	12.4	2.8	0.8
9	4.2	1.0	82.0	11.7	74.0	19.6	2.4	1.4
10	4.5	0.5	80.0	17.3	75.0	8.7	2.8	1.3
11	3.4	0.8	62.0	27.1	84.0	8.0	3.2	0.4
12	3.6	0.5	68.0	19.4	83.0	11.7	2.8	1.0
13	4.5	0.9	77.5	21.7	82.5	13.0	2.8	1.3
14	4.4	0.8	80.0	21.0	76.0	17.4	2.0	1.5
15	3.8	0.4	76.0	18.5	68.0	14.7	3.2	1.0
16	4.4	0.5	84.0	18.5	85.0	15.5	2.4	1.5
17	4.6	0.5	84.0	18.5	81.0	12.0	2.6	1.4
18	3.8	0.4	74.0	20.6	88.0	4.0	2.8	1.2
19	3.4	0.8	66.0	30.1	74.0	12.0	3.0	1.1
20	3.4	0.8	56.0	25.8	70.0	12.6	3.6	1.4
ACT1	4.0	1.3	66.0	34.4	68.0	26.4	2.8	1.2
ACT2	3.0	1.3	62.0	30.6	62.0	27.1	4.0	0.9
Prueba	3.9	0.5	72.2	17.5	74.4	13.3	2.7	1.0

En cuanto al grado de dominio exigido, los profesores - expertos opinan que el alumno debe superar el 72% de la prueba. Las tareas consideradas más relevantes son, claramente, las que presentan el mayor grado de exigencia.

Respecto a la validez de las tareas para evaluar los objetivos propuestos, la valoración es alta (74%) y no hay ninguna tarea por debajo del 60%. El nivel de dificultad de lectura es alto (2.7 frente a 5), análogo al de la prueba de "Movimiento" pero inferior a la de "Fuerza y movimiento". Las tareas con una dificultad por encima de la media son la tarea 20 (revisión de los modelos del calor), la tarea 11 (reconocimiento de información contradictoria), la tarea 19 (determinación de la temperatura final en un proceso de intercambio de energía entre dos cuerpos a diferentes temperatura) y, sobre todo, la tarea que explora la opinión de los alumnos sobre ahorro energético y energías alternativas.

4.4.3.3. Porcentaje de alumnos que elige cada alternativa. Índices de dificultad

Como en las pruebas anteriores, se ha contabilizado el número de alumnos que elige las diferentes alternativas de cada pregunta. En este caso, dado que la muestra se reduce a 37 alumnos que, además, no dispusieron de tiempo suficiente para completarla, únicamente se han calculado los índices de dificultad de cada tarea. Los resultados se muestran en la Tabla 4.17. Al igual que en la prueba de "Fuerza y movimiento", la tarea 1 se ha dividido en tres, correspondientes a los tres conceptos (energía, trabajo y calor) implicados. La tarea 2 se evalúa conjuntamente con la 1, ya que implica la justificación de las opciones hechas en ella. Los resultados de la tarea 10 no se incluyen, porque tenía un error en su enunciado. Las tareas 16 y 17 se han agrupado pues ambas establecen la conceptualización del alumno sobre fusión y equilibrio térmico.

Tabla 4.17. Frecuencia de elección de cada alternativa

N=37		Alternativas				No contesta	Índice dificultad
Tareas		Científica	1	2	3		
Comprensión de las cualidades de la energía	1-2 (a)	18	12	6		1	0.49
	3	2	17	5	4	9	0.05
	4	11	17	6		3	0.30
	5	20	5	5	2	5	0.54
	6	18	12	6		1	0.49
Comprensión de los conceptos de fuerza, trabajo y energía	1b	10	4	9	13	1	0.27
	7	3	16	11	7		0.08
	8	2	11	5	18	1	0.05
Aplicación cuantitativa de los principios	9	15	2	14	3	3	0.41
	12	1	11	13	1	11	0.03
	13	3	2	13	0	19	0.08
Temperatura y Energía interna	14	9	6	6	0	16	0.24
	1c	8	14	4	10	1	0.22
	15	25	4	5	0	3	0.68
	16-17	7	7	13	10		0.19
Revisión de modelos	18	2	4	7		24	0.05
	19	3	5	18		11	0.08
Comprensión texto	20	7	12			18	0.19
Consumo energético	11	6	4	6	13	8	0.16
	ACT1	21	5	5		6	

Como puede observarse en la tabla, las tareas cualitativas sobre la energía presentan una dificultad intermedia; las dos tareas más difíciles son las relativas a las transferencias de energía en una central (30% de respuestas correctas) y, sobre todo, en la situación más cotidiana del hombre que empuja un camión (solo 2 alumnos son capaces de señalar todas las formas de energía implicadas, 17 señalan dos y 6 se limitan a una). Aparentemente, los alumnos no están acostumbrados a discutir en el aula este tipo de situaciones.

A excepción de la tarea 9 (reconocimiento de que en un desplazamiento horizontal el trabajo se realiza contra la fuerza de rozamiento y no contra el peso del

cuerpo), las otras tareas que requerían distinguir entre los conceptos de fuerza, trabajo y energía, presentan una dificultad muy elevada.

El alto número de “no contesta” en las tareas relativas a la aplicación cuantitativa del principio de conservación de la energía impide hacer conclusiones. De todos modos, la mayoría de los alumnos que responden se limitan a calcular los valores de las energías implicadas (agrupados en la alternativa 1) y muchas veces con errores de unidades (alternativa 2).

Lo mismo sucede en las tareas cuantitativas relativas a los intercambios de energía térmica. En este caso, los mejores resultados se dan en la tarea 15 (reconocimiento de la constancia de la temperatura en la ebullición del agua y distinción entre energía y temperatura). Como señala la bibliografía consultada, los alumnos tienen más problemas en reconocer que la constancia de la temperatura en el gráfico de la tarea 16 se debe a la fusión del cinc (38 % de los alumnos, agrupados en las alternativas 1 y 2) y únicamente el 19 % reconoce que, tras la fusión, el cinc llegará a alcanzar el equilibrio térmico con el horno.

Los resultados de la tarea que exploraba la opinión de los alumnos sobre ahorro energético y energías alternativas no se comentan pues únicamente ha sido completada por 21 alumnos.

Se contempla dividir este modelo de evaluación en dos, uno relativo a la energía, sus transferencias y su conservación, y otro relativo a calor y temperatura. Además, es necesario modificar las tareas relativas a la diferenciación entre fuerza, trabajo y energía, volviendo, tal vez, a tareas más gráficas como la utilizada en la prueba de diagnóstico inicial.



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

5.1. PRESENTACIÓN

Un planteamiento de la evaluación del proceso de enseñanza - aprendizaje en la línea de objetivos señalada por el M.E.C. en el Diseño Curricular Base no puede limitarse a la evaluación de conocimientos aislados sino que debe permitir determinar el grado de organización conceptual alcanzado por el alumno. Por otro lado, ha de proporcionar información sobre el aprendizaje de procedimientos, tanto estratégicos como específicos, y el desarrollo de capacidades cognitivas de tipo general aplicables en situaciones diversas. Pero, además, si el objetivo de la evaluación es proporcionar al alumno las ayudas necesarias para poder progresar, las técnicas utilizadas han de permitir determinar, no solo si el alumno es capaz o no de hacer algo sino, en este último caso, cuáles son las causas subyacentes de su dificultad o de su bloqueo.

Por mucho que el planteamiento educativo de la Reforma destaque que el trabajo sobre los diferentes contenidos curriculares debe facilitar la consecución de destrezas cognitivas, si los profesores no tienen acceso a modelos alternativos de evaluación de dichas destrezas, seguirán existiendo discrepancias entre los objetivos que se pretende que los alumnos alcancen y la clase de conocimientos que se evalúan realmente. Y, por lo tanto, los estudiantes seguirán aplicando las mismas técnicas de estudio y aprendizaje, dando relevancia a procesos más o menos memorísticos. De ahí la necesidad de aportar al profesorado nuevos materiales de evaluación que sirvan de orientación para su trabajo en el aula y que hayan sido suficientemente contrastados.

Por esta razón, el objetivo fundamental de esta investigación ha sido el desarrollo y la contrastación en situación de aula de modelos de evaluación que, ajustándose a los objetivos y criterios de evaluación propuestos en el D.C.B. para la Física y la Química, permiten determinar el tipo de reorganización conceptual realizado por el alumno. Con ello se pretende aportar al profesorado ejemplos contrastados de evaluación, al mismo tiempo que se recoge información sobre las dificultades encontradas por el alumno en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física y la Química, así como de las posibles causas subyacentes en las mismas.

Ahora bien, para alcanzar este objetivo es preciso ajustarse a un modelo teórico que garantice que las inferencias realizadas sobre el grado en que los alumnos han alcanzado los objetivos señalados son plausibles, lo que es necesario para justificar cualquier decisión al respecto. Tales modelos deben referirse fundamentalmente a la forma de organización e integración tanto en el campo de los conocimientos conceptuales como en el de los procedimentales, de las condiciones en que unos y otros deben aplicarse y de las disposiciones actitudinales cuya adquisición deben

haber generado. Una técnica para conseguir 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 lo abarquen totalmente y, si esto no es posible, que se garantice que se centran en los aspectos más representativos del mismo. Pero, además, hay que buscar métodos que proporcionen una información útil para diagnosticar las causas de las dificultades de comprensión y de razonamiento de los alumnos y, de este modo, poder proporcionarles las ayudas necesarias para que progresen en su aprendizaje. También deben sugerir criterios válidos para tomar decisiones respecto a la promoción de los alumnos a partir de la información recogida sobre el desarrollo de las distintas capacidades. Los métodos que mejor reúnen estas características son las entrevistas clínicas piagetianas o los métodos de observación directa, pero son técnicas de evaluación difíciles de aplicar cuando se cuenta con más de treinta alumnos por clase. Por este motivo, el modelo de evaluación que se ha desarrollado implica, fundamentalmente, el uso de preguntas de opción múltiple, verdadero - falso, completamiento de frases, emparejamiento de conceptos y procedimientos o tareas que exigen una respuesta breve. Como señala Tamir (1996), los inconvenientes de este tipo de tareas no se deben a la técnica en sí, sino a la forma en que se diseñan las preguntas. Es posible construir tareas de este tipo que permitan diagnosticar dificultades del alumno, siempre que cumplan los requisitos siguientes: a) las actividades propuestas correspondan a objetivos en las categorías superiores de las taxonomías de Bloom o Klopfer; b) los contenidos se basen en los conceptos, procedimientos y capacidades cognitivas que, por los estudios realizados con anterioridad y los resultados encontrados en la bibliografía, resultan más conflictivos para el alumno; c) los distractores reflejen los errores conceptuales y procedimentales más frecuentes de los alumnos y d) las tareas en su conjunto estén relacionadas e integradas, y planteen la situación en diferentes contextos y con diferentes grados de complejidad.

Como resultado de esta forma de afrontar el problema, dos de las aportaciones principales de este trabajo son: 1) el diseño de los mapas conceptuales que especifican el tipo de reestructuración que se espera que elabore el alumno respecto a los contenidos de los bloques de *"Diversidad y unidad de estructura de la materia"*, *"Los cambios químicos"*, *"Electricidad"*, *"Fuerza y movimiento"* y *"La energía"*; 2) numerosos ejemplos para evaluar tanto la comprensión como los procesos de razonamiento y solución de problemas que son objeto del trabajo curricular en estos niveles, planteados en el contexto de los núcleos de contenido mencionados anteriormente. En el Cuadro 5.1 se enumeran algunos ejemplos de las tareas diseñadas, indicando la prueba a la que pertenecen, a fin de que su diseño sirva de prototipo para construir tareas similares.

Pero, además de las consideraciones teóricas, es necesario demostrar empíricamente hasta qué punto el modelo propuesto es válido para ayudar a los profesores en su actividad evaluadora. El primer paso de esta validación lo constituye la valoración de las pruebas construidas por una muestra de profesores - expertos; el segundo paso para mostrar la viabilidad del planteamiento ha sido la aplicación de las pruebas a muestras escolares y el análisis de los resultados obtenidos en los diferentes conceptos y capacidades evaluados.

Cuadro 5.1. Ejemplos de tareas para distintas categorías

Evaluación de la comprensión de conceptos y principios

- * Tareas de **categorización**:
 - Tareas 2, 3 y 4 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3°
 - Tareas 3 y 7 de la prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"
 - Tareas 11 y 14 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tarea 8 de la prueba "Movimiento"
- * Tareas que exigen la **explicación de un fenómeno**:
 - Tareas 3 y 4 de la prueba "Electricidad"
 - Tareas 1 y 4 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 4°
 - Tareas 5, 8 y 13 de la prueba "Fuerza y movimiento"
- * Tareas que implican hacer **inferencias de tipo predictivo**:
 - Tareas 1 y 2 de la prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"
 - Tarea 8 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tareas 10 y 11 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 4°
 - Tarea 9 de la prueba "Fuerza y movimiento"
- * Tareas que implican **traducir datos de un lenguaje simbólico a otro**:
 - Tarea 10 de la prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"
 - Tareas 6 y 7 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tareas 6 y 8 de la prueba "Electricidad"

Evaluación de la capacidad de interpretar la información presentada en distintos formatos

- * Tareas de **comprensión de textos**:
 - Tarea 18 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tarea 15 de la prueba "Electricidad"
 - Tarea 22 de la prueba "Fuerza y movimiento"
- * Tareas que implican **lectura e interpretación de tablas y gráficos**:
 - Tareas 11 y 12 de la prueba "Diversidad y unidad de estructura de la materia"
 - Tarea 3 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tarea 13 de la prueba "Electricidad"
 - Tareas 7 y 9 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 4°
 - Tareas 5, 10, 12, 14 y 15 de la prueba "Movimiento"

Evaluación de la capacidad de razonamiento

- * Tareas que exigen **distinguir entre datos y supuestos** o **reconocimiento de causa y efecto**:
 - Tareas 17, 18 y 19 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3°
 - Tareas 10, 11 y 14 de la prueba "Electricidad"
 - Tareas 15, 16 y 17 de la prueba "Fuerza y movimiento"
- * Tareas que requieren **establecer relaciones entre proporciones**:
 - Tareas 13 y 14 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3°
 - Tarea 1 de la prueba "Los cambios químicos"
- * Tareas que exigen realizar un **control de variables** para contrastar hipótesis:
 - Tarea 16 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3°
 - Tareas 15, 16 y 17 de la prueba "Los cambios químicos"
 - Tarea 12 de la prueba "Electricidad"
 - Tareas 14 y 19 de la prueba "Fuerza y movimiento"
- * Tareas que implican la **prueba o revisión de modelos**:
 - Tareas 1, 5, 6 y 7 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 3°
 - Tareas 12, 13 y 14 de la prueba de diagnóstico inicial del curso 4°

Evaluación de la capacidad de relacionar Ciencia - Tecnología - Sociedad

- Tarea Actitudes 1 de la prueba "Los cambios químicos"
- Tarea Actitudes 2 de la prueba "Energía"

5.2. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

a) *Valoración de los modelos de evaluación diseñados*

Los modelos de evaluación diseñados han sido valorados por un grupo de profesores - expertos que oscila entre 5 y 7, según la prueba. A pesar de lo reducido de la muestra, la valoración realizada ha proporcionado información importante por diversos motivos:

- El contenido de las pruebas, en su conjunto, ha sido considerado en general bastante relevante. La relevancia media asignada a las pruebas varía entre 3.4 y 4.0 (68 y 80% del máximo posible), siendo inferior en las relativas a fenómenos químicos que en las relativas a fenómenos físicos. Las tareas consideradas más importantes son las que requieren una capacidad de razonamiento menor y aquellas que requieren comprensión y aplicación de conceptos. Las tareas cuya importancia queda siempre por debajo de la media son las relativas a destrezas de razonamiento tales como la comprensión de textos, la distinción entre causa y efecto o entre observaciones e interpretaciones teóricas, el reconocimiento de las características de un diseño experimental y el control de variables, con la única excepción de las tareas que requieren la utilización del razonamiento proporcional. Los profesores también conceden escasa importancia a las tareas que nosotros hemos denominado de "actitudes" y que exploran la opinión de los alumnos sobre las relaciones Ciencia - Tecnología - Sociedad o sobre la naturaleza de la Ciencia.
- El grado de dominio exigido por los expertos para considerar que los alumnos demuestran un nivel suficiente para realizar estudios posteriores oscila alrededor del 70% en todas las pruebas. Como era de esperar, existe una correlación elevada entre la importancia asignada a las tareas y el grado de dominio exigido en las mismas.
- La validez de contenido de las pruebas, en opinión de los profesores encuestados, es alta y supera en todos los casos el 73%. Destaca la prueba de movimiento con una asignación media del 82%.
- El nivel de dificultad de lectura es de tipo medio, oscilando entre 2.1 y 3.3. Las pruebas relativas a fenómenos químicos son consideradas más fáciles de leer que las relativas a fenómenos físicos, siendo "Fuerza y movimiento" la más difícil según los expertos.

En resumen, las tareas habituales son consideradas más importantes que las tareas más innovadoras, a pesar de estar diseñadas para medir capacidades de razonamiento a las que se concede gran importancia en el actual diseño curricular. Este hecho sugiere que no se ha asimilado suficientemente la importancia que tiene el desarrollo de dichas capacidades a lo largo del proceso de enseñanza - aprendizaje y que, por lo tanto, no se trabajan en el aula. Estos resultados plantean la necesidad de motivar a los profesores hacia la modificación de sus planteamientos docentes en la línea del desarrollo de las capacidades mencionadas.

b) Evaluación del grado de reestructuración conceptual alcanzado por los alumnos

Se han diseñado ocho modelos de evaluación, cuatro para el curso 3º de la ESO y otros cuatro para el curso 4º, que incluyen pruebas de diagnóstico inicial. En cuanto a la dificultad de las pruebas, hay que señalar que las pruebas de "**Diagnóstico inicial del curso 3º**", "**Movimiento**" y "**Fuerza y movimiento**" se encuentran en el tercio de mayor dificultad (con índices entre 0.30 y 0.32), mientras que las pruebas de "**Diagnóstico inicial del curso 4º**", "**Diversidad y unidad de estructura de la materia**" y "**Los cambios químicos**" presentan una dificultad intermedia tendiendo a alta (con índices entre 0.35 y 0.42). La prueba diseñada sobre "Electricidad" no se ha podido aplicar porque, a pesar de que el bloque de contenido estaba programado, no ha llegado a tratarse en los centros por problemas de tiempo y la prueba de "Energía" solamente ha podido aplicarse a una muestra de 37 alumnos, con lo cual no hay datos suficientes para determinar sus índices de dificultad y discriminación. A continuación, se destacan algunos de los puntos más conflictivos encontrados en estas pruebas.

3º Curso de la ESO

- Las tareas que han resultado difíciles y con bajo índice de discriminación, tanto en la prueba de **Diagnóstico inicial** como en la de **Diversidad y unidad de estructura de la materia**, son las relativas al concepto de densidad (un 62% de la muestra sigue sin diferenciar los conceptos de masa y volumen). La razón está tanto en la dificultad que tienen los alumnos de estas edades en la comprensión del concepto como en los problemas existentes con el razonamiento proporcional. La aportación de datos cuantitativos no ha facilitado la comprensión del concepto, sino que lo ha dificultado.
- Si en la **Prueba de diagnóstico inicial** solo un 14.5% de los alumnos señalaba un comportamiento de la materia acorde con el modelo cinético, tras el tratamiento del bloque de contenidos en el aula, un 53% de la muestra sigue mostrando una visión continua de la materia, confirmando los resultados encontrados en la bibliografía consultada.
- A pesar del proceso de enseñanza, los alumnos siguen asignando a la disolución la estructura de un compuesto (41% de la muestra). Pero todavía les resulta más difícil distinguir entre disolución, elemento y compuesto cuando han de inferirlo a partir de los procesos experimentados (26%). Además, un 16% sigue persistiendo en que los elementos solamente pueden ser monoatómicos.
- Como el concepto de densidad, el concepto de concentración es difícil para los alumnos. Un porcentaje del 60% es totalmente incapaz de enfrentarse con el problema de determinar la masa de soluto o el volumen de disolución a partir de la concentración de la misma. Además de las dificultades en el razonamiento proporcional, hay un 24% de alumnos que afirma que la concentración disminuye si se toma un volumen inferior a un litro. Por lo tanto, no parece ser un concepto apropiado para estos niveles de edad.

- Los alumnos aplican sin dificultad el principio de conservación de la materia cuando las tareas se presentan en el contexto que ellos esperan (presentación experimental o mediante ecuaciones químicas) o, incluso, lo aplican rutinariamente sin analizar la situación (oxidación del hierro a la intemperie). En cambio, tienen problemas cuando se plantea en otros contextos y no se dan cuenta de que "**es un problema de aplicación del principio de conservación de la materia**" (caso en el que han de inferir qué tipo de átomos tiene un trozo de azúcar a partir de los productos de su calentamiento).
- No se puede dar por supuesto que todos los alumnos comprenden de forma significativa la simbología de las ecuaciones químicas, puesto que la mitad de la muestra tiene dificultades en reconocer el sentido de los coeficientes y subíndices de las mismas, así como para traducirlas a un diagrama molecular.
- El escaso reconocimiento de si las reacciones químicas cotidianas necesitan o desprenden energía y de la relación entre los procesos vitales en los seres vivos con las reacciones químicas, parece apuntar que estos temas no se consideran importantes y no han sido tratados en los grupos a los que se han aplicado las pruebas. Puede concluirse que los profesores se centran más en los contenidos conceptuales que en aquellos que implican un enfoque Ciencia - Tecnología - Sociedad, los cuales podrían resultar más motivadores para los alumnos.

4º Curso de la ESO

En la prueba de "Movimiento" se observa que las tareas más difíciles corresponden a la descripción cinemática de los movimientos, mientras que las relativas a la interpretación de gráficos obtienen mejores resultados. Hay que destacar que, a pesar del proceso de enseñanza:

- Solo un 42% de los alumnos selecciona correctamente la posición como la variable cinemática que ha de coincidir en el momento en que un coche adelanta a otro, mientras que un porcentaje análogo continúa pensando que es la velocidad.
- Para la mayoría de los alumnos el valor y el signo de la aceleración depende del valor y signo de la velocidad, refiriéndose siempre a ésta, en lugar de considerar el sistema de referencia establecido.
- Solo una tercera parte de los alumnos es capaz de calcular el valor de la aceleración (aunque un 20% tiene problemas de unidades); otra tercera parte aplica, errónea y rutinariamente, $a = \frac{v}{t}$, adjudicando aceleración a un movimiento uniforme, y el resto no responde alguna de las preguntas.
- Las dificultades de los alumnos en las tareas de descripción cinemática de movimientos, se debe a problemas en la determinación de la velocidad media y su origen no es conceptual sino un problema de enseñanza. Los alumnos calculan correctamente una velocidad media como distancia recorrida dividida por tiempo empleado en recorrerla pero, luego, en lugar de razonar sobre los datos

proporcionados, recurren a la memorización y utilizan fórmulas como $\frac{v_{mi} + v_{mf}}{2}$ ó $\frac{\sum v_m}{n}$

- Aunque las tareas de interpretación de gráficos presentan mejores resultados, el porcentaje de alumnos que confunde la representación gráfica del movimiento con la trayectoria es similar al encontrado en la prueba de diagnóstico inicial (27 y 20%, respectivamente).

En cuando a la prueba de "Fuerza y movimiento", las mayores dificultades se dan en tareas que implican un análisis conceptual cualitativo frente a las que suponen aplicación directa de las leyes físicas estudiadas. Por ejemplo:

- Los alumnos no reconocen el concepto de fuerza como resultado de la interacción entre los cuerpos, por ello, un 45% en ESO y un 23% en B.U.P. consideran como opción **incorrecta** la que refleja la aplicación directa de la tercera ley de la dinámica: "**Durante el choque, la fuerza que el coche ejerce sobre el árbol es de la misma intensidad que la que el árbol ejerce sobre el coche**".
- La persistencia en el esquema alternativo "**el movimiento uniforme requiere una fuerza constante**" de más del 40% de los alumnos de la muestra confirma los resultados encontrados en la bibliografía sobre el tema. A esto hay que añadir el porcentaje de alumnos (32%) que dibuja siempre la fuerza en la dirección de la velocidad y un 46% que se considera incapaz de señalar ambas direcciones (caso de la trayectoria seguida por una bala de cañón).
- Solamente un 35% demuestra distinguir entre masa y peso de un cuerpo, reconociendo que la masa es constante e independiente del campo gravitatorio en que se encuentre el cuerpo. Además, hay que resaltar que un 20% de los alumnos parece considerar que el peso y la fuerza de gravedad son dos fuerzas distintas actuando sobre el mismo cuerpo.

c) **Evaluación del nivel de desarrollo de capacidades cognitivas y destrezas de razonamiento científico**

- Un tercio de los estudiantes de la muestra inicial del Curso 3º de la ESO y casi la mitad de la muestra inicial del Curso 4º resuelve correctamente las tareas que requieren razonamiento proporcional. Conviene recalcar que una mayoría de ellos utiliza la regla de tres, hecho que pone en duda si realmente operan proporcionalmente o aplican rutinas aprendidas. También resulta importante el porcentaje de estudiantes que utiliza estrategias substractivas y aditivas en lugar de razonar proporcionalmente (próxima al 30% en ambas muestras). Hay que destacar que, aunque las dificultades con el concepto de concentración pueden enmascarar los resultados, algo menos del 30% de los alumnos que completaron la segunda parte de la prueba sobre fenómenos químicos responde correctamente las tareas que requerían razonamiento proporcional, incluyendo aquéllos que utilizan la regla de tres.

- Los elevados índices de dificultad de algunas de las tareas relativas a destrezas de la metodología científica, (en especial la distinción entre causa y efecto o entre observaciones e interpretaciones teóricas, así como el reconocimiento de información contradictoria), se corresponden con las valoraciones dadas por los profesores, indicando que, al no trabajarse en el aula, muchos estudiantes no saben como enfrentarse a ellas. En cambio, la mayoría de ellas presentan índices de discriminación altos, indicando la importancia que tienen estas capacidades en el aprendizaje de Física y Química y, en especial, el desarrollo del razonamiento proporcional, el control de variables y la interpretación de tablas y gráficos.

5.3. IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Los resultados obtenidos indican que, a pesar de las reformas educativas, una mayoría de los alumnos continúa abusando de la memorización. Las pruebas han resultado difíciles, particularmente las relativas a fenómenos físicos, porque exigen, principalmente, realizar análisis cualitativos y establecer relaciones entre los diferentes conceptos implicados. El problema radica en que muchos alumnos resuelven aquellas tareas en que pueden aplicar directamente las definiciones y ecuaciones aprendidas en el aula, pero no son capaces de transferir sus conocimientos a problemas planteados en otros contextos. Es indudable que, si se baja el nivel de los objetivos evaluados, los resultados mejorarán pero si, como señalan numerosos investigadores, los contenidos de la evaluación determinan lo que estudia el alumno, lo único que se conseguirá es que el alumno medio se reafirme cada vez más en técnicas de aprendizaje memorísticas que aplica de forma rutinaria.

En particular consideramos que:

- Si se desea ayudar al alumno a realizar el proceso de *acomodación* necesario para que sus esquemas conceptuales se aproximen a los científicos, es preciso darle oportunidades de expresar libremente sus intuiciones sobre los conceptos en cuestión en el mayor número posible de situaciones, primero cotidianas y luego académicas, y que las contraste con sus compañeros o con el profesor, conduciéndole a un estado de conflicto cognitivo. Investigadores como Solomon (1983) han destacado la conveniencia de obligar a los alumnos a operar tanto en el dominio cotidiano como en el dominio científico con vistas a que logren una *"comprensión más firme de la abstracción que suponen"* los conceptos físicos. Esta acomodación no se logrará nunca por la memorización rutinaria de leyes o la resolución de problemas en los que se busca *"qué fórmula hay que aplicar"*.
- El hecho de que la mitad de los alumnos siga teniendo dificultades con la resolución de las tareas que requieren razonamiento proporcional y que la mayoría de aquéllos que las resuelve utilice rutinariamente la regla de tres, indica la necesidad de insistir en el desarrollo de este razonamiento.
- También es necesario que, en los trabajos experimentales, los estudiantes formulen hipótesis y reflexionen sobre qué magnitudes constituyen la variable independiente, la variable dependiente y las variables que se mantienen constantes.

- El contexto gráfico puede facilitar la comprensión y la retención de los conceptos. Un uso adecuado de los diagramas moleculares para el estudio de la teoría cinética puede ser muy útil para conseguir cambios conceptuales en la estructura de la materia y en el comportamiento de las partículas. Aunque las imágenes ayudan a la asimilación de los conceptos, se ha dado el caso de profesores que han rechazado esas preguntas, lo que puede indicar que no utilizan ese tipo de ayudas en el aula.
- Otro punto a destacar es el papel que las destrezas científicas de razonamiento tienen en el aprendizaje y, muy especialmente, en el de la Mecánica. Los resultados de la encuesta a los profesores vuelven a poner de manifiesto la poca importancia que éstos dan a la distinción entre causa y efecto o al control de variables, cuando todos los investigadores señalan la importancia que tiene el pensamiento causal en dicho aprendizaje (Pozo, 1987). Además, la gran diferencia existente entre el nivel de dominio asignado por los profesores y el nivel real de los alumnos, induce a pensar que es un área que no se trata en el aula porque se considera "**evidente**", cuando no lo es. En el campo de la Mecánica es fundamental que el alumno sea consciente de las limitaciones o condiciones de aplicación que tiene el **modelo físico** que está utilizando para explicar los fenómenos.

Sin embargo, la existencia de alumnos que resuelven la mayoría de las tareas sugiere que éstas no constituyen una meta imposible para los alumnos de estas edades. Esto nos lleva a inclinarnos por las tesis mantenidas por López Rupérez y Palacios (1988) o Lawson (1995) de que "**Si los estudiantes no son evaluados en base a su capacidad para buscar y para pensar y, en su lugar, se les evalúa únicamente en base a la cantidad de contenido almacenado, aprenderán rápidamente que el conocimiento almacenado tiene más valor que los procesos intelectuales que permiten construir ese conocimiento. Esto les conducirá a desistir de toda búsqueda y, por lo tanto, a retrasar su desarrollo intelectual**". La utilización de tareas como las presentadas en los modelos de evaluación diseñados en esta investigación, no solo como tales evaluaciones o como autoevaluaciones sino, incluso, como ejemplo de actividades a tratar en el aula, puede contribuir a la modificación del proceso de enseñanza - aprendizaje. Como señala Coll (1987), este trabajo no está en la línea de "**reservar para la evaluación algunas actividades o tareas, que son así cuidadosamente evitadas en el trabajo del aula, con el fin de poder comprobar, una vez finalizado el tema o la unidad didáctica correspondiente, si los alumnos son capaces de generalizar lo que han aprendido**". En este sentido, esperamos que esta investigación sirva de orientación y de ayuda para el profesorado de Física y Química.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J.A. (1989). Comprensión newtoniana de la caída de cuerpos. Un estudio de su evolución en el Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias* 7 (3), pp. 241-246.
- ALONSO, M., GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1992). Los exámenes de Física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (2), pp.127-138.
- ALONSO TAPIA, J. (1991). *Motivación y aprendizaje en el aula. Cómo enseñar a pensar*. Madrid: Santillana, Aula XXI.
- ALONSO TAPIA, J. (1992). Evaluación del conocimiento, la inteligencia y las aptitudes: Aportaciones de la psicología cognitiva, en Fernández Ballesteros, R. (ed.), *Introducción a la evaluación psicológica Vol. 1*, pp. 415-452. Madrid: Pirámide.
- ALONSO TAPIA, J. (1997). Evaluación del conocimiento: Propósito, criterios, contexto y problemas, en Alonso Tapia, J. y otros, *Evaluación del conocimiento y su adquisición Vol. 2*, pp. 387-426. Madrid: C.I.D.E., M.E.C.
- ALONSO TAPIA, J. y PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C. (1997). Modelos de evaluación para las Ciencias de la Naturaleza, en Alonso Tapia, J. y otros, *Evaluación del conocimiento y su adquisición Vol. 2*, pp. 431-583. Madrid: C.I.D.E., M.E.C.
- ALVAREZ, J.M. (1987). *Didáctica, currículo y evaluación: Ensayos sobre cuestiones didácticas*. Barcelona: Alamex.
- ALLAL, L. (1980). Estrategias de evaluación formativa: concepciones psicopedagógicas y modalidades de aplicación. *Infancia y aprendizaje* 11, pp. 4-22.
- ANDERSSON, B. (1979). Some aspects of Children's Understanding of Boiling-point, en Archenhold, W.F., Driver, R.H., Orton, A. y Wood-Robinson, C. (eds.), *Cognitive Development Research in Science and Mathematics*, Leeds: The University of Leeds, pp. 252-260.
- ANDERSSON, B. (1984). Citado por Driver y otros, (1985).
- ANDERSSON, B. (1986a). The experiential gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions in Science. *European Journal of Science Education* 8 (2), pp. 155-171.
- ANDERSSON, B. (1986b). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education* 70 (5), pp. 549-563.
- AUSUBEL, P.D. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BEGGS, D.L. y LEWIS, E.L. (1979). *Evaluación del proceso educativo*. Madrid: TEA Ediciones, Publicaciones de Psicología Aplicada.
- BLACK, H.D. y DOCKRELL, W. (1980). *Diagnostic assessment in secondary schools*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- BLACK, P. y SOLOMON, J. (1983). Life-world and Science-world pupils' ideas about energy. *Entropy in the School*. Volumen 1. Roland Eötvös Physical Society, Budapest, Hungary.
- BLISS, J., MORRISON, I. y OGBORN, J. (1988). A longitudinal study of dynamics concepts. *International Journal of Science Education* 10 (1), pp. 99-110.

- BRIGGS, H. y HOLDING, B. (1986). Aspects of Secondary Students' Understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report, en *Children's Learning in Science Project*. Leeds University: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- BROOK, A. y DRIVER, R. (1984). Aspects of Secondary Students' Understanding of Energy, en *Children's Learning in Science Project*. Leeds University: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- BROOK, A., BRIGGS, H. BELL, B. y DRIVER, R. (1984). Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report, en *Children's Learning in Science Project*. Leeds University: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- BRUNER, J.S. (1966). Algunos elementos del descubrimiento, en Shulman, L.S. y Keislar, E.R. (eds.), *Learning by Discovery : A critical Appraisal*. Chicago: Rand McNally. (Traducción castellano: Aprendizaje por descubrimiento. Evaluación crítica. (1979). pp. 121-134. México: Trillas).
- 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), pp. 31-36.
- 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), pp. 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), pp. 3-9.
- CARRASCOSA, J. (1987). *Tratamiento didáctico en la enseñanza de las Ciencias, de los errores conceptuales*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- CHADWICK, C.B. y NELSON RIVERA, I. (1990). *Evaluación formativa para el docente*. Barcelona: Paidós Educador.
- CHAMPAGNE, A.B., KLOPPER, L.E. y ANDERSON, J.H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics* 48, pp. 1074-1079.
- CHAMPAGNE, A.B. y NEWELL, S.T. (1992). Directions for Research and Development: Alternative Methods of Assessing Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (8), pp. 841-860.
- CLEMENT, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics, *American Journal of Physics*. 50, pp. 66-71.
- CLOSSET, J. (1983). Sequential reasoning in electricity. *Actes Atelier International d'été*. La Londe les Maures, Francia. pp. 313-319.
- COHEN, R., EYLON, B. y GANIEL, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: a study of students concepts. *American Journal of Physics* 51 (5), pp. 407-412.
- COLL, C. (1983). La evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Cuadernos de Pedagogía* 103, pp. 13-17.
- COLL, C. (1987). *Psicología y curriculum. Una aproximación psicopedagógica a la elaboración del curriculum escolar*. Barcelona: Laia.
- COLL, C. y MARTÍN, E. (1993). La evaluación del aprendizaje en el curriculum escolar: una perspectiva constructivista, en Coll, C. y otros, *El constructivismo en el aula*, pp. 163-183. Barcelona: Graó, Biblioteca de Aula 1.
- De KETELE. (1984). Citado en Gutiérrez y otros (1990)
- DONNELLY, J.F. y WELFORD, A.G. (1988). Citado por Pozo et al. (1991).

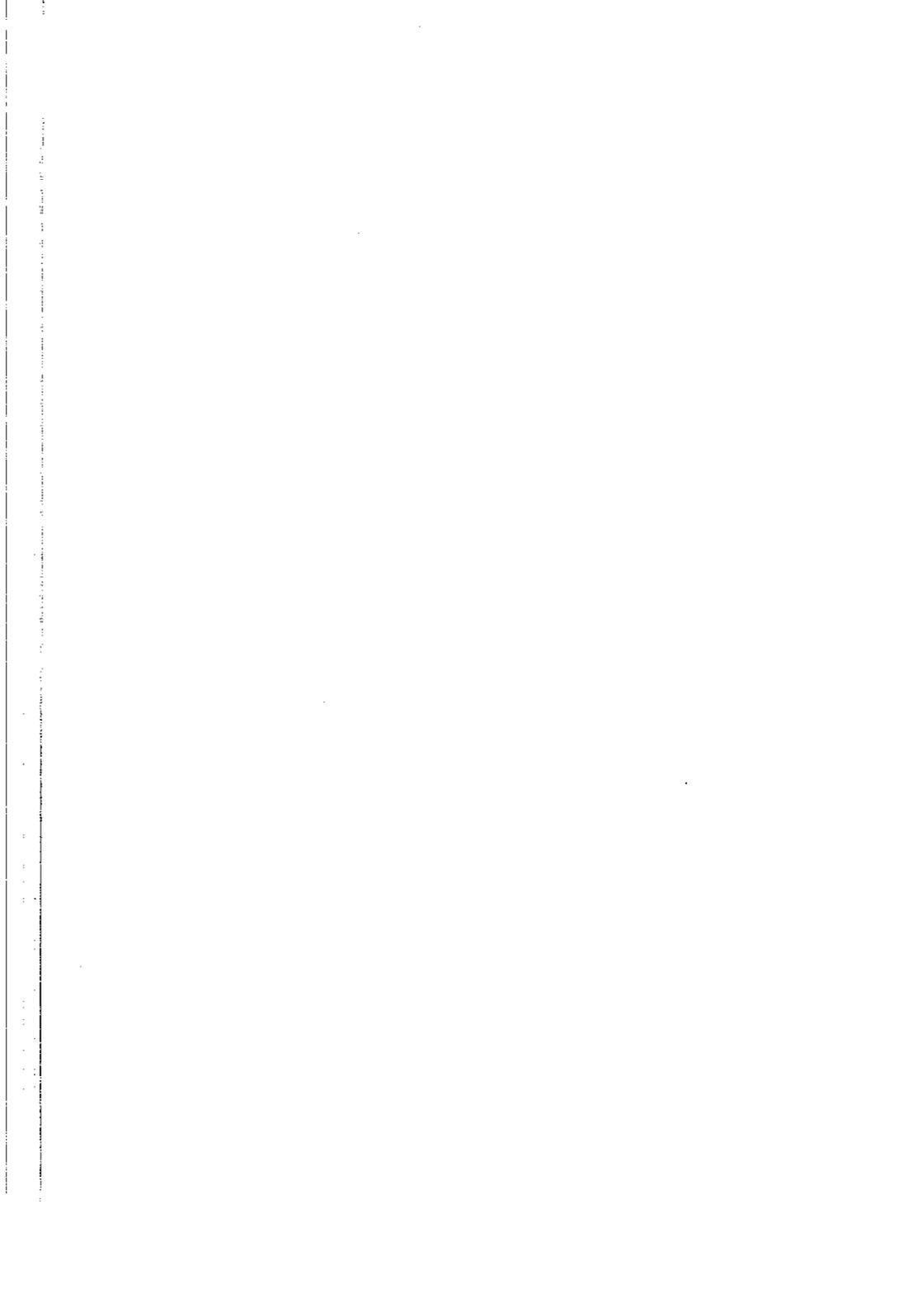
- DORAN, R.L., LAWRENZ, F. y HELGESON, S. (1993). Research on Assessment in Science, en Gabel, D. (ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*, pp. 388-442. New York: MacMillan.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985). *Children's ideas in science*. Open Univ. Press, Milton Keynes. (Traducción Castellano: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, (1989). Madrid: Morata y Centro Publicaciones M.E.C.).
- DRIVER, R. y WARRINGTON, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education* 20, pp. 171-176.
- DUIT, R. (1981). Students' notions about the energy concept - before and after Physics instruction. *Problems concerning students' representation of Physics and Chemistry Knowledge*. Ludwisburg, West Germany.
- DUIT, R. (1983). Energy conceptions held by students and consequences for science teaching. *Seminar on misconceptions in Science and Mathematics*, pp. 334-340. Ithaca: Cornell University.
- DUIT, R. (1986). In search of an energy concept, en Driver, R. y Millar, R. (eds.), *Energy matters*, pp. 67-101. University of Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- DUIT, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material?. *International Journal of Science Education* 9 (2), pp. 139-145.
- DUPIN, J.J. Y JOHSUA, S. (1986). L' électrocinétique du Collège à l' Université: évolution des représentations des élèves, et impact de l' enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l' Union des Physiciens* 683, pp. 779-800.
- DUPIN, J.J. Y JOHSUA, S. (1987). Conceptions of french pupils concerning electric circuits: Structure and evolution. *International Journal of Science Education* 12 (1), pp. 79-94.
- ERICKSON, G.L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education* 63 (2), pp. 221-230.
- ERICKSON, G.L. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education* 64 (3), pp. 323-336.
- ERICKSON, G.L. y TIBERGHIE, A. (1985). Heat and Temperature, en Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (eds.), *Children's ideas in Science*, pp.52-84. Open Univ. Press, Milton Keynes.
- ESCUADERO, T. (1985). Notas sobre la evaluación científica, en *Aspectos didácticos de Física y Química Vol. 1*. Zaragoza: ICE.
- FREDETTE, M. y LOCKHEAD, J. (1980). Students' conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher* 18, pp. 194-198.
- FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, J. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* 1 (1), pp. 83-91.
- GAGNÉ, R.M. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar.
- GARCÍA HOURCADE, J.L. y RODRÍGUEZ DE AVILA, C. (1985). Preconcepciones sobre el calor en 2º de B.U.P. *Enseñanza de las Ciencias* 3 (3), pp. 188-193.
- GAULD, C.F. (1985). *Teaching about electric circuits. Learning in Science Project*. Working Paper 209. Hamilton, N.Z.: Waikato University.
- GIMENO, D. (1985). *La evaluación didáctica en la enseñanza: Su teoría y su práctica*. Madrid: Akal.
- GIMENO, J. (1988). *Teoría de la enseñanza y desarrollo del currículo*. Madrid: Anaya.
- GLASER y BASSOK (1989). Citado en Alonso Tapia (1997).
- GUNSTONE y WATTS. Citado en Driver y otros, (1985).

- GUTIÉRREZ, R. MARCO, B. OLIVARES, E. y SERRANO, T. (1990). *La enseñanza de las Ciencias en la educación intermedia*. Madrid: Narcea.
- HALLOUN, I.B. Y HESTENES, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics* 53, (11), pp. 1056-1065.
- HÄRTEL, H. (1982). The electric circuits as a system: a new approach. *European Journal of Science Education* 4 (1), pp. 45-55.
- HERNÁNDEZ, F. y SANCHO, J.M. (1989). *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Barcelona: Laia.
- HESSE, J.J., III y ANDERSON, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (3), pp. 277-299.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988). *La Ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química*. Madrid: Laia/M.E.C.
- HIERREZUELO, J. (editor). (1993). *Ciencias de la Naturaleza. Física y Química, 3^{er} Curso*. Vélez Málaga: Editorial Elzevir.
- HODSON, D. (1986). The role of assessment in the "curriculum cycle": a survey of science department practice. *Research in Science and Technological Education* 4, pp. 7-17.
- HORNE, S. (1987). Concept referenced testing. *European Journal of Psychology of Education* 2, pp. 143-156.
- JOSHUA, S. (1983). La "métaphore du fluide" et le "raisonnement en courant". *Actes Atelier International d'été*, pp. 321-330. La Londe les Maures, France.
- JUNCOS DEL EGIDO, P. y PÉREZ LANDAZÁBAL, M.C. (1989). Persistencia de las ideas previas sobre calor y temperatura en el BUP. *III Congreso Internacional sobre Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Santiago de Compostela, pp. 225-226.
- KEMPA, R. (1986). *Assessment in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KLOPFER, L.E. (1975). La evaluación del aprendizaje en Ciencia, en Bloom, Hasting y Madaus (eds.), *Evaluación del aprendizaje*, pp. 93-220. Buenos Aires: Troquel.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1988). Use of Systemic Networks in the Development of a questionnaire. *International Journal of Science Education* 10 (5), pp. 497-509.
- LAWSON, R. A. (1984). Ph.D. Dissertation. University of Washington.
- LAWSON, A.E. (1995). *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont: Wadsworth.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. y LÓPEZ RUPÉREZ, E. (1983). Las nociones de trabajo y energía. Análisis conceptual y didáctico. *Bordón* n° 249, pp. 497-506.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. y PALACIOS GÓMEZ, C. (1988). *La exigencia cognitiva en Física básica. Un análisis empírico*. Madrid: C.I.D.E., M.E.C.
- LLORENS, J.A. (1987). Citado por Pozo y otros. (1991).
- MAICHLE, U. (1981). Representations of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. Paper at the "*Problems concerning students' representations of Physics and Chemistry knowledge Conference*". Ludwigsburg, FR Germany.
- McDERMOTT, L.C. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today* 37, pp. 24-32.
- MACEDO DE BURGHI, B. y SOUSSAN, G. (1985). Estudio de los conocimientos pre-adquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* 3 (2), pp. 83-90.
- MAYER, R. (1987). *Educational Psychology. A cognitive approach*. Boston: Little Brown and Co.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. (1989). *Diseño curricular base*. Madrid: MEC.

- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1992). Resolución del 5 de marzo. BOE del 25 de marzo de 1992.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1995). REAL DECRETO 1390/1995, de 4 de agosto. BOE del 19 de septiembre de 1995.
- 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), pp. 41-51.
- NOVAK, J. y GOWIN, B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1978). Junior high school pupils understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 63 (3), pp. 273-281.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1981). Pupils understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education* 65 (2), pp. 187-196.
- NUSSBAUM, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase, en Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (eds.), *Children's ideas in Science*. Open Univ. Press, Milton Keynes.
- OLDHAM, V., BLACK, P., SOLOMON, J. y STUART, H. (1986). A study of pupil views on the dangers of electricity. *European Journal of Science Education* 8 (2), pp. 185-197.
- OSBORNE, R.J. (1981). Children ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher* 29, pp. 12-19.
- OSBORNE, R.J. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education* 1, pp. 73-82.
- OSBORNE, J.R. y FREYBERG, P. (1985). *Learning in Science. The implications of children's Science*. London: Heinemann. (Traducción castellano: *El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos*.(1991). Madrid: Narcea).
- PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C., GARCÍA - GALLO, J. y MORENO REBOLLO, J.M. (1991). Eficacia didáctica de una metodología en el diseño de unidades didácticas de Física con ordenador. *Memoria de investigación*. Madrid: C.I.D.E. y C.S.I.C.
- PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M.C. (1993). Influencia del contexto temático en el razonamiento sobre problemas de Física en 2º BUP. *Tarbiya* (Revista del ICE de la UAM) 4, pp.7-32 .
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1971). *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Barcelona: Nova terra.
- POPHAM, W. (1978). *Criterion-referenced measurement*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. (Traducción castellano: *Evaluación basada en criterios*. Madrid: Magisterio Español).
- POSNER, G., STRIKE, D. HEWSON, P. Y GERTZOG, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66, (2), pp. 211-227.
- POZO, J.I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- 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., M.E.C.
- PSILLOS, D., KOUMARAS, P. y TIBERGHIE, A. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education* 10 (1), pp. 29-43.

- RHONECK, C. (1983). Semantic structures describing the electric circuit before and after instruction. *Actes Atelier International d'été*, 303-312. La Londe les Maures, France.
- RIVAS y ALCANTUD. (1987). Citado en Alonso Tapia (1997).
- RODRÍGUEZ BARREIRO, L.M. GUTIÉRREZ, F.A. y MOLLEDO, J. (1992). Una propuesta integral de evaluación en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (3), pp. 254-267.
- ROSALES, C. (1981). *Criterios para una evaluación formativa*. Madrid: Narcea.
- SEBASTIÁ, J.M. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias* 2, (3), pp. 161-169.
- SEPHARD. (1980). Citado en Alonso Tapia (1997).
- SIEGEL, S. (1979). *Estadística no paramétrica, aplicada a la ciencia de la conducta*. México: Trillas.
- SHIPSTONE, D.M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education* 6, (2), pp. 85-198.
- SOLOMON, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education* 5, (1), pp. 49-59.
- SOLOMON, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education* 20, pp. 165-170.
- SOLOMON, J., BLACK, P., OLDHAM, V. y STUART, H. (1986). The pupils views of electricity. *European Journal of Science Education* 8 (3), pp. 281-294.
- SOLOMON, J., BLACK, P., y STUART, H. (1987). The pupil's views of electricity revisited: social development or cognitive growth. *International Journal of Science Education* 9 (1), pp. 13-22.
- SATTERLY, D. y SWANN, N. (1988). Los exámenes referidos al criterio y al concepto en Ciencias: Un nuevo sistema de evaluación. *Enseñanza de las Ciencias* 6 (3), pp. 278-284.
- STAVY, (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education* 10 (5), pp. 533-560.
- STAVY, R. y BERKOVITZ, B. (1980). Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education* 64 (5), pp. 679-692.
- STRAUSS, S. y STAVY, R. (1983). Educational - Developmental Psychology and Curriculum Development: The case Heat and Temperature. *Seminar on misconceptions in Science and Mathematics*, pp. 310-321. Ithaca: Cornell University.
- TAMIR, P. (1996). Science Assessment, en Birembaum, M. y Dockhy, F. (eds.) *Alternatives in Assessment of Achievements, Learning Processes and Prior Knowledge*. Boston: Kluwer.
- TIBERGHIE, A. (1983). Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de temperature et chaleur pour les élèves de 10 à 16 ans. *Actes Atelier International d'été*, pp. 55-74. La londe les Maures, Francia.
- TROWBRIDGE, D.E. y McDERMOTT, L.C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Journal of Physics* 48, pp. 1020-1028.
- TROWBRIDGE, D.E. y McDERMOTT, L.C. (1981). Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. *American Journal of Physics* 49, (3), pp. 242-253.

- VALERA, M., LÓPEZ FERNÁNDEZ, C., GARCÍA GARCÍA, S., GIL IBAÑEZ, J., FRUTOS, J., INIESTA, M.A. y MARSET, P. (1983). Intuición e Historia de las Ciencias en la Enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias 1* (3), pp. 205-215.
- VARELA, P., MANRIQUE, M.J. y FAVIERES, A. (1988). Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias 6* (3), pp. 285-290.
- VARELA, M.P., FAVIERES, A., MANRIQUE, M.J. y PÉREZ-LANDEZÁBAL, M.C. (1993). *Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista*. Madrid: CIDE, MEC.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education 1*, pp. 205-221.
- VIENNOT, L. (1989). La didáctica en la enseñanza superior, ¿para qué?. *Enseñanza de las Ciencias 7* (1), pp. 3-13.
- VILLA y ALONSO TAPIA. (1996). Citado en Alonso Tapia (1997).
- WARREN, J.W. (1971). *Circular motion*. *Physics Education 6*, (2), pp. 74-77.
- WARREN, J.W. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education 4* (3), pp. 295-297.
- WATTS, D.M. (1983a). Some alternative views of energy. *Physics Education 18*, pp. 213-217.
- WATTS, D.M. (1983b). A study of school children's alternative frameworks of the concept of force. *European Journal of Science Education 5* (2), pp. 217-230.
- WATTS, D.M. y ZYLBERSZTAJN, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education 16*, pp. 360-365.
- YAGER, R.E. y McCORMACK, A.J. (1989). Assessing Teaching/Learning Successes in Multiple Domains of Science and Science Education. *Science Education 73* (1), pp. 45-58.
- YARROCH, W. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching 22*, pp. 449-459.



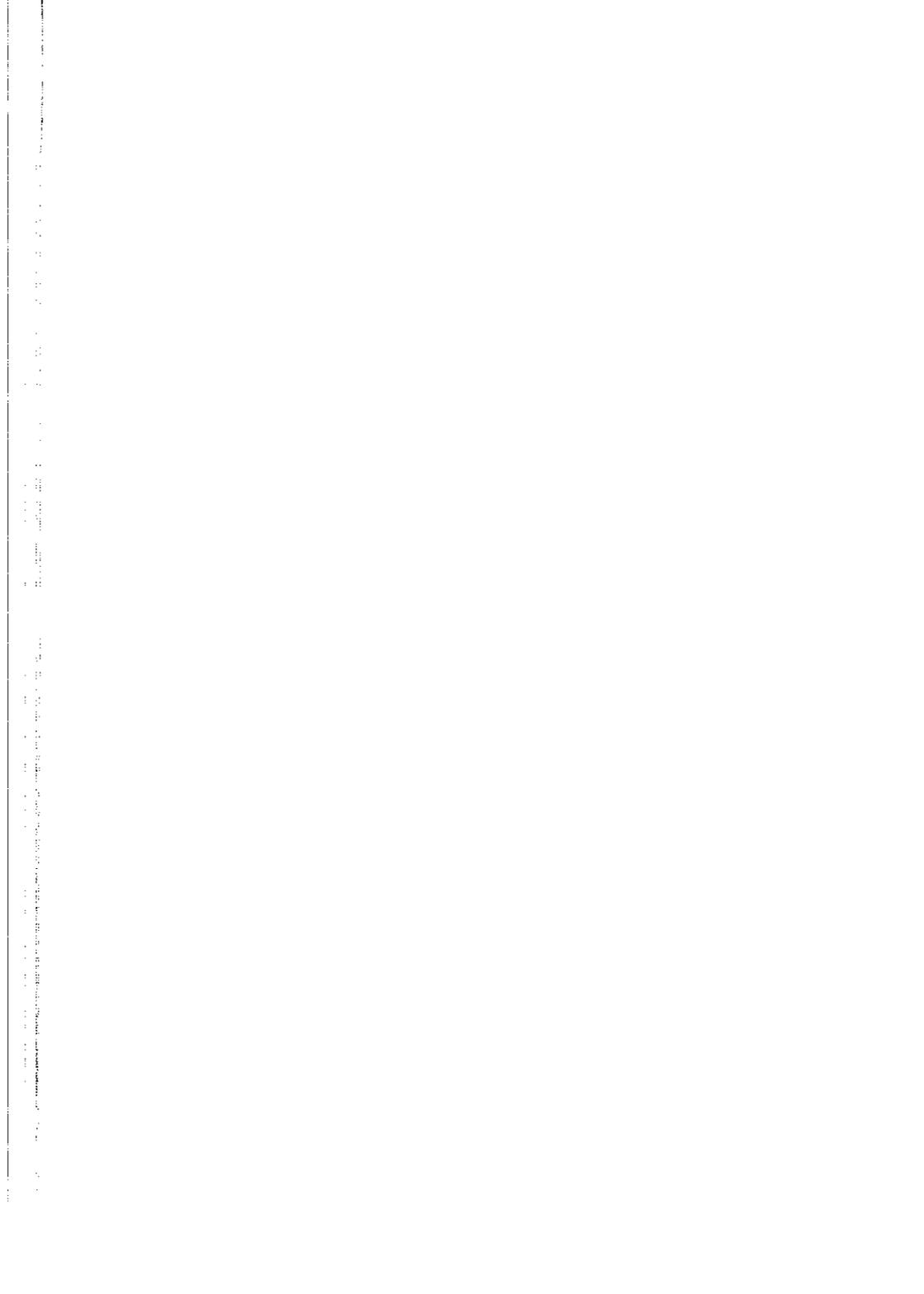
ANEXO 1: PRUEBAS UTILIZADAS

Curso 3º de la ESO

- 1.1. Evaluación de requisitos previos**
- 1.2. Evaluación de fenómenos químicos**
Primera parte: Diversidad y unidad de estructura de la materia
- 1.3. Evaluación de fenómenos químicos**
Segunda parte: Los cambios químicos
- 1.4. Evaluación de fenómenos físicos: Electricidad**

Curso 4º de la ESO

- 1.5. Evaluación de requisitos previos**
- 1.6. Evaluación de fenómenos físicos**
Primera parte: Movimiento
- 1.7. Evaluación de fenómenos físicos**
Segunda parte: Fuerza y movimiento
- 1.8. Evaluación de fenómenos físicos**
Tercera parte: Energía





EVALUACIÓN DE REQUISITOS PREVIOS (3º de la ESO)

Física y Química

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos de FÍSICA Y QUÍMICA que has adquirido en tus estudios previos, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, adecuar el proceso de enseñanza y cumplir satisfactoriamente los objetivos del curso. **NO SE EMPLEARAN PARA CALIFICACIÓN.**

Esta prueba consiste en diecinueve preguntas: ocho sobre Química, tres sobre Electricidad y ocho que requieren la aplicación de destrezas de tipo general.

El tipo de presentación también varía:

- En once preguntas debes elegir entre varias respuestas
- En seis preguntas debes completar una tabla.
- En dos preguntas debes dar una respuesta breve

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



1. Vamos a tratar de explicar algunos procesos a partir de la teoría cinética de la materia. Escribe en cada casilla si **aumenta, disminuye o no varía** el número, el tamaño, la distancia o la velocidad de las partículas (átomos o moléculas, según el caso) durante el proceso en cuestión:

Fenómeno	El número de partículas ..	El tamaño de las partículas ..	La distancia entre las partículas ..	La velocidad de las partículas ..
Durante el verano la vía metálica del tren se calienta.				
Con una bomba se inyectan tres emboladas más de aire, sin que varíe la temperatura, en un balón de fútbol que ya está inflado				

2. Clasifica, poniendo una cruz en la casilla correspondiente, los materiales siguientes dentro de las categorías que se exponen (mezclas heterogéneas, mezclas homogéneas o disoluciones y sustancias puras).

Materiales	Mezcla heterogénea	Mezcla homogénea	Sustancia pura
Ácido sulfúrico			
Agua destilada			
Agua de mar, que contiene diversas sales			
Aire, que contiene varios gases			
Arena de playa			
Leche esterilizada			
Mercurio			
Nitrógeno, gas biatómico			

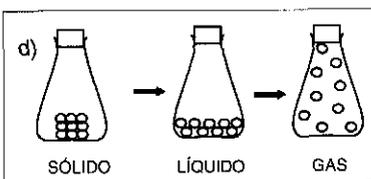
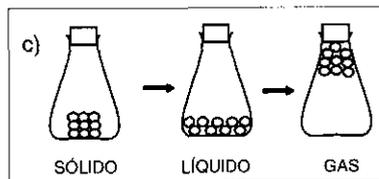
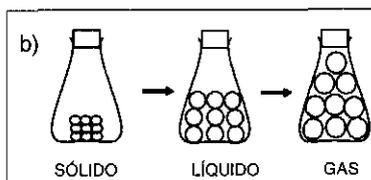
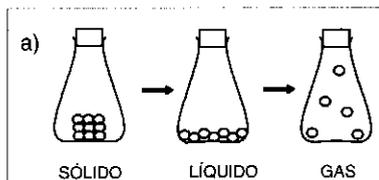
3. Clasifica, poniendo una cruz en la casilla correspondiente, los materiales siguientes como elementos o compuestos.

Materiales	Compuesto	Elemento
Ácido nítrico		
Agua		
Cloro, gas biatómico		
Oxígeno, gas biatómico		
Plata		
Sal común, que es cloruro sódico		

4. Clasifica los cambios siguientes como físicos o químicos, poniendo una cruz en la casilla correspondiente.

Cambio	Físico	Químico
Cera que se derrite al calentarla.		
Madera que arde en una chimenea.		
Zumo de uva que se convierte en vino.		
Agua de colonia que se evapora de un frasco.		
Reja de hierro que se oxida a la intemperie.		
Mármol atacado por zumo de limón.		
Agua de un lago congelándose en el invierno.		

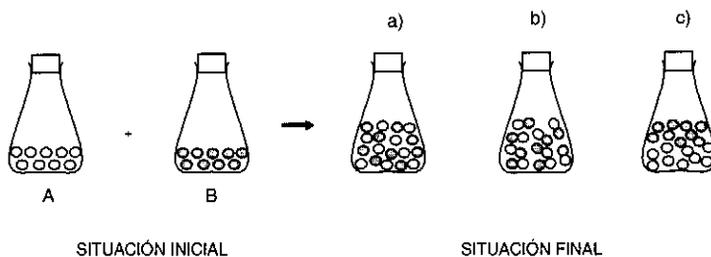
5. A continuación se presentan una serie de esquemas que intentan explicar cómo se modifica el comportamiento de las moléculas del hielo en su paso al estado líquido y al gaseoso. Señala, de acuerdo con la teoría cinética de la materia, cuál de ellas es la correcta:



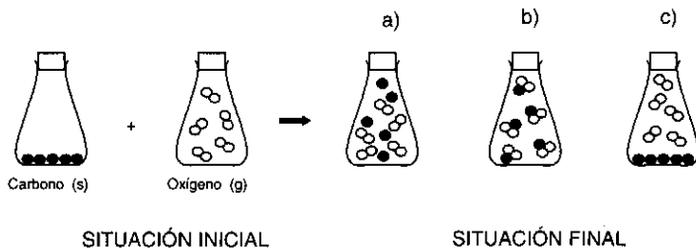


En los fenómenos siguientes se suministran tres opciones relativas al comportamiento de las moléculas en el proceso. Elige, tomando como base el modelo cinético de la materia, cuál de las opciones suministradas es la correcta:

6. Se mezclan dos líquidos A y B para constituir una mezcla homogénea (disolución).



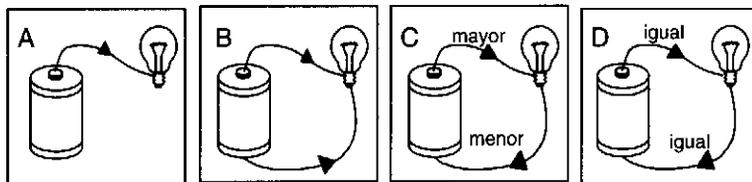
7. Reaccionan carbono y oxígeno para constituir un compuesto gaseoso (anhídrido carbónico).



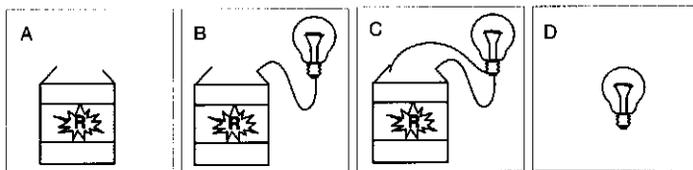
8. Para hacer una quemada se prende con una cerilla el aguardiente de orujo hasta quemar parte del alcohol que contiene. Elige la opción que consideras verdadera:

- Los gases que se han producido siguen siendo alcohol, que ahora está en estado gaseoso.
- Los gases ya no son de alcohol, sino de otra sustancia nueva también en estado gaseoso.
- El alcohol quemado ha desaparecido, transformándose en energía calorífica del aire.

9. Elige, entre los cuatro modelos siguientes, cuál representa la circulación de la corriente eléctrica en el circuito compuesto por la pila, los cables y la bombilla:



10. Observa los cuatro dibujos (A, B, C, D) y lee cada una de las frases.

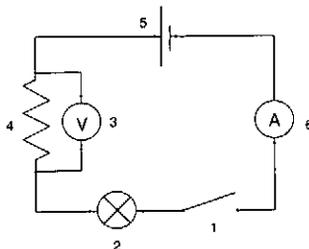


Rodea con un círculo la letra o letras que corresponden al dibujo que hace que cada una de las frases sea cierta. Si no lo sabes, márcalo también.

- a) La lámpara brilla en la figura A B C D NO LO SÉ
 b) Hay corriente eléctrica en la figura A B C D NO LO SÉ
 c) Existe voltaje en la figura A B C D NO LO SÉ

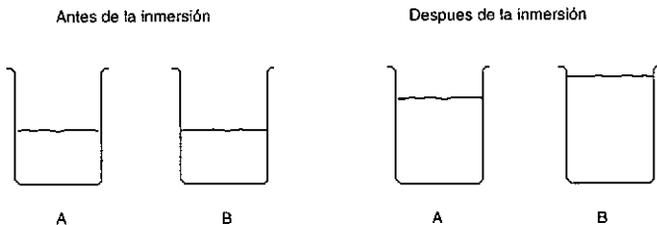
11. Identifica, poniendo una cruz en la casilla correspondiente, cada elemento del circuito eléctrico de la figura.

	1	2	3	4	5	6
Generador (Pila)						
Bombilla						
Interruptor						
Medidor de intensidad						
Medidor de voltaje						
Resistor (Resistencia)						





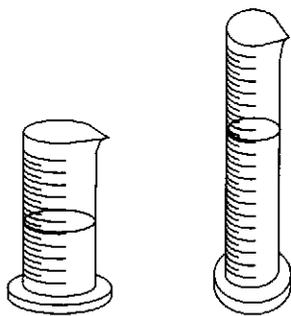
12. A y B son dos vasos idénticos que contienen cantidades iguales de agua. Tomamos dos cuerpos sólidos diferentes y sumergimos uno en A y el otro en B. Observamos que, tras su inmersión completa, el nivel de agua en cada vaso ha variado como se muestra en la figura:



podemos decir que

- a) La masa del objeto sumergido en A es mayor que la del sumergido en B.
- b) La masa del objeto sumergido en A es menor que la del sumergido en B.
- c) De esta información no se puede determinar la relación de las masas.

13. Ponemos agua en un cilindro grueso hasta una altura de 5 cm y, al echar esa cantidad de agua en un cilindro estrecho, comprobamos que sube hasta una altura de 12 cm.



Vaciamos ambos cilindros y echamos agua en el cilindro estrecho hasta la altura 8.

Si ahora echamos ese agua en el cilindro ancho, ¿hasta qué altura crees que ascenderá el agua?

Justifica tu razonamiento.

14. María quiere hacer un batido de chocolate, pero no posee ningún vaso graduado para medir los 450 mililitros de leche que indica la receta. En cambio, tiene otra receta donde se señala que unos 270 mililitros de vino son, aproximadamente, un vaso y medio de los que se usan normalmente.

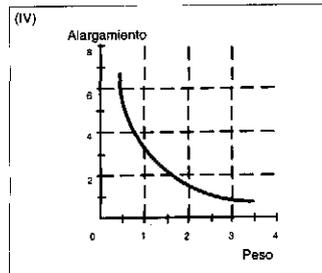
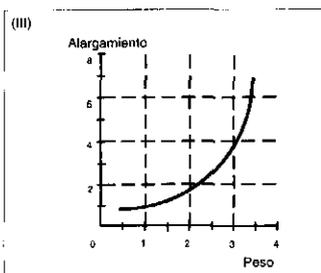
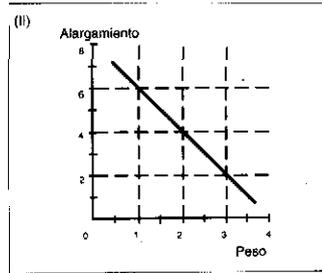
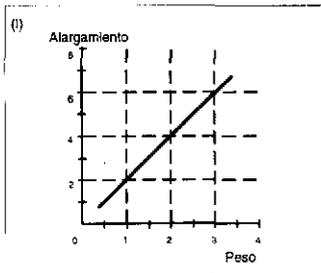
¿Cuántos vasos de leche tiene que medir María para conseguir los 450 mililitros de la receta?. Justifica tu razonamiento.

15. Al colgar diferentes cuerpos del extremo de un muelle vertical, el muelle se alarga.

Cuando se realiza la experiencia, se obtienen los datos siguientes:

Peso (N)	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Alargamiento (cm)	2	3	4	5	6	7

¿Qué gráfica corresponde realmente al alargamiento de ese muelle elástico?:



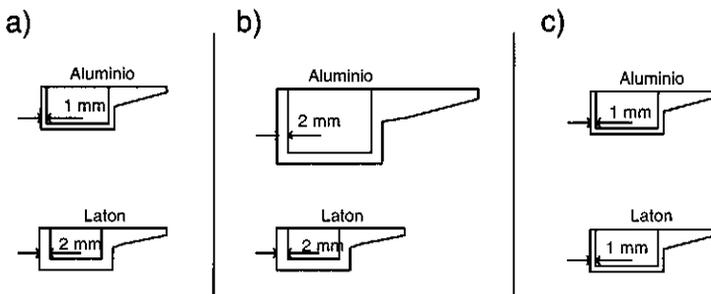
María hace un experimento para saber si el tipo de material de la cacerola influye en la rapidez de calentamiento del agua.

Para ello calienta medio litro de agua en cada una de las cacerolas que se presentan en la figura, utilizando siempre la misma placa eléctrica y las mismas condiciones.

Durante el proceso de calentamiento va midiendo la temperatura alcanzada por el agua.

Las tres preguntas siguientes se refieren a este planteamiento.

16. María ha controlado que el calentamiento sea el mismo para todas las cacerolas y también que la cantidad de agua sea la misma. Pero, ¿qué par de cacerolas debe elegir - el a), el b) ó el c) - para comprobar si el tipo de material influye en la rapidez de calentamiento del agua?. Justifica tu razonamiento.

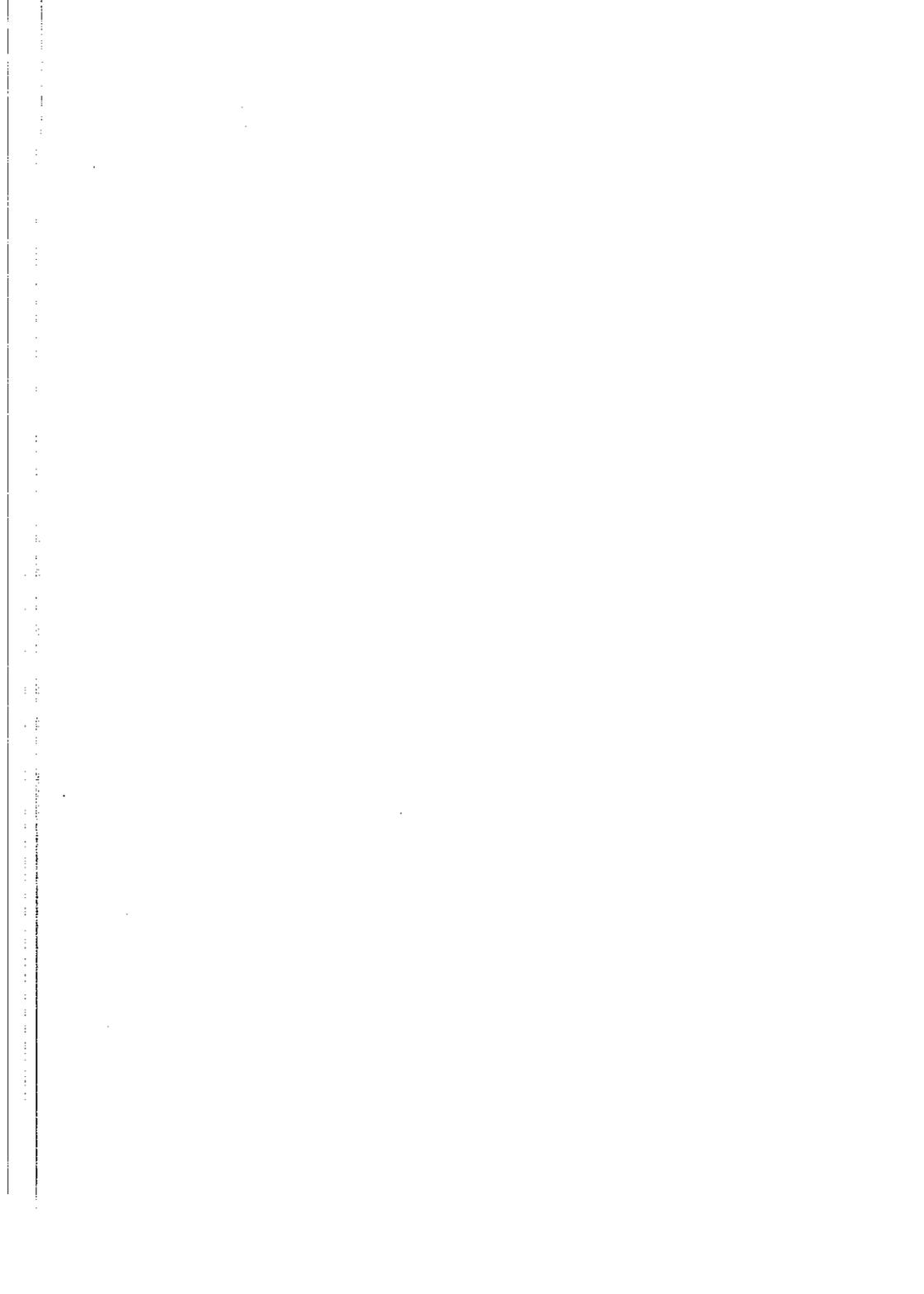


17. La variable que mide la **causa** del calentamiento es:
- La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - El tipo de material constituyente de las cacerolas.
18. La variable que mide el **efecto** del proceso de calentamiento es:
- La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - El tipo de material constituyente de las cacerolas.



19. En la tabla siguiente, clasifica cada una de las afirmaciones, tomadas de un libro de texto, como **dato (observación)** o como **hipótesis (interpretación teórica)**, señalando con una cruz la casilla correspondiente.

Afirmaciones	Datos (Observaciones)	Hipótesis (Interpretación teórica)
El agua se encuentra en la naturaleza en tres estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso		
Esta diferencia se debe a que la fuerza de unión entre las moléculas de agua varía de un estado a otro		
En el estado sólido, las moléculas están unidas muy fuertemente y se dice que presentan gran cohesión		
Por eso los sólidos no cambian de forma.		
En los líquidos la fuerza de cohesión entre las moléculas es menor, y todavía es más pequeña en los gases		
Entre líquidos y gases existen otras diferencias: Los líquidos se comprimen muy poco mientras que los gases son muy compresibles		
La razón es que las moléculas de los gases están más distanciadas entre sí que las moléculas de los líquidos		





EVALUACIÓN DE FENÓMENOS QUÍMICOS
(3º de la ESO)

DIVERSIDAD Y UNIDAD DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre.....

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

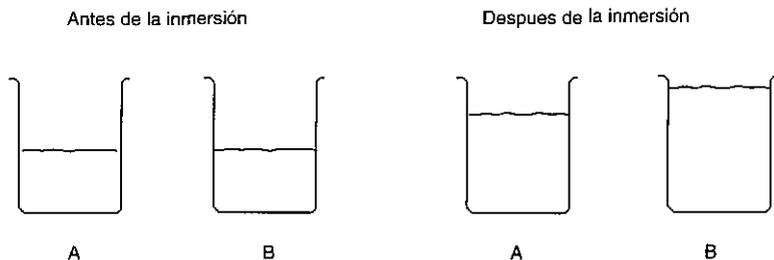
El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos de QUÍMICA que has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.

A y B son dos vasos idénticos que contienen cantidades iguales de agua:

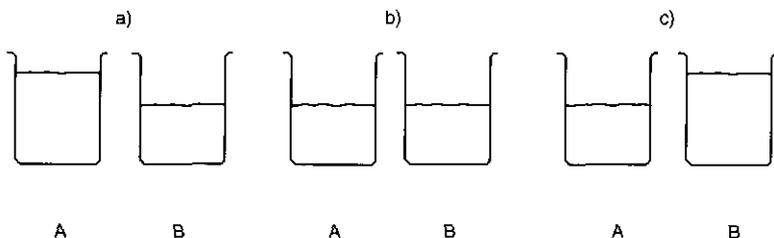
1. Tomamos dos cuerpos sólidos diferentes y sumergimos uno en A y el otro en B. Observamos que, tras su inmersión completa, el nivel de agua en cada vaso ha variado como se muestra en la figura:



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.

2. Ahora sumergimos 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 de los casos siguientes señala el nivel final del agua en ambos vasos:



- La altura del agua en A será mayor que en B.
- La altura del agua en A será igual que en B.
- La altura del agua en A será menor que en B.



5. 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 que, en algunos casos, se unen formando moléculas. En tu opinión, esas moléculas se encuentran:

- a) Separadas y en continuo movimiento. El espacio entre ellas está vacío.
- b) Pegadas y, por lo tanto, sin nada entre ellas. Completamente inmóviles.
- c) Separadas y en continuo movimiento debido al aire que hay entre ellas

6. Analiza las afirmaciones siguientes y señala cuáles son correctas y cuáles incorrectas:

- | | | |
|---|----------|----------|
| a) Se echan unos cristales en un líquido. Se agita y los cristales desaparecen. Se ha producido un cambio químico porque inicialmente había un sólido y un líquido, y al final solo hay un líquido. | C | I |
| b) Se calienta alcohol en un recipiente y al cabo de cierto tiempo, el alcohol desaparece. Estaba líquido y ahora está gaseoso. Se ha producido un cambio químico. | C | I |
| c) En un recipiente de cerámica que contiene un poco de alcohol se echa una cerilla encendida. El alcohol arde y todo el líquido termina desapareciendo. Se ha producido un cambio químico. | C | I |
| d) Las moléculas de un compuesto están constituidas por átomos de diferentes tipos. | C | I |
| e) Las moléculas de un elemento solo pueden ser monoatómicas. | C | I |
| f) Un compuesto es una mezcla de sustancias. | C | I |
| g) Las propiedades de los compuestos solo dependen de los átomos de que están constituidos, no de cómo están éstos unidos. | C | I |
| h) En una reacción química se produce la rotura de los enlaces existentes entre los átomos de los reactivos iniciales y se forman otros enlaces nuevos entre dichos átomos. | C | I |
| i) En una reacción química, el número de átomos de cada elemento permanece constante. | C | I |



7. Clasifica las sustancias siguientes basándote en los procesos que se describen:

- a) Un líquido que en una destilación se separa en dos sustancias, una sólida y otra líquida. ELEMENTO COMPUESTO DISOLUCIÓN
- b) Un sólido que se calienta y funde a temperatura constante y que, al circular por él una corriente eléctrica, se observa desprendimiento de gas y depósito de un sólido. ELEMENTO COMPUESTO DISOLUCIÓN
- c) Un líquido que al calentarse hierve a una temperatura constante y cuando se quema desprende vapores de dióxido de carbono y agua. ELEMENTO COMPUESTO DISOLUCIÓN

8. A continuación se dan las fórmulas de diferentes materiales. En base a dichas fórmulas debes clasificarlos como COMPUESTO o ELEMENTO:

	Compuesto	Elemento
N_2		
Fe		
F_2		
$CaCO_3$		
Zn		
SO_2		
$K_2 MnO_4$		
CO		

9. 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:

- a) Los 29 protones y los 34 neutrones están en el núcleo, mientras que los 29 electrones giran alrededor del mismo.
- b) Los 29 electrones y los 34 neutrones están en el núcleo, mientras que los 29 protones giran alrededor del mismo.
- c) El átomo de cobre es una bola maciza, en la cual protones, electrones y neutrones forman un todo compacto.



10. Completa la tabla siguiente:

Elemento	Nombre	Z	A	Nº protones	Nº neutrones	Nº electrones
${}^{14}_7N$						
${}^{24}_{12}Mg$						
Cl			35		18	
Ag				47	60	

11. Basándote en los datos aportados por la **TABLA I** (que reproduce algunas filas y columnas del **SISTEMA PERIÓDICO**),

TABLA I

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 Ar
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

indica cuál de las afirmaciones siguientes es la **Incorrecta**:

- Para formar un compuesto con el azufre, un átomo de litio cede los dos electrones de su última capa a un átomo de azufre.
- Para formar un compuesto con el cloro, el átomo de magnesio cede los dos electrones de su última capa a dos átomos de cloro.
- En el compuesto óxido de calcio, el calcio cede los dos electrones de su última capa a un átomo de oxígeno.

12. Los modelos atómicos de Bohr y Rutherford ayudaron a explicar los enlaces químicos establecidos entre algunos átomos. Su hipótesis principal es que, para conseguir estabilidad, los átomos tienden a completar el número de ocho electrones en su última capa.

Los átomos con pocos electrones en su última capa (tres o menos) *ceden* estos electrones a otros átomos que necesiten pocos electrones para completar la última suya (aquéllos que tienen cinco o más), estableciéndose el enlace llamado **iónico**.

Cuando las diferencias en la última capa no son tan marcadas, los átomos *comparten* electrones entre sí para llegar a completar su última capa, estableciéndose el enlace llamado **covalente**.

En algunos gases, dos átomos iguales establecen un enlace **covalente**, compartiendo electrones de su última capa hasta completarla y estableciendo moléculas *biatómicas*. Un ejemplo es el oxígeno, que tiene seis electrones en su última capa y necesita dos para completarla: se unen dos átomos y cada uno de ellos aporta dos electrones al otro de forma que, con sus seis electrones y los dos que comparte con el otro alcanza la estabilidad.

Con esta información y los datos aportados por la **TABLA II**, que presenta la estructura electrónica de una serie de elementos, señala cuál de las siguientes afirmaciones es **incorrecta**.

TABLA II

ELEMENTO	Electrones por capa
A	2 - 2
B	2 - 7
C	2 - 8 - 1
D	2 - 8 - 8
E	2 - 8 - 8 - 1

- a) El elemento **D** será totalmente estable e inerte y, por esta razón, se puede presentar en la naturaleza en forma monoatómica.
- b) En el elemento **B**, se pueden unir dos átomos compartiendo ambos un electrón de su última capa para completarla, formando un enlace covalente.
- c) El elemento **C** puede ceder un electrón al elemento **E**, así ambos consiguen completar su última capa constituyendo un enlace iónico.
13. ¿Qué elementos de la TABLA II tendrán con mayor probabilidad propiedades químicas parecidas?:
- a) A y B porque tienen el mismo número de capas, dos.
- b) C y D porque tienen las dos primeras capas idénticas.
- c) C y E porque hay los mismos electrones en la última capa.



Ayudándote de la **TABLA I** (que reproduce algunas filas y columnas del **SISTEMA PERIÓDICO**), responde las preguntas 14 a 18:

TABLA I

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 Ar
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

14. Has estudiado que el CLORO puede actuar con valencia -1 cuando reacciona con un elemento electropositivo como el HIDRÓGENO (+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**:

- a) H_2ClO_3 b) HCl c) $HClO_3$

15. En los compuestos siguientes señala cuál es la valencia con la que actúan cada uno de los elementos:

- a) $Ca(OH)_2$ Hidrógeno \rightarrow Oxígeno \rightarrow Calcio \rightarrow
b) $AlCl_3$ Cloro \rightarrow Aluminio \rightarrow
c) K_2SO_4 Oxígeno \rightarrow Potasio \rightarrow Azufre \rightarrow

16. Las fórmulas de los compuestos que se indican a continuación, ¿son correctas o incorrectas?:

- a) Óxido de magnesio MgO C I
b) Ácido nítrico HNO_2 C I
c) Sulfato de calcio Ca_2SO_4 C I
d) Óxido de cloro VII Cl_2O_7 C I

17. Completa la fórmula de los compuestos siguientes:

- a) Hidróxido de magnesio $Mg(OH)$
b) Óxido de aluminio AlO_3
c) Cloruro de cobre II $CuCl$
d) Sulfato de potasio KSO_4

18. Escribe las fórmulas de los compuestos siguientes

- a) Hidróxido de litio
b) Fluoruro de hidrógeno
c) Nitrato de sodio
d) Carbonato de calcio



EVALUACIÓN DE FENÓMENOS QUÍMICOS
(3º de la ESO)

LOS CAMBIOS QUÍMICOS

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos de QUÍMICA que has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



1. Un desinfectante utilizado para los rasguños de los niños es una disolución de gluconato de clorhexidina en un excipiente líquido con una concentración de 0,1 g/l. Partiendo de esta información, responde las preguntas a, b y c:

a) Si tomamos una muestra de 100 ml de este desinfectante, su concentración será:

Mayor de 0,1 g/l.

Igual a 0,1 g/l.

Menor de 0,1 g/l.

b) La cantidad de gluconato de clorhexidina contenida en un frasco de 200 ml, será:

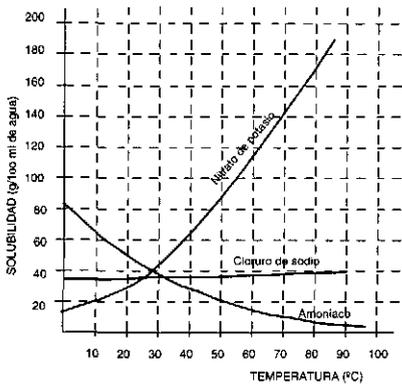
c) El volumen de disolución que tendríamos que tomar para tener 0,5 gramos de gluconato de clorhexidina es:

2. Para saber si una disolución **D** de cloruro sódico en agua está saturada, añadimos 10 gramos más de sal en ella. Agitamos bien y observamos que en el fondo quedan depositados algunos cristales de sal. Filtramos la disolución para recoger dichos cristales y observamos que tienen una masa de 4 gramos. La disolución inicial **D** ¿estaba saturada?:

SI

NO

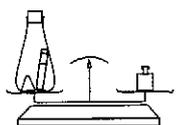
3. El gráfico de la figura representa la variación de la solubilidad con la temperatura para dos sólidos, el nitrato de potasio y el cloruro de sodio, y para un gas, el amoníaco. Tomando como base la información proporcionada por el gráfico, responde las preguntas a y b.



- a) La solubilidad aumenta con la temperatura en el Cloruro de sodio Nitrato de potasio Amoníaco
- La solubilidad disminuye con la temperatura en el Cloruro de sodio Nitrato de potasio Amoníaco

b) A la temperatura de 40 °C, el es el más soluble mientras que el es el menos soluble.

4. En un platillo de una balanza hemos puesto un recipiente cerrado herméticamente 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 y agua. Elige, entre las opciones siguientes, cuál señala la posición correcta del fiel de la balanza.



SITUACIÓN INICIAL

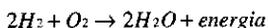


SITUACIÓN FINAL

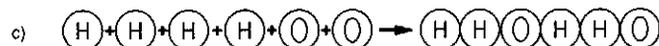
5. Un ferretero comprueba que la masa de los clavos que ha solicitado es efectivamente de 1 kilogramo. Cuando al cabo de cierto tiempo quiere vendérselos a un cliente, se encuentra con la desagradable sorpresa de que, en su almacén, los clavos se han oxidado. Si los vuelve a pesar ahora se encontrará con que la masa actual:

- Sigue siendo un kilogramo porque la herrumbre obtenida es el mismo hierro original que se ha transformado.
- Será inferior a un kilogramo porque la herrumbre que se ha formado es más ligera que el hierro que había.
- Es mayor que 1 kg porque a la masa de hierro inicial se ha añadido la masa del oxígeno del aire con que ha reaccionado.

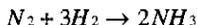
6. Has estudiado que la obtención de agua a partir de hidrógeno y oxígeno se puede representar por la ecuación química:



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



7. Analiza la ecuación química del proceso de obtención del amoníaco:



y responde las preguntas 7.1 y 7.2.

7.1 El coeficiente 3 delante del hidrógeno indica:

- Número de moléculas de hidrógeno que reaccionan con una molécula de nitrógeno.
- El número de átomos que constituyen estructuralmente la molécula de hidrógeno.
- Número total de átomos de hidrógeno que se ponen en juego en la reacción.

7.2 El subíndice 3 que lleva el hidrógeno en la fórmula del amoníaco indica:

- Número de moléculas de amoníaco que se obtienen en esa reacción.
- Número de átomos de hidrógeno que hay en la molécula de amoníaco.
- Número de átomos que tiene la molécula de hidrógeno.

8. Cuando se calienta suficientemente un trozo de azúcar, se obtiene carbón y vapor de agua. De estos datos, intenta deducir qué átomos constituyen la molécula de azúcar.
9. Entre las tres afirmaciones siguientes, relativas a reacciones químicas, señala cuál es **correcta**:
- a) En la combustión del butano de nuestra cocina (C_4H_{10}) se produce dióxido de carbono y agua (H_2O).
- b) La combustión de la gasolina (C_8H_{18}) **no** produce CO_2 y agua porque no tiene oxígeno en su molécula.
- c) En la combustión del sulfuro de carbono (CS_2) se produce CO_2 , dióxido de azufre (SO_2) y agua (H_2O).
10. En un examen Jorge ha escrito las ecuaciones químicas de cuatro reacciones pero solo ha escrito una ecuación **correcta** pues las otras tres contradicen un principio importante de la Química. Señala cuál de ellas es la correcta y por qué son incorrectas las demás.
- a) $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$
- b) $H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + 2H_2$
- c) $Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$
- d) $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

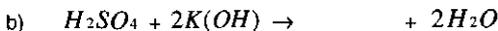
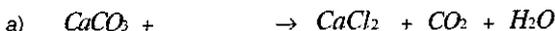
11. Si Jorge no se hubiera equivocado al escribir las ecuaciones químicas, habría escrito cuatro tipos de reacciones:

- | | | | | |
|--|---|---|---|---|
| A) Una reacción de combustión. | a | b | c | d |
| B) Una reacción de oxidación. | a | b | c | d |
| C) Una reacción de neutralización entre un ácido y una base. | a | b | c | d |
| D) Una reacción de un ácido sobre un metal. | a | b | c | d |

Empareja cada tipo de reacción (**A, B, C o D**) con su ecuación correspondiente (**a, b, c o d**), tal como están escritas en la pregunta número 10.



12. Completa las ecuaciones siguientes:



13. El profesor ha pedido a sus alumnos que escriban cuatro frases sobre las propiedades características de **ácidos** y **bases**. Jorge ha escrito tres frases correctas y una incorrecta. Señala cuál de ellas es la **incorrecta**:

- a) El papel indicador se pone de color rojo con los ácidos y de color azul con las bases.
- b) En cantidades adecuadas ácidos y bases se neutralizan pues reaccionan formando sal y agua.
- c) Los ácidos reaccionan con la cal (CaCO_3) desprendiendo dióxido de carbono; las bases no.
- d) Las bases reaccionan con el cinc desprendiendo hidrógeno, mientras que los ácidos no.

14. Clasifica las reacciones siguientes como exotérmicas (ceden energía) o endotérmicas (necesitan energía):

- | | | |
|---|-------------|------------|
| a) Combustión del butano en una cocina. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |
| b) Descomposición térmica del clorato potásico. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |
| c) Producción de luz al quemar una bengala. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |
| d) Desarrollo de las plantas gracias a la fotosíntesis. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |
| e) Reacciones químicas en una pila eléctrica. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |
| f) Dorado de un metal barato en un proceso de electrolisis. | ENDOTÉRMICA | EXOTÉRMICA |



Para determinar qué factores influyen en la velocidad de una reacción química, se realiza una serie de experimentos, obteniéndose los resultados que se indican:

Experimento 1 - En dos matraces iguales se colocan dos trozos compactos iguales de piedra caliza y se añade a cada uno de ellos 100 ml de ácido clorhídrico de idéntica concentración. El matraz **A** se encuentra a una temperatura de 20 °C mientras el **B** se encuentra a 50 °C. Experimentalmente se observa que la piedra caliza del matraz **B** desaparece más rápidamente que la del matraz **A**.

15. El resultado del experimento 1 indica que la velocidad de la reacción es mayor cuando:

- a) Aumenta la temperatura.
- b) Aumenta el grado de división de los reactivos.
- c) Hay catalizadores presentes en la reacción.

Experimento 2 - En dos habitaciones iguales, con atmósferas y chimeneas idénticas, se queman cantidades iguales de carbón (1 kg). En la habitación **A** el carbón se encuentra dividido en cuatro trozos de 250 g, mientras que en la habitación **B** se encuentra dividido en veinte trozos de unos 50 gramos. La temperatura de combustión es la misma en ambas chimeneas. Experimentalmente se observa que el carbón arde más rápidamente en la habitación **B** que en la habitación **A**.

16. El resultado del experimento 2 indica que la velocidad de la reacción es mayor cuando:

- a) Aumenta la temperatura.
- b) Aumenta el grado de división de los reactivos.
- c) Hay catalizadores presentes en la reacción.

Experimento 3 - Para obtener trióxido de azufre, se hace pasar la misma cantidad de oxígeno y de dióxido de azufre por dos cámaras iguales y a la misma temperatura. En la cámara **A** se ha colocado una bandeja que contiene platino finamente dividido mientras que en la cámara **B** se ha situado otra bandeja con piedra caliza finamente dividida. Experimentalmente se observa que la producción de trióxido de azufre en la cámara **A** es más rápida que en la cámara **B**.

17. El resultado del experimento 3 indica que la velocidad de la reacción es mayor cuando:

- a) Aumenta la temperatura.
- b) Aumenta el grado de división de los reactivos.
- c) Hay catalizadores presentes en la reacción.



18. Entre las frases, hay dos que aportan información contradictoria entre sí. Señala cuáles son, subrayándolas:

La Tierra no absorbe toda la energía que recibe del Sol, sino que una parte de ella la refleja de nuevo al espacio. Además, parte de la energía absorbida durante el día es radiada de nuevo al espacio durante la noche. Los gases de la atmósfera impiden que toda la energía absorbida sea radiada al espacio. Una excepción es el dióxido de carbono que favorece la emisión de energía desde la Tierra al espacio. De este modo, nuestro planeta mantiene una temperatura media constante a lo largo de los siglos.

Pero en las últimas décadas, el aumento de gases en la atmósfera, especialmente la cantidad de dióxido de carbono producido en las combustiones, está impidiendo que la energía solar absorbida durante el día sea emitida al espacio exterior durante la noche. Por ello, la temperatura media de nuestro planeta ha aumentado medio grado centígrado en lo que llevamos de siglo.

Si continúa el aumento progresivo de la temperatura, el régimen de lluvias cambiará y habrá más zonas desérticas. Además, el hielo de los casquetes polares se fundirá y el agua de los océanos inundará inmensas zonas costeras de los continentes. Las consecuencias para nuestro planeta serán catastróficas.

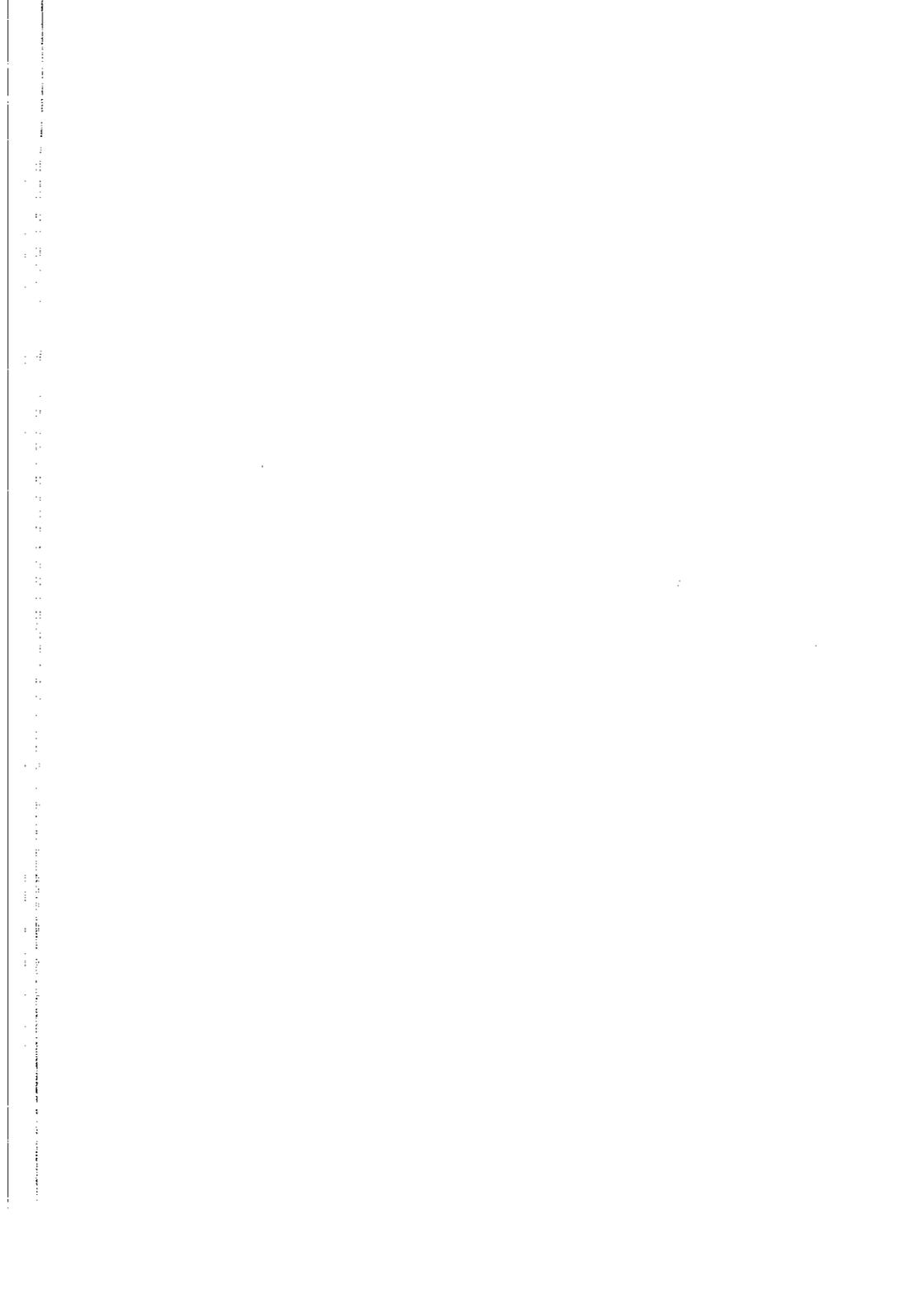
ACTITUDES

1. Analiza los textos siguientes y señala, colocando una cruz en la casilla correspondiente, si estás de acuerdo o en desacuerdo con las afirmaciones que se presentan en la tabla que se adjunta:

	Acuerdo	No sé	Desacuerdo
En los seres vivos también se producen procesos de oxidación.			
El cuerpo humano está formado por sustancias especiales que solo se encuentran en él.			
Los seres vivos, al igual que las rocas y los minerales, están constituidos por átomos y moléculas.			
Los procesos que se producen en un <i>cocido de legumbres</i> son más rápidos en una olla que permite una temperatura mayor, pues ésta es una de las variables que aumenta la velocidad de las reacciones.			
La comida se guarda en la nevera porque al disminuir la temperatura, disminuye la velocidad de las reacciones de descomposición.			
Que un medicamento se tome más o menos dividido no influye en la rapidez de su efecto, puesto que no se trata de producir ninguna reacción química en nuestro organismo.			
Los catalizadores son importantes para nosotros pues favorecen el desarrollo de productos industriales fundamentales.			
Las enzimas que favorecen las reacciones que se producen en los seres vivos no tienen nada que ver con los catalizadores que favorecen las reacciones químicas.			
El descubrimiento de la posibilidad de obtener en el laboratorio una sustancia propia de los seres vivos como es la urea, ha contribuido al gran desarrollo farmacéutico del presente siglo.			
En las reacciones químicas que se producen en los seres vivos no se cumple el principio de conservación de la masa, dado que adelgazamos o engordamos.			
En el crecimiento de las plantas, si se tiene en cuenta las sustancias absorbidas del suelo y la energía tomada del sol, se cumplen los principios de conservación de la masa y de la energía.			
La carne de la oveja proviene de las transformaciones químicas sufridas por la hierba, el agua, la sal, etc. que consume.			

2. Entre las afirmaciones siguientes, señala con cuál estás en **desacuerdo**.

- Debemos hacer caso a los ecologistas cuando nos aconsejan que no utilicemos propelentes de gas (esprays) para todo, puesto que los clorofluorocarbonos que contienen están destruyendo la capa de ozono de la atmósfera.
- No hay problemas en tirar barriles con residuos radiactivos a las fosas marítimas de los océanos pues es seguro que la Ciencia encontrará la forma de eliminar la radiactividad antes de que los barriles comiencen a deteriorarse.
- Hay que buscar combustibles menos contaminantes porque, entre otros problemas, si seguimos produciendo trióxido de azufre que, al combinarse con el agua, se transforma en ácido sulfúrico, la lluvia ácida destruirá nuestros bosques.





EVALUACIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS
(3º de la ESO)

ELECTRICIDAD

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

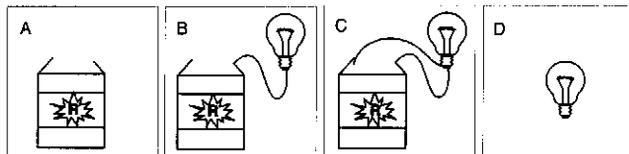
El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos de ELECTRICIDAD que has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



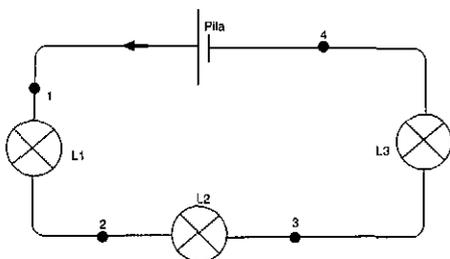
1. Analiza las afirmaciones siguientes y señala cuáles son correctas y cuáles incorrectas:
- a) La pila, en un circuito eléctrico, suministra la energía necesaria para la circulación de las cargas eléctricas. **C** **I**
 - b) La corriente deja de circular en un circuito cuando la pila se queda sin electrones. **C** **I**
 - c) Una lámpara luce cuando las cargas procedentes del polo positivo de la pila chocan con las procedentes del polo negativo poniendo incandescente el filamento de la misma. **C** **I**
 - d) El voltaje o diferencia de potencial es la causa de que circule corriente en un circuito. **C** **I**
 - e) El número de electrones y de protones existentes en un circuito es el mismo antes y después del paso de corriente por el mismo. **C** **I**
2. En un circuito cerrado que incluye una lámpara, el voltaje o diferencia de potencial existente entre los extremos de la misma determina:
- a) La energía eléctrica que se transforma en luminosa durante cada minuto.
 - b) La cantidad de culombios que circula durante cada segundo por la lámpara.
 - c) La energía eléctrica transformada en la lámpara por cada culombio circulado.
3. Observa los cuatro dibujos (A, B, C, D) y analiza cada una de las frases.



Rodea con un círculo la letra o letras que corresponden al dibujo que hace que cada una de las frases sea cierta. Si no lo sabes, márcalo también.

- a) La lámpara brilla en la figura **A** **B** **C** **D** **NO LO SÉ**
- b) Hay corriente eléctrica en la figura **A** **B** **C** **D** **NO LO SÉ**
- c) Existe voltaje o diferencia de potencial en la figura **A** **B** **C** **D** **NO LO SÉ**

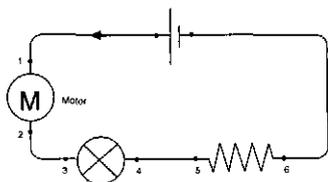
4. Las lámparas L1, L2 y L3 de la figura siguiente son idénticas:



Rodea con un círculo la contestación correcta en cada uno de los casos:

- | | | | |
|---|----|----|----------|
| a) La intensidad de la corriente que circula por los puntos 1, 2, 3 y 4 es la misma. | SI | NO | NO LO SÉ |
| b) La intensidad de la corriente es mayor en el punto 1 que en el 2 , en el 2 mayor que en el 3 y en el 3 mayor que en el 4 . | SI | NO | NO LO SÉ |
| c) Las lámparas L1, L2 y L3 brillan por igual. | SI | NO | NO LO SÉ |
| d) La lámpara L1 brilla más que la L2 y la lámpara L2 brilla más que la L3 . | SI | NO | NO LO SÉ |

5. Si en el circuito de la figura siguiente circula una intensidad de corriente de 0,5 A durante 60 segundos, completa las frases siguientes señalando el tipo de transformación energética que se produce en cada elemento del circuito y los julios transformados, suponiendo que no hay pérdidas:



Diferencia de potencial entre los extremos del motor (puntos 1 y 2) = 6V.

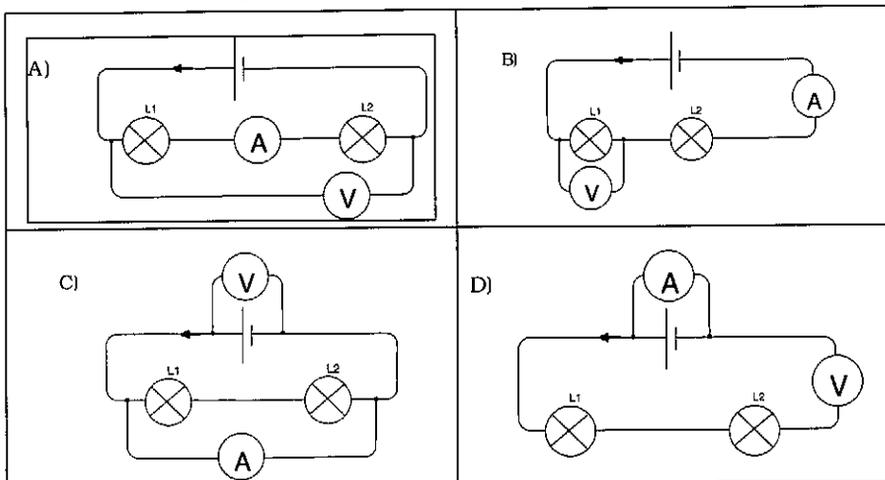
Diferencia de potencial entre los extremos de la lámpara (puntos 3 y 4) = 3V

Diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia (puntos 5 y 6) = 3V

El motor transforma julios de energía en energía La lámpara transforma julios de energía en energía En el resistor julios de energía se transforman en energía Por tanto, la pila tiene que transformarjulios de energía en energía verificándose el principio de de la



6. Entre los montajes siguientes, señala cuál nos permite medir:



- a) La diferencia de potencial entre los extremos de la pila y la A B C D
intensidad de corriente que circula por ella.
- b) La diferencia de potencial entre los extremos de la lámpara L1 y la A B C D
intensidad de corriente que circula por ella.
- c) Justifica las opciones elegidas en las preguntas anteriores completando las frases siguientes con los términos: Serie - Paralelo - Intensidad de corriente - Voltaje o diferencia de potencial - Grande - Pequeña - Toda - Muy poca

El amperímetro mide y se monta en porque por él ha de pasar la corriente y por ello tiene una resistencia muy El voltímetro mide y se monta en porque por él ha de pasar corriente y por ello tiene una resistencia muy

7. Los enchufes de nuestra casa suministran:

- a) Una intensidad de corriente constante, es decir, independiente del aparato que se conecte.
b) Un voltaje próximo al contratado, independientemente del aparato que se conecte.
c) Una potencia eléctrica constante, es decir, independiente del aparato que se conecte.

8. Disponemos de dos lámparas con los siguientes datos: Lámpara 1: 125 V, 40 W
Lámpara 2: 220 V, 60 W

a) ¿Qué sucede si las enchufamos a 125 V?

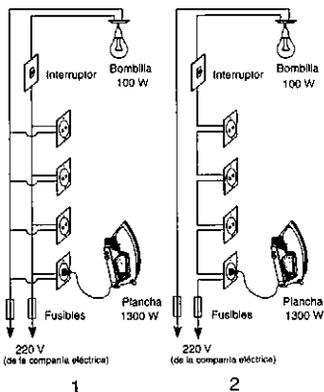
	¿Se funde?		¿Potencia?
Lámpara 1	SI	NO	40 W - Más de 40 W - Menos de 40 W
Lámpara 2	SI	NO	60 W - Más de 60 W - Menos de 60 W

b) ¿Qué sucede si las enchufamos a 220 V?

	¿Se funde?		¿Potencia?
Lámpara 1	SI	NO	40 W - Más de 40 W - Menos de 40 W
Lámpara 2	SI	NO	60 W - Más de 60 W - Menos de 60 W

9. En la figura se muestran dos tipos de instalaciones eléctricas domésticas, 1 y 2.

a) Sabiendo que la plancha tiene una resistencia, dibuja el esquema eléctrico correspondiente a cada una de las instalaciones.



- b) Si en ambas instalaciones se funde la lámpara, ¿en cuál de ellas seguirá funcionando la plancha? En la 1 En la 2
- c) ¿Cuál es entonces la instalación utilizada para una casa? La 1 La 2



10 Mauricio quiere comprobar si al variar la diferencia de potencial entre los extremos de un resistor, varía la intensidad de corriente que circula por el mismo. Para ello cuenta con un amperímetro, un voltímetro, pilas eléctricas de diferentes voltajes y resistores con diferentes resistencias eléctricas. En la investigación que quiere hacer:

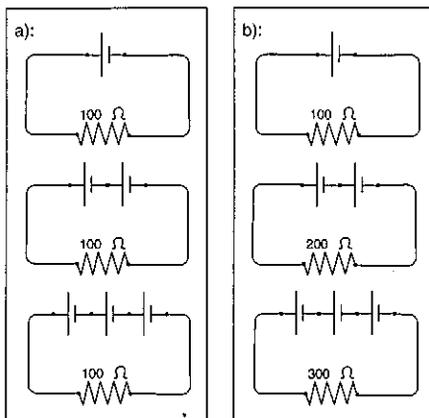
La variable resultante o dependiente (efecto) es:

- a) La intensidad de corriente. b) La diferencia de potencial. c) La resistencia eléctrica.

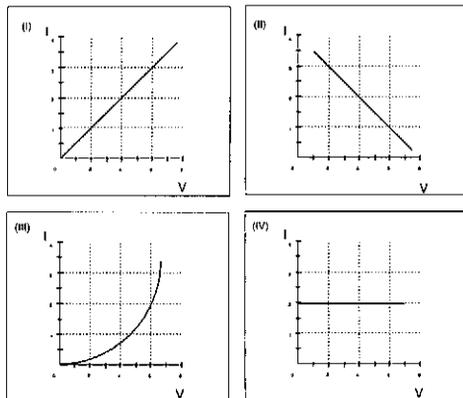
11 En la investigación de Mauricio, la variable independiente o manipulada (causa) es:

- a) La intensidad de corriente. b) La diferencia de potencial. c) La resistencia eléctrica.

12 Para realizar un control de variables adecuado al objetivo de su investigación, ¿qué grupo de montajes a) ó b) debe utilizar Mauricio?. (Todas las pilas son iguales).



13 Los resultados experimentales de la investigación de Mauricio confirman la ley de Ohm, según la cuál la intensidad de corriente que circula por el resistor y la diferencia de potencial V existente entre sus extremos varían en la misma proporción, es decir, son directamente proporcionales. ¿Cuál de los gráficos siguientes obtendrá entonces?. Justifica tu respuesta.





14. A continuación se presentan una serie de afirmaciones, clasifica cada una de ellas según consideres que se trata de una **observación** o de una **Interpretación teórica**, señalando con una cruz la casilla correspondiente de la tabla que se presenta al final de este apartado.

Afirmaciones	Datos Observaciones	Hipótesis Interpretación teórica
Se frota una barra de ebonita con una piel de gato y, tanto la barra como la piel, atraen trocitos pequeños de papel.		
Se toca un electroscopio descargado con la barra de ebonita frotada con una piel de gato, las laminillas metálicas de aquél se separan. Si lo tocamos ahora con una barra de vidrio frotada con una tela de seda, las laminillas metálicas se aproximan.		
Al frotar la barra de ebonita con una piel de gato, pasan electrones de la piel de gato a la barra de ebonita y, por eso, la barra de ebonita queda cargada negativamente.		
Cuando se frota la barra de vidrio, pasan electrones de ésta al trozo de tela y, por eso, la barra de vidrio queda cargada positivamente.		
Al acercar una barra cargada negativamente al electroscopio, ésta atrae las cargas positivas de los átomos del metal y las laminillas metálicas quedan cargadas negativamente.		
En condiciones de aislamiento, la carga eléctrica adquirida por la barra de ebonita es igual a la carga eléctrica adquirida por la piel de gato, aunque de signo opuesto.		
El átomo es neutro pues tiene igual número de electrones que de protones.		
Al cerrar un circuito constituido por pila, lámpara, resistor y amperímetro, la lámpara se enciende, el resistor se calienta y el amperímetro se desvía.		
La carga eléctrica existente en un circuito permanece siempre constante, tanto si dichas cargas están en reposo como si están en movimiento.		
Al cerrar un circuito constituido por pila, lámpara, resistor y amperímetro, se ponen en movimiento las cargas eléctricas existentes en la pila, lámpara, resistor y amperímetro.		

15 Analiza los textos siguientes y señala, colocando una cruz en la casilla correspondiente, si estás de acuerdo o en desacuerdo con las afirmaciones que se presentan en la tabla que se adjunta al final del mismo:

Charles Augustin Coulomb (1736-1806), introdujo en la electricidad una característica fundamental de la Ciencia como es la **medida**. Definió de forma rigurosa la “masa eléctrica” (**carga**) que pudo ser medida con su balanza de torsión y la relacionó con magnitudes como la fuerza y la distancia. Referente a la naturaleza de esas cargas, Coulomb está inmerso en la polémica de su tiempo entre las dos teorías: la del fluido único defendida por Benjamin Franklin y Aepinus y una segunda de la que eran partidarios otros científicos, como François Du Fay, que proponían la existencia de dos fluidos eléctricos, uno positivo y otro negativo. Él adopta una aptitud ecléctica entre ambas, pues según sus propias palabras “*La suposición del señor Aepinus da, en cuanto al cálculo, los mismos resultados que la de los fluidos ...*”, pero se inclina por esta última.

Michael Faraday nació en Londres en 1791 en el seno de una familia obrera. Como aprendiz de encuadernador tuvo ocasión de asistir a las conferencias científicas de Humprey Davy, con el cuál terminó trabajando como ayudante. Davy había inventado la lámpara de seguridad de los mineros, el arco voltaico y había descubierto muchos elementos químicos, la mayoría de los cuales fueron obtenidos haciendo pasar la corriente eléctrica por distintos compuestos químicos. A la muerte de Davy, Faraday continuo sus trabajos y descubrió que la circulación de una misma cantidad de electricidad libera el mismo número de átomos. Las investigaciones de Faraday condujeron al concepto moderno de electrón. Además, a Faraday le fascinaban los imanes. Era natural, por tanto, que empezara a reflexionar sobre la relación existente entre la electricidad y el magnetismo. Conocía el descubrimiento del científico danés Hans Christian Oersted (en 1820) de que un alambre por el cual pasa electricidad manifiesta propiedades magnéticas. “*Si la electricidad establece un campo magnético - pensó - ¿por qué un campo magnético no va a crear electricidad?*”.

Conectó los extremos de un cable enrollado en forma de bobina a un galvanómetro (El galvanómetro es un instrumento que se usa para detectar el paso de corriente, pues lleva una aguja que se mueve al paso de la misma). Al no existir ninguna pila o batería en el circuito, no podía circular corriente por el galvanómetro y, por tanto, la aguja estaba quieta. Pero al introducir un imán en la bobina, la aguja saltaba hacia la derecha; y al retirarlo, volvía a saltar, pero hacia la izquierda. La corriente solo circulaba mientras el imán estaba entrando o saliendo de la bobina; también cuando el imán permanecía quieto y la bobina se desplazaba alrededor de él. Pero si tanto el imán como la bobina permanecían inmóviles, la corriente no circulaba.

Cuentan que, ante estas experiencias, un político le comentó: “*Pero señor Faraday, ¿para qué va a servir la electricidad establecida tan solo durante una fracción de segundo por ese imán?*”. Y Faraday, con toda cortesía, replicó: “*Señor, dentro de veinte años estará usted cobrando impuestos sobre esa electricidad*”.

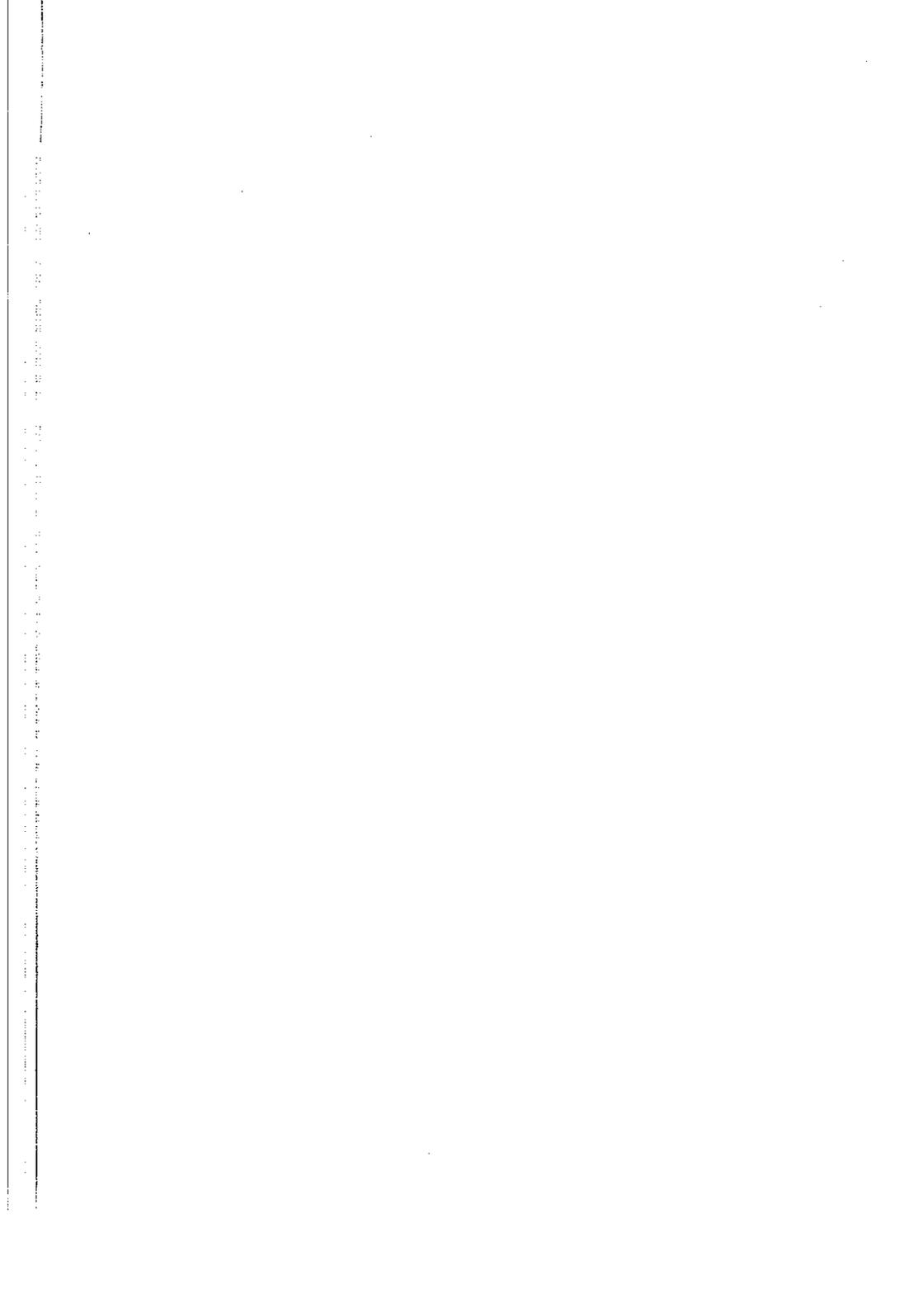
Faraday hizo muchas contribuciones a la Ciencia. Pero, sin ninguna duda, su mayor descubrimiento era el de la inducción electromagnética. Y sus inventos más importantes son el generador y el transformador.

Issac Asimov, “Momentos estelares de la Ciencia”

	Acuerdo	No sé	Desacuerdo
Las Ciencias se relacionan. La electricidad ha ayudado a establecer los posibles modelos de átomo.			
Si Coulomb, Du Fay, Franklin y Aepinus tenían modelos diferentes para la carga, alguno tenía que estar equivocado porque solo existe un único modelo científico.			
El trabajo de Faraday no era interesante para la sociedad.			
Un modelo aceptado por un grupo de científicos en un momento dado puede variarse ante nuevas evidencias.			
El Electromagnetismo trata de explicar los fenómenos relativos a la electricidad.			
Los avances del Electromagnetismo se deben al esfuerzo solitario de Michael Faraday.			
La meta principal del estudio del Electromagnetismo era desarrollar nuevas máquinas.			
Si un día se descubriera que los electrones no existen, las experiencias de Faraday se rechazarían y no servirían para el diseño de aparatos eléctricos.			
Las teorías y modelos científicos son verdades permanentes, están en la naturaleza y el hombre solo tiene que descubrirlas.			
El Electromagnetismo ha contribuido al desarrollo tecnológico de la sociedad.			

16. Entre las afirmaciones siguientes, relativas a los peligros de la corriente eléctrica, elige cuál es la **Incorrecta**:

- El peligro de la electricidad no radica en el valor de la intensidad de la corriente ni en el tiempo que ésta circula por el cuerpo humano.
- Un voltaje de 220 voltios resulta peligroso, pues no se necesitan voltajes más elevados para que el hombre se electrocute.
- La piel mojada presenta una resistencia eléctrica menor y por eso es peligroso manejar aparatos eléctricos estando mojado.





EVALUACIÓN DE REQUISITOS PREVIOS
(4º de la ESO)

Física y Química

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos de FÍSICA Y QUÍMICA que has adquirido en tus estudios previos, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, adecuar el proceso de enseñanza y cumplir satisfactoriamente los objetivos del curso. **NO SE EMPLEARAN PARA CALIFICACIÓN.**

Esta prueba consiste en veintidós preguntas: tres sobre Energía, cuatro sobre Calor - Temperatura, siete sobre Movimiento - Fuerza y ocho que requieren la aplicación de destrezas de tipo general.

El tipo de presentación también varía:

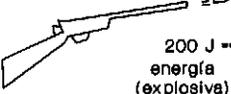
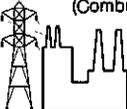
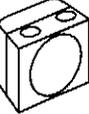
- En diecinueve preguntas debes elegir entre varias respuestas, justificando la misma si así se indica.
- En una pregunta debes completar una tabla.
- En dos preguntas debes dar una respuesta breve.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



1. En la figura siguiente se presentan cuatro transformaciones energéticas:

<p>A)</p>  <p>BOMBILLA 100 J \rightarrow 40 J energía eléctrica energía (luz)</p>	<p>B)</p>  <p>RIFLE 200 J \rightarrow 250 J energía (explosiva) energía de bala en movimiento</p>
<p>C)</p>  <p>CENTRAL 280000 J \rightarrow 70000 J energía (Combustible) energía (eléctrica)</p>	<p>D)</p>  <p>ALTAVOZ 3 J \rightarrow 0,5 J energía (eléctrica) energía (sonido)</p>

Señala cuál de ellas **no se puede producir**, justificando tu respuesta.

2. Entre las afirmaciones siguientes, señala cuáles son correctas y cuáles incorrectas, según el lenguaje de la Ciencia.

- | | | |
|--|---|---|
| a) Los alimentos, los combustibles y los explosivos son energía. | C | I |
| b) Las plantas transforman la energía solar en energía interna. | C | I |
| c) El frigorífico transfiere energía desde los alimentos a la atmósfera. | C | I |
| d) La energía es algo material contenido en los cuerpos. | C | I |
| e) La cocina eléctrica transforma la energía eléctrica en térmica. | C | I |
| f) En todos los cambios interviene la energía. | C | I |

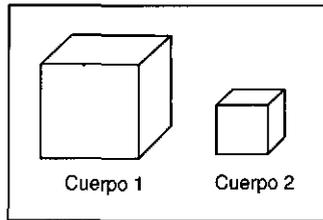


3. Para bañarnos calentamos el agua de la bañera hasta 40 °C, transformando energía eléctrica en energía térmica. A continuación se describe lo que pasa con la energía térmica cuando el agua, posteriormente, se enfría hasta la temperatura de la habitación (unos 20 °C).

Señala cuál es la explicación científicamente **incorrecta**.

- a) Ha desaparecido, por eso cada vez hay menos energía y se habla tanto del problema de la crisis energética.
- b) Se ha degradado, transformándose en energía térmica del aire, de menor calidad y menos útil que la eléctrica inicial.
- d) Se conserva, aunque aparentemente no lo parece pues el aumento de temperatura de la atmósfera es inapreciable.

4. Los dos cuerpos de hierro, 1 y 2, de la figura acaban de salir de un horno a 200 °C en el que han permanecido mucho tiempo:



El cuerpo 1 tiene una **temperatura** MAYOR IGUAL MENOR que el cuerpo 2.

El cuerpo 1 tiene una **energía** MAYOR IGUAL MENOR que el cuerpo 2.

5. Si a diez litros de agua que está a la temperatura de 65°C le añadimos otros diez litros de agua a 15°C, la temperatura final de la mezcla será:

- 15°C 40°C 50°C 65°C 80°C otra

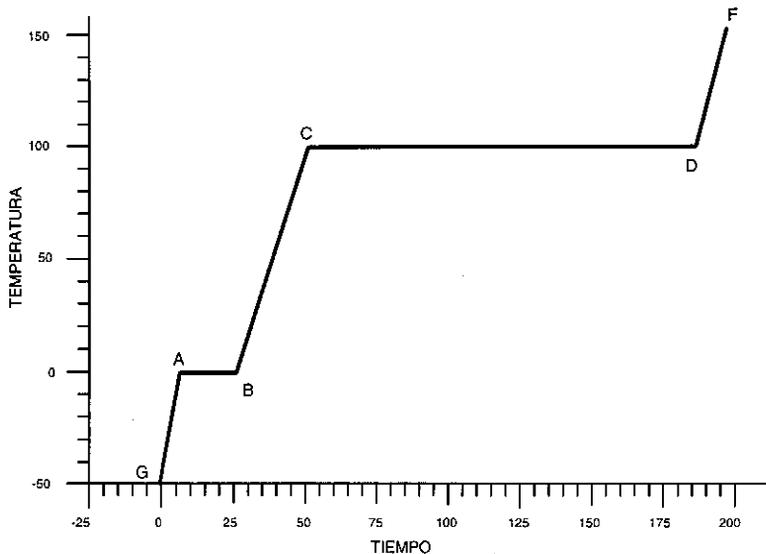
6. Un recipiente con agua se calienta en una cocina de gas, con el mando en la posición de mínimo. Al cabo de cinco minutos el agua comienza a hervir y el termómetro marca 100 °C. En este momento aumentamos el fuego, ¿qué temperatura tendrá el agua al cabo de otros cinco minutos de calentamiento?. Razona tu respuesta.

- Más de 100 °C 100 °C Menos de 100 °C



7. El gráfico siguiente representa las variaciones de la **temperatura** con el **tiempo** obtenidas cuando se calientan lentamente unos cubitos de hielo.

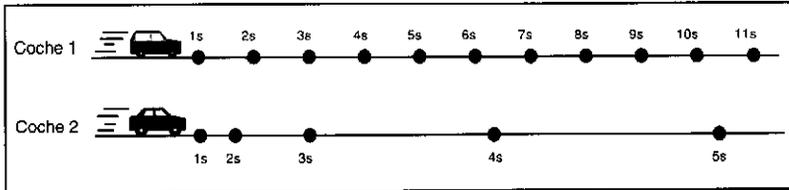
CURVA DE CALENTAMIENTO



Señala, rodeando con un círculo, el tramo o tramos del gráfico que corresponden al proceso que se indica.

- | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---------|
| a) La temperatura no varía: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| b) La temperatura aumenta: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| c) La energía no varía: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| d) El hielo está fundiendo: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| e) El agua está hirviendo: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| f) El hielo aumenta de temperatura: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |
| g) El vapor de agua aumenta de temperatura: | GA | AB | BC | CD | DF | Ninguno |

8. Los coches 1 y 2 circulan por pistas paralelas. La figura nos muestra las posiciones que ocupan en los tiempos 1s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s, 7s, 8s, 9s, 10s, 11s.



En el instante $t = 3s$, ¿que puedes decir de:

a) la posición de ambos coches?:

Es la misma

Es diferente

No lo sé

b) la velocidad del coche 2?:

Es mayor

Es igual

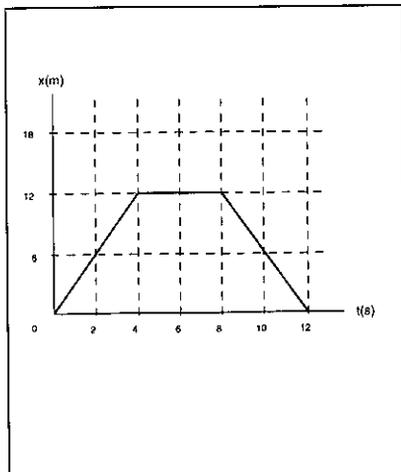
Es menor

No lo sé

Razona tu respuesta.

9. El gráfico de la figura siguiente representa la posición de un objeto frente al tiempo en su movimiento por un carril rectilíneo.

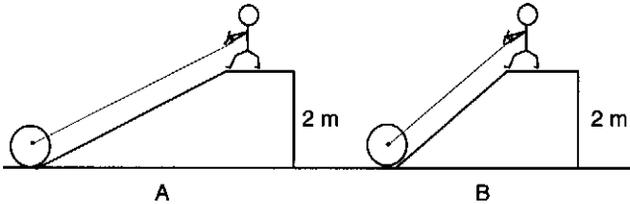
De las descripciones siguientes, señala cuál viene representada por ese gráfico:



- a) El objeto aumenta su velocidad durante los primeros cuatro segundos; se mueve a velocidad constante entre los segundos 4 y 8 y disminuye su velocidad, frenando, durante los últimos cuatro segundos.
- b) El objeto avanza a velocidad constante entre 1 y 4 segundos; se para durante otros cuatro segundos y regresa a la posición inicial, a velocidad constante pero en sentido opuesto, en los últimos cuatro segundos.
- c) El objeto está subiendo una pequeña cuesta durante los primeros cuatro segundos; se mantiene a una altura constante entre los segundos 4 y 8 y desciende la cuesta durante los últimos cuatro segundos.



El dibujo muestra a un hombre que sube un cilindro desde el suelo hasta una altura de 2 m, pudiendo utilizar dos rampas.



10. ¿En qué caso hace el hombre más fuerza?

- En A
- En B
- Igual en los dos casos

Razona tu respuesta

11. ¿En qué caso "gasta" el hombre más energía?

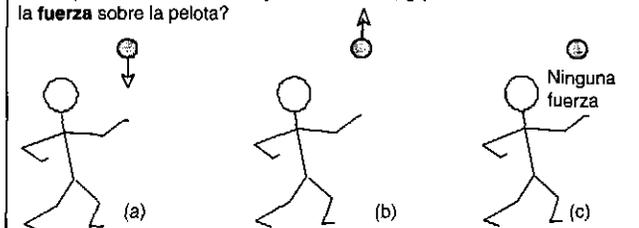
- En A
- En B
- Igual en los dos casos

Razona tu respuesta

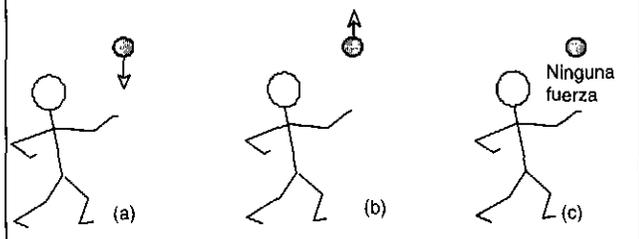


Una persona lanza al aire en línea recta, hacia arriba, una pelota de tenis. Las preguntas se refieren a la **fuerza total** sobre la pelota a lo largo de su recorrido.

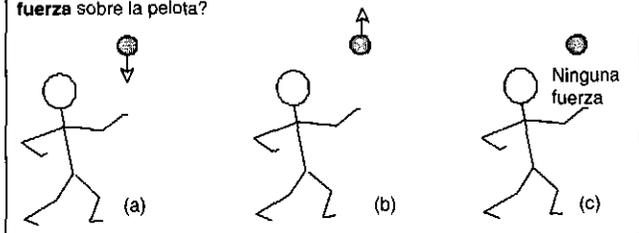
12. La pelota ha sido lanzada y está subiendo, ¿que flecha mostrará la **fuerza** sobre la pelota?



13. Si la pelota está parada en el punto más alto de su recorrido, ¿con qué flecha se muestra la **fuerza** sobre la pelota?



14. Si la pelota está ya cayendo, ¿con qué flecha se muestra la **fuerza** sobre la pelota?



Explica, en cada uno de los casos, (12, 13 y 14), las razones de tu elección. Puedes utilizar el dorso de la hoja.

17. María quiere hacer un batido de chocolate, pero no posee ningún vaso graduado para medir los 450 mililitros de leche que indica la receta. En cambio, tiene otra receta donde se señala que unos 270 mililitros de vino son, aproximadamente, un vaso y medio de los que se usan normalmente.

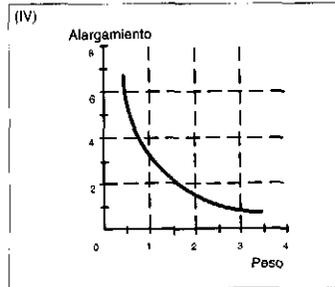
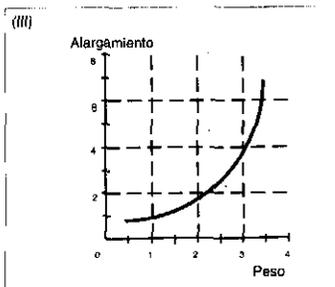
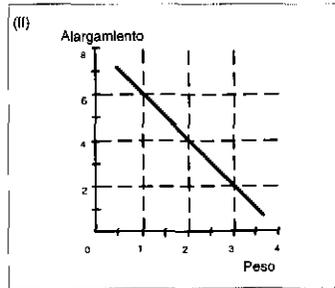
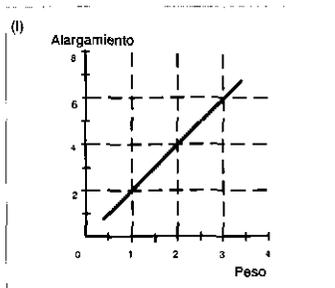
¿Cuántos vasos de leche tiene que medir María para conseguir los 450 mililitros de la receta?. Justifica tu razonamiento.

18. Al colgar diferentes cuerpos del extremo de un muelle vertical, el muelle se alarga.

Cuando se realiza la experiencia, se obtienen los datos siguientes:

Peso (N)	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Alargamiento (cm)	2	3	4	5	6	7

¿Qué gráfica corresponde realmente al alargamiento de ese muelle elástico?:





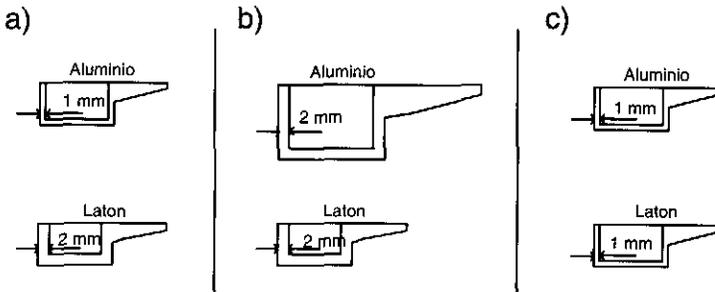
María hace un experimento para saber si el tipo de material de la cacerola influye en la rapidez de calentamiento del agua.

Para ello calienta medio litro de agua en cada una de las cacerolas que se presentan en la figura, utilizando siempre la misma placa eléctrica y las mismas condiciones.

Durante el proceso de calentamiento va midiendo la temperatura alcanzada por el agua.

Las tres preguntas siguientes se refieren a este planteamiento.

19. María ha controlado que el calentamiento sea el mismo para todas las cacerolas y también que la cantidad de agua sea la misma. Pero, ¿qué par de cacerolas debe elegir - el a), el b) ó el c) - para comprobar si el tipo de material influye en la rapidez de calentamiento del agua?. Justifica tu razonamiento.

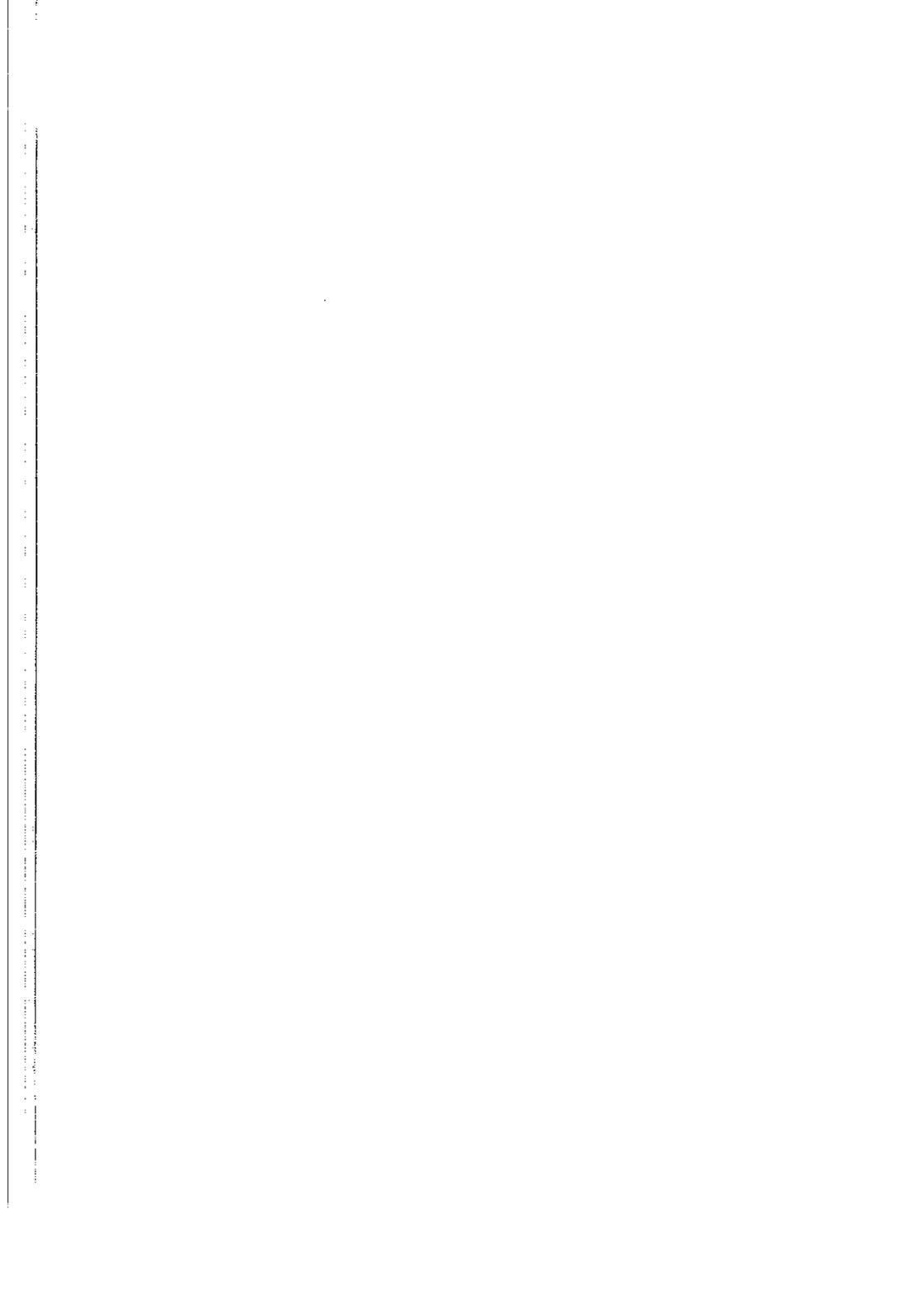


20. La variable que mide la **causa** del calentamiento es:
- a) La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - b) La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - c) La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - d) El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - e) El tipo de material constituyente de las cacerolas.
21. La variable que mide el **efecto** del proceso de calentamiento es:
- a) La cantidad de agua que ha echado en cada cacerola.
 - b) La temperatura alcanzada por el agua en cada cacerola.
 - c) La cantidad de energía suministrada por la placa.
 - d) El tamaño y espesor de cada una de las cacerolas.
 - e) El tipo de material constituyente de las cacerolas.



22. En la tabla siguiente, clasifica cada una de las afirmaciones, tomadas de un libro de texto, como **dato (observación)** o como **hipótesis (interpretación teórica)**, señalando con una cruz la casilla correspondiente.

Afirmaciones	Datos (Observaciones)	Hipótesis (Interpretación teórica)
El agua se encuentra en la naturaleza en tres estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso		
Esta diferencia se debe a que, aunque todos los cuerpos están formados por moléculas, la fuerza de unión entre éstas varía de un estado a otro		
En los sólidos, las moléculas están unidas muy fuertemente y se dice que presentan gran cohesión		
Por eso el sólido no cambia de forma		
En los líquidos la fuerza de cohesión entre las moléculas es menor, y todavía es más pequeña en los gases		
Entre líquidos y gases existen otras diferencias: Los líquidos se comprimen muy poco mientras que los gases son muy compresibles		
La razón es que las moléculas de los gases están más distanciadas entre sí que las moléculas de los líquidos		





EVALUACIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS
(4º de la ESO)

MOVIMIENTO

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos que sobre el **MOVIMIENTO** has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, **rodea con un círculo la letra correspondiente**.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



1. Un coche sale de Madrid (km 0) a las 9 h 30 min., a las 10 h 30 min. tiene una avería y se tiene que detener durante 30 min. en un taller situado en el kilómetro 80 de la carretera. Suspende el viaje y regresa a Madrid, llegando a las 13 h. Con estos datos completa las tablas siguientes:

Tiempo	Posición	Distancia recorrida
9.30		
10.30		
11.00		
13.00		

Tiempo	Velocidad media
9.30-10.30	
10.30-11.00	
11.00-13.00	
9.30-13.00	

2. Un policía motorizado que viaja a 90 km/h por la carretera, es adelantado por un coche que viaja a una velocidad superior a la autorizada. Acelera para alcanzarle y ponerle la sanción correspondiente. Para poder saber cuando le alcanza tendremos que establecer que:

- La posición final es la misma.
- La velocidad final es la misma.
- La aceleración final es la misma.

3. Entre las tres afirmaciones siguientes, selecciona la que permite determinar la posición del coche en cualquier momento.

- Sale de Madrid y a las 4 horas de viaje se encuentra a una distancia de 300 km.
- Sale de Madrid por la Nacional III y viaja con una velocidad constante de 75 km/h.
- Circula por la Nacional III, viajando con una velocidad constante de 75 km/h.

4. Calcula la aceleración media (en unidades del S.I.) para los vehículos siguientes:

- Un porsche que tarda 4 segundos en pasar de 0 a 100 km/h.
- Un ciclista que va corriendo a una velocidad de 40 km/h durante 3 minutos.
- Un tren que necesita 10 segundos para acelerar desde 20 m/s hasta 30 m/s.

5. Un ciclista que marcha a velocidad constante por una carretera, tal como muestra la FIGURA 1, encuentra una cuesta por la que desciende con una aceleración positiva y uniforme durante cuatro minutos y continúa viajando a velocidad constante.

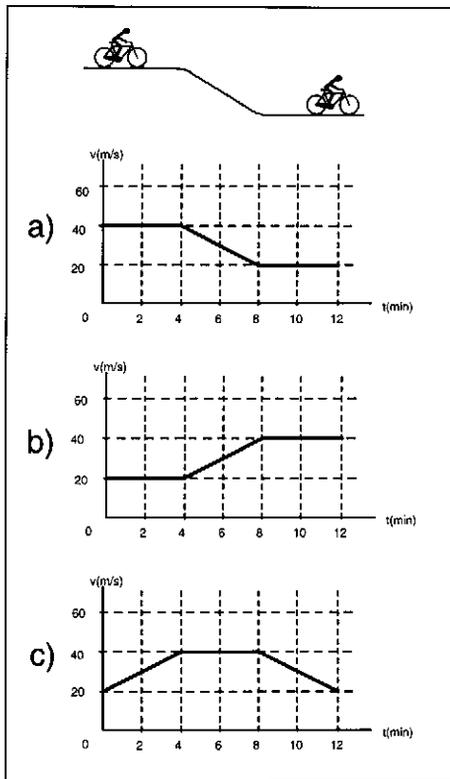


Figura 1

Elige, entre los tres gráficos **velocidad-tiempo** a) b) y c), el que corresponde al movimiento del ciclista.

6. Si las ecuaciones siguientes se refieren a un movimiento uniformemente acelerado, señala cuál es la correcta:

a) $e = v \cdot t$

b) $v = \frac{e - e_0}{t}$

c) $v = v_0 + a \cdot t$

d) $a = \frac{v}{t}$

7. La FIGURA 2 muestra el movimiento ascendente y descendente de una bola que se lanza verticalmente hacia arriba desde el punto A, siendo el punto C el más alto de su trayectoria. Si tomamos un sistema de referencias con origen en el suelo, positivo hacia arriba y negativo hacia abajo, señala cuáles afirmaciones de las siguientes son correctas y cuáles incorrectas:

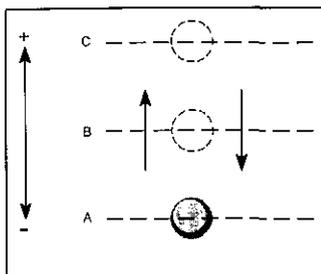


Figura 2

- | | | |
|---|----------|----------|
| a) Tanto cuando sube como cuando baja la velocidad al pasar por B, $v(B)$, es menor que al pasar por A, $v(A)$. | C | I |
| b) Con ese sistema de referencia la velocidad es siempre positiva. | C | I |
| c) Cuando la bola asciende la $v(B)$ es positiva y cuando desciende $v(B)$ es negativa. | C | I |
| d) Cuando la bola asciende $v(B)$ es positiva y la aceleración es negativa. | C | I |
| e) Cuando la bola desciende $v(B)$ es negativa y la aceleración es positiva. | C | I |
| f) En C, cuando la bola comienza a caer, la velocidad es cero. | C | I |
| g) Como la velocidad en C es cero, la aceleración es también cero. | C | I |
| h) La aceleración es siempre distinta de cero y, con ese sistema de referencia, siempre negativa. | C | I |

8. Los coches 1, 2 y 3 de la FIGURA 3 circulan por pistas paralelas. La figura señala las posiciones que ocupan en los tiempos 1s, 2s, 3s, 4s, 5s,

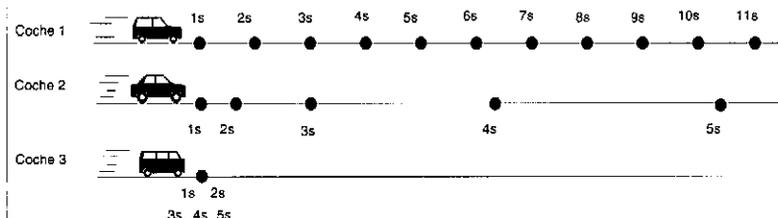


Figura 3

Entre los tres gráficos espacio - tiempo, a, b y c de la FIGURA 4, que representan los movimientos de los coches anteriores, señala qué gráfico corresponde al movimiento de cada coche:

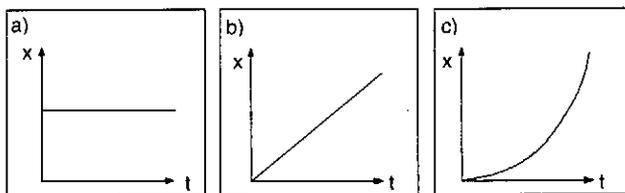


Figura 4

Al movimiento del coche 1 le corresponde el gráfico	a	b	c
Al movimiento del coche 2 le corresponde el gráfico	a	b	c
Al movimiento del coche 3 le corresponde el gráfico	a	b	c

9. Para medir las distancias en Astronomía se utiliza el año luz, es decir, la distancia recorrida por la luz en un año. Sabiendo que la velocidad de la luz en el vacío es 300.000 km/s, calcula la distancia en km existente entre la Tierra y la estrella Sirio que se encuentra a 9 años luz de la Tierra.



10. Analiza el movimiento representado por el gráfico de la FIGURA 5 y señala si las afirmaciones siguientes corresponden a dicho movimiento (Correcta) o no (Incorrecta).

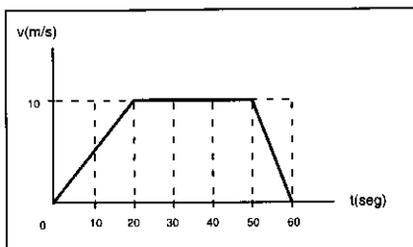


Figura 5

- | | | |
|--|---|---|
| a) Durante los veinte primeros segundos lleva un movimiento uniformemente acelerado ($a = 0,5\text{m/s}^2$). | C | I |
| b) Entre 20 y 50 segundos, lleva una aceleración de $10/30\text{ m/s}^2$. | C | I |
| c) Entre 20 y 50 segundos ha estado parado. | C | I |
| d) La velocidad es constante durante treinta segundos. | C | I |
| e) La aceleración negativa del frenado es el doble de la aceleración positiva de puesta en marcha. | C | I |
| f) Ha estado en movimiento 60 segundos. | C | I |

11. El conductor de un coche que viaja por la carretera a 20 m/s , pisa el acelerador para adelantar a otro coche y consigue una aceleración constante de 1 m/s^2 , ¿cuál será la velocidad alcanzada al cabo de 10 s ?

12. El gráfico de la FIGURA 6 representa la posición de dos móviles diferentes que siguen la misma trayectoria.

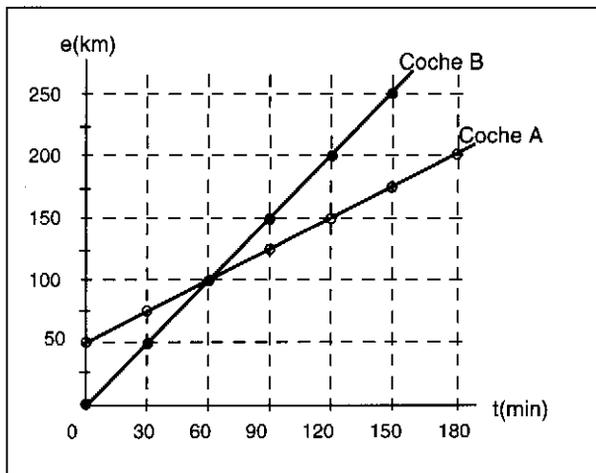


Figura 6

- | | | | | | | |
|---|----|-----|-----|-------|---------|---------|
| a) ¿Para qué valor del tiempo están ambos en la misma posición? | 0 | 60 | 120 | 180 | Nunca | Siempre |
| b) Cuando ambos coches coinciden en posición, ¿qué distancia ha recorrido el coche A? | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| c) Cuando ambos coches coinciden en posición, ¿qué distancia ha recorrido el coche B? | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | |
| d) ¿Para qué valor del tiempo llevan ambos la misma velocidad? | 60 | 120 | 180 | Nunca | Siempre | |
| e) ¿Para qué valor del tiempo lleva el coche A una velocidad mayor que el coche B? | 60 | 120 | 180 | Nunca | Siempre | |
| f) ¿Para qué valor del tiempo lleva el coche B una velocidad mayor que el coche A? | 60 | 120 | 180 | Nunca | Siempre | |

13. Un ciclista cronometra el tiempo que emplea en un recorrido de 3 kilómetros para saber si es capaz de alcanzar una velocidad de 15 m/s. ¿Qué tiempo debe emplear como máximo en su recorrido para asegurarse de que lo ha conseguido?



14. Un viajero pone a cero su cronómetro cuando el coche arranca en el kilómetro 0,0 de la carretera mostrada en el dibujo de la FIGURA 7. Al pasar por los sucesivos hectómetros (cada 100 metros), anota los tiempos marcados por el reloj, obteniendo los datos que se indican en la tabla.

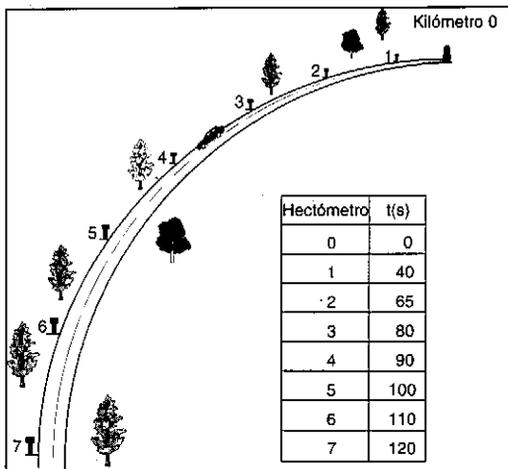


Figura 7

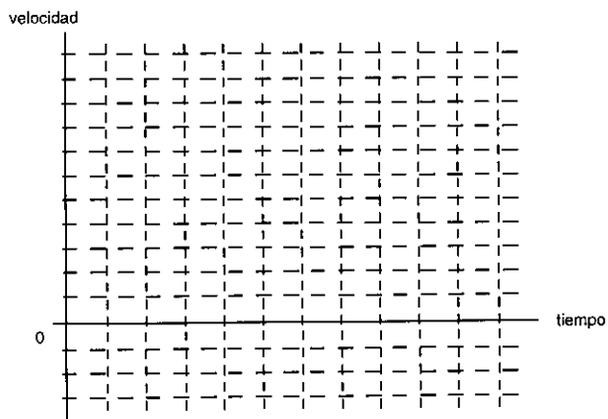
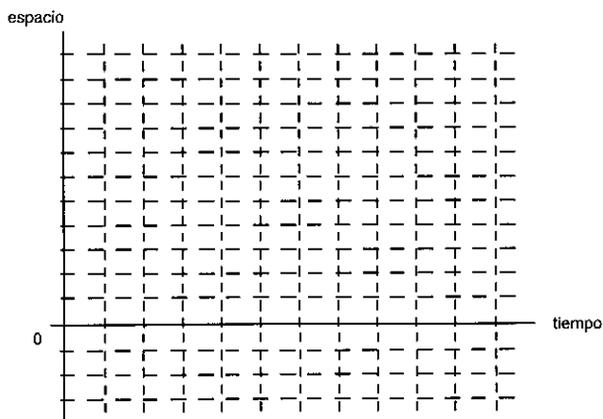
- a) Calcula la velocidad media del recorrido, expresándola en el S.I.
- b) Calcula las velocidades medias en los intervalos de tiempo señalados en la tabla adjunta.

Δt	0 - 40 s	40 - 65 s	65 - 80 s	80 - 90s	90 - 100s	100 - 110 s
v_{media}						

c) Describe, cualitativamente, el movimiento que lleva el coche, tomando el km 0 como origen del sistema de referencia.

d) ¿Qué velocidad es de suponer que lleve el coche al pasar por el kilómetro 0.650

e) Confírmalo, construyendo los gráficos **espacio-tiempo** y **velocidad-tiempo** correspondientes.



- f) Escribe la ecuación que caracteriza al movimiento entre los hectómetros 0.300 y 0.700.
- g) Si el coche continúa con el mismo movimiento, ¿cuál será su posición cuando el cronómetro señale 150 s?



15. Para cada uno de los movimientos descritos en las frases 1), 2), 3), 4) 5) y 6) elige uno de los gráficos A, B, C, D y E de la FIGURA 8 que mejor ilustra la secuencia de cambios implicados.

- | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|
| 1) Un tren que está parado en una estación y arranca acelerando, viaja un cierto tiempo a velocidad constante y frena para parar en la estación siguiente. | A | B | C | D | E |
| 2) Un coche que, estando parado, acelera uniformemente, alcanza un máximo de velocidad y desacelera al mismo ritmo uniforme. | A | B | C | D | E |
| 3) Una bola que se lanza con una cierta velocidad, sube verticalmente hasta que se para y cae al suelo. | A | B | C | D | E |
| 4) Un coche moviéndose con aceleración cero. | A | B | C | D | E |
| 5) Un cuerpo moviéndose con aceleración constante. | A | B | C | D | E |
| 6) Un coche moviéndose con aceleración variable. | A | B | C | D | E |

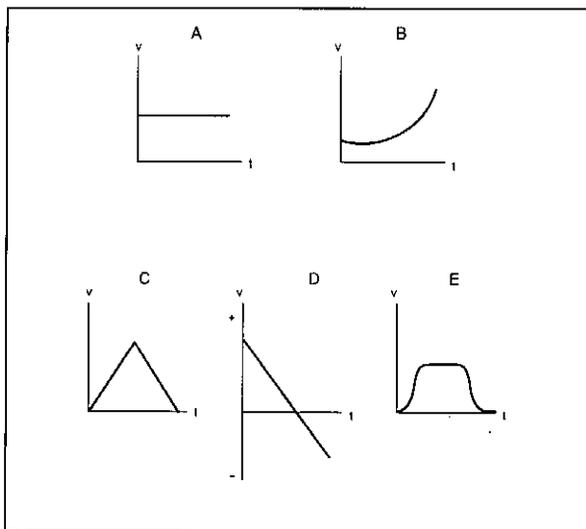
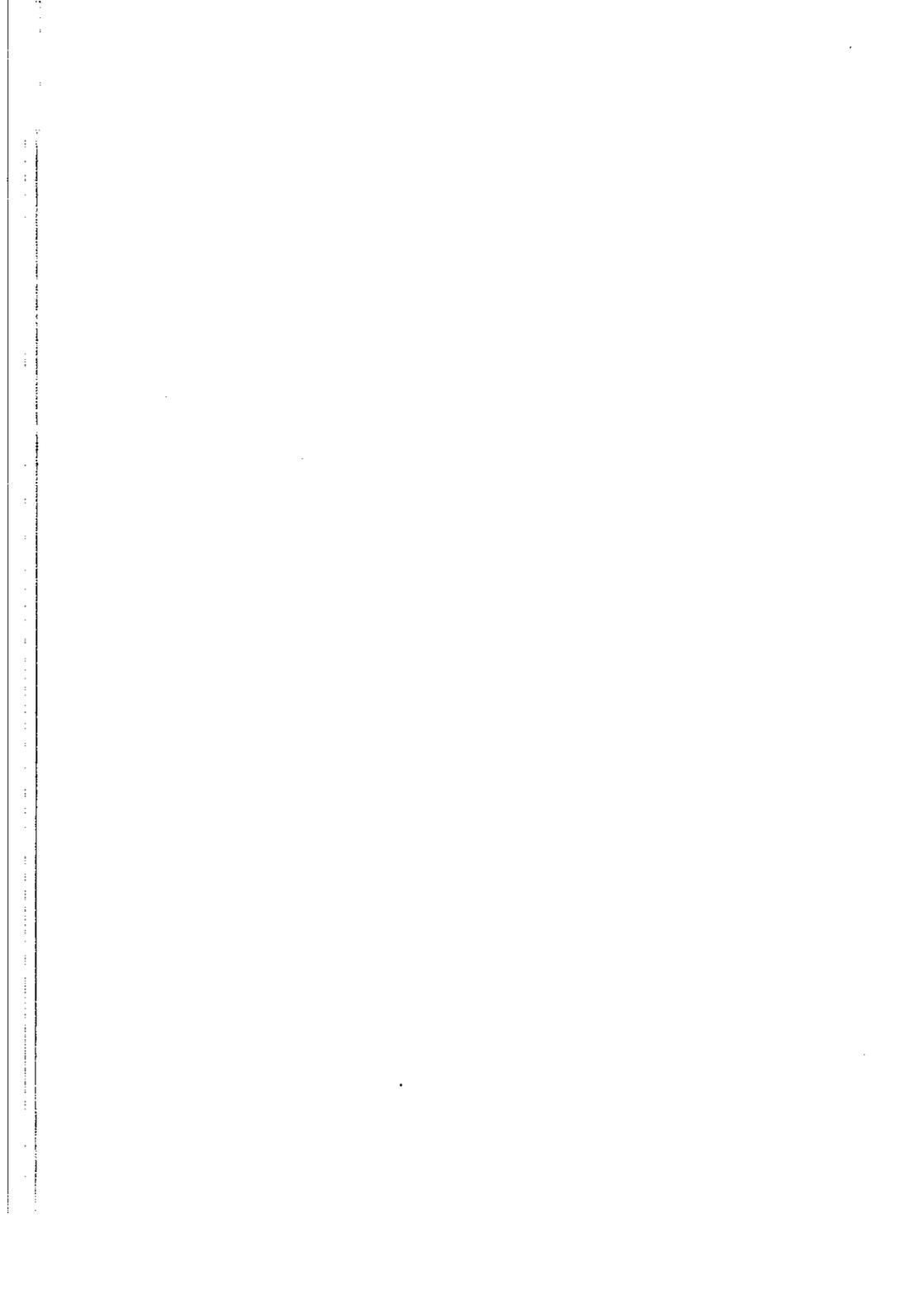


Figura 8

ACTITUDES

Señala si estás de acuerdo o en desacuerdo con las afirmaciones siguientes, colocando una cruz en la casilla correspondiente. Si no tienes opinión al respecto marca el no lo sé.

	Acuerdo	No sé	Desacuerdo
Para orientarse con las estrellas en el mar da lo mismo tomar la Tierra como Sistema de referencia que considerar que la Tierra gira alrededor del Sol.			
El modelo de Copérnico, que sitúa al Sol en el centro y a la Tierra girando a su alrededor, resulta más sencillo para explicar el movimiento de los planetas.			
El giro en órbitas ligeramente elípticas de los planetas alrededor de la Tierra explica la variación de su brillo con el tiempo.			
Día es el tiempo que tarda el Sol en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra.			
Si la velocidad de rotación de la Tierra alrededor de su eje disminuyera con los siglos, según los relojes actuales el día tendría más de 24 horas.			
El invierno se produce cuando la Tierra está más lejos del Sol.			
En verano, los rayos solares inciden más perpendicularmente sobre nuestro hemisferio debido a la inclinación del eje terrestre.			
Debido a la inclinación del eje terrestre, el verano del hemisferio Norte se corresponde con el invierno del hemisferio Sur.			
Los días son más largos en verano porque la velocidad de la Tierra alrededor del Sol varía a lo largo del año.			
Las noches sin Luna, de cuarto creciente o cuarto menguante, son eclipses en que la Tierra impide que llegue a ella la luz del Sol.			
Los problemas de Galileo no radicaban únicamente en la postura de la Iglesia, sino en el rechazo de la Ciencia de la época que encontraba dificultades para comprender su teoría.			
El concepto de aceleración es difícil, hasta Galileo consideraba que era la variación de velocidad por unidad de distancia.			





EVALUACIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS (4º de la ESO)

FUERZA Y MOVIMIENTO

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre
Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos que sobre las FUERZAS Y SU RELACIÓN CON EL MOVIMIENTO has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.



1. Analiza las afirmaciones siguientes y señala cuáles son correctas y cuáles incorrectas, según el lenguaje de la Física:

- | | | |
|---|---|---|
| a) Las fuerzas son interacciones entre cuerpos, por eso no existen fuerzas aisladas: las fuerzas existen siempre por parejas. | V | F |
| b) La fuerza con que la Tierra atrae a un avión es mayor que la fuerza con que el avión atrae a la Tierra. | V | F |
| c) Todo movimiento circular, aunque sea uniforme, exige una fuerza que lo produzca. | V | F |
| d) Las fuerzas producen deformaciones y aceleraciones. | V | F |
| e) Aunque no exista rozamiento, para que un cuerpo se mueva en línea recta con velocidad uniforme es necesario que actúe sobre él continuamente una fuerza. | V | F |
| f) En el atropello de una oveja, la fuerza que ejerce el coche sobre la oveja es igual a la que ejerce la oveja sobre el coche. | V | F |
| g) En un edificio no existen fuerzas, las fuerzas aparecen cuando el edificio se comienza a derrumbar. | V | F |

2. Si dos niños tiran de un objeto con dos fuerzas de la misma intensidad, 10 N, señala qué valor no podrá tomar nunca la resultante :

- a) 0 N b) 5 N c) 10 N d) 20 N e) 25 N

3. Suponiendo que las fuerzas aplicadas sobre los cuerpos A, B, C y D de la Figura 1 tienen una intensidad de 10 N, escribe en cada caso el valor de la resultante correspondiente (a), b), c), d) o e) de la pregunta anterior).

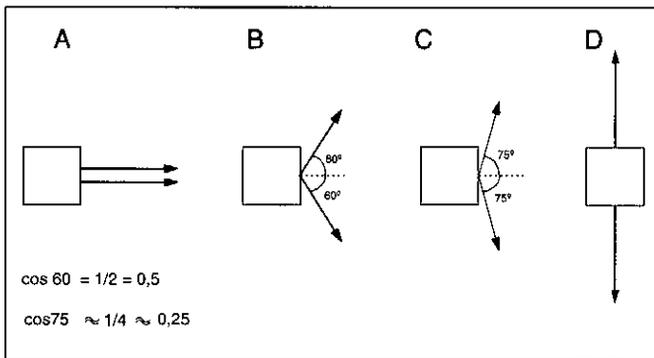


Figura 1

4. Un coche choca contra un árbol, sufriendo una gran deformación en la parte delantera de su carrocería. Señala cuál de las afirmaciones siguientes es la **incorrecta**.
- Durante el choque, la fuerza que el coche ejerce sobre el árbol es de la misma intensidad que la que el árbol ejerce sobre el coche.
 - La fuerza que el árbol ejerce sobre el coche en el choque es mayor que la ejercida por el coche sobre él, por eso el coche se deforma.
 - El coche se deforma porque la fuerza que el árbol ejerce sobre él en el choque supera la resistencia de los materiales de su carrocería.
5. El tercer principio de la Dinámica dice que "Cuando dos cuerpos interactúan, la fuerza que el primero ejerce sobre el segundo es igual y de sentido contrario a la que el segundo ejerce sobre el primero". Entre todas las posibles interacciones existentes entre los sistemas Tierra, lámpara, cadena y techo, vamos a fijarnos en las tres señaladas en la Figura 2:

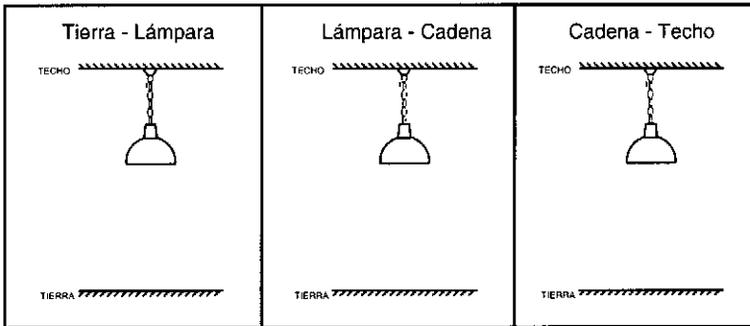


Figura 2

- Dibuja las fuerzas correspondientes a cada una de las interacciones.
- Dibuja las fuerzas que actúan sobre la lámpara, describiendo quién ejerce dichas fuerzas.

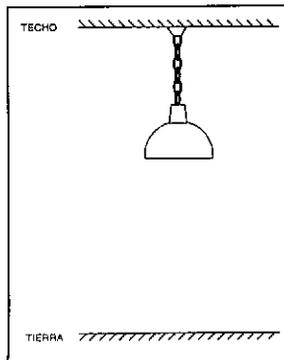
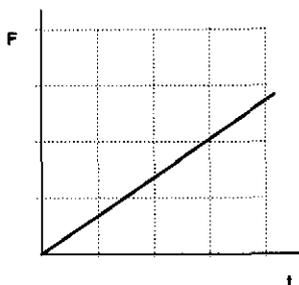


Figura 3

6. Dado un cuerpo libre de toda influencia, señala cuál de las afirmaciones siguientes es la **única correcta** :

- a) Si se le aplica una fuerza constante, se moverá con un movimiento uniforme.
- b) Si se le aplica una fuerza constante, su velocidad variará uniformemente.
- c) Si la fuerza aumenta constantemente, su velocidad crecerá uniformemente.

7. El gráfico de la Figura 4 representa la variación con el tiempo de la fuerza aplicada a un móvil que parte del reposo. Señala cuál de las tres opciones indica el tipo de movimiento que adquiere el móvil:



- a) Movimiento uniforme.
- b) Movimiento con aceleración constante.
- c) Movimiento con aceleración creciente

Figura 4

8. Considera la situación de la Figura 5 en que un cañón lanza una bala. Dibuja el vector velocidad de la bala y la fuerza que actúa sobre ella en las situaciones siguientes:

- a) el instante en que es disparado (A)
- b) cuando asciende (B)
- c) en el punto superior de la trayectoria (C)
- d) cuando desciende (D)
- e) en el instante que toca el suelo (E)

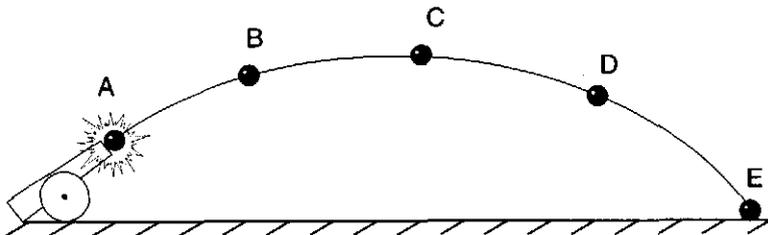


Figura 5

9. En la Figura 6 se presenta una mano que ejerce fuerzas diferentes sobre **un cochecito en marcha**. Si el rozamiento con el suelo es en todos los casos de 30 N, señala el valor de la fuerza resultante y el tipo de movimiento producido en cada una de las situaciones presentadas.

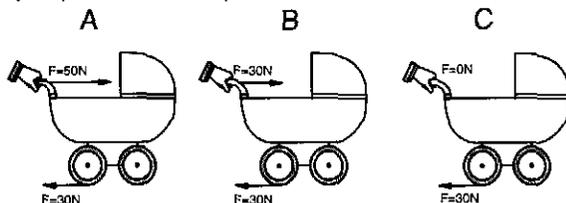


Figura 6

- A) $F_{\text{Resultante}} =$ **Movimiento:**
 B) $F_{\text{Resultante}} =$ **Movimiento:**
 C) $F_{\text{Resultante}} =$ **Movimiento:**

10. Si la masa del cochecito anterior es de 20 kg, determina la aceleración en cada uno de los casos.

A)

B)

C)

11. Sabiendo que un astronauta pesa 1000 N en la Tierra y tomando la gravedad terrestre como 10 N/kg y la de Marte como 4 N/kg, señala cuáles de las opciones siguientes son verdaderas y cuáles falsas:

- | | | |
|--|---|---|
| a) La masa del astronauta en la Tierra es de 100 kg. | V | F |
| b) La masa del astronauta es mayor en la Tierra que en Marte. | V | F |
| c) La masa de los cuerpos es independiente del astro en que se encuentren. | V | F |
| d) El peso del astronauta en Marte es menor que en la Tierra. | V | F |
| e) El peso del astronauta en Marte es de 400 N. | V | F |
| f) El peso del astronauta en Marte es de 4000 N. | V | F |
| g) El peso del astronauta en Marte es de 250 N. | V | F |

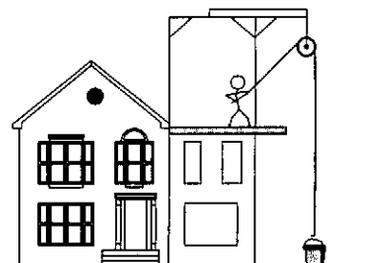


Figura 7

12. El obrero de la figura 7 está subiendo un cubo que contiene 10 kg de cemento, por medio de un sistema de cuerda y polea.

a) ¿Qué **fuerza** tendrá que ejercer sobre la cuerda para mantener el cubo suspendido en el aire?.

b) ¿Qué **fuerza** tendrá que ejercer sobre la cuerda para que el cubo ascienda con una **aceleración** de $0,5 \text{ m/s}^2$?

c) ¿Cuál será la **aceleración** del cubo si la cuerda se rompe?.

13. Sobre una mesa tenemos un bloque de 10 kg y, mediante un sistema de cuerda y polea, colgamos un cuerpo de 6 kg, tal como muestra la Figura 8. La fuerza de rozamiento entre bloque y mesa es de 30N. Señala cuál de las afirmaciones siguientes es la **correcta** (considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$):

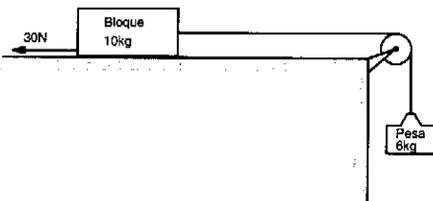


Figura 8

- a) El bloque no se puede mover ya que su peso es de 100 N y la fuerza ejercida por el cuerpo colgado es sólo de 60 N.
- b) El bloque caerá pues la fuerza de 60 N ejercida por el cuerpo colgado es superior a la fuerza de rozamiento bloque - mesa.
- c) Como sobre el cuerpo colgado actúa la fuerza de la gravedad, el bloque se moverá con una aceleración igual a la gravedad.



Supongamos que unos astronautas quieren determinar la existencia de gravedad en cuatro planetas que tienen las características siguientes:

PLANETA 1	PLANETA 2	PLANETA 3	PLANETA 4
Sin atmósfera	Con atmósfera	Con atmósfera	Sin atmósfera
Con metales pesados	Sin metales pesados	Con metales pesados	Sin metales pesados

Atendiendo sólo a los datos que figuran en la tabla:

14. ¿Qué planetas hay que comparar para ver si es **falso** que se necesita atmósfera para que exista gravedad?
- Los planetas 1 y 2.
 - Los planetas 2 y 4.
 - Los planetas 3 y 4.
15. Si únicamente existiera gravedad en los planetas 1, 2 y 3, ¿qué conclusión podríamos sacar?
- Para que haya gravedad se necesita tanto la presencia de atmósfera como de metales pesados.
 - Es suficiente la presencia de uno de los factores (atmósfera o metales) para que haya gravedad.
 - Que los metales no influyen para nada, porque hay gravedad en planetas que no los tienen.
16. Si únicamente existiera gravedad en los planetas 1 y 3, ¿qué conclusión podríamos sacar?
- Como hay gravedad en el planeta 3 se necesita presencia de atmósfera y de metales.
 - Es suficiente y necesaria la presencia de metales pesados para que exista gravedad.
 - Sólo se necesita la presencia de atmósfera para que exista gravedad en un planeta.
17. Si únicamente existiera gravedad en el planeta 3, ¿qué conclusión podríamos sacar?
- Para que haya gravedad se necesita tanto la presencia de atmósfera como de metales pesados.
 - Que la presencia metales pesados es, por sí sola, causa suficiente para que haya gravedad.
 - Que es necesario y suficiente con que exista atmósfera para que haya gravedad en los planetas.
18. Según la Física que conoces por tus estudios, ¿es necesario que un planeta tenga atmósfera para que exista gravedad?, ¿por qué?.



En las tablas siguientes se presentan las medidas de la aceleración de móviles sometidos a fuerzas en tres situaciones diferentes A, B y C. Analiza cuidadosamente las medidas realizadas y responde las preguntas siguientes:

Medida	A	B	C
Variable			
masa	2	2	2
fuerza	8	12	16
aceleración	4	6	8

Medida	A	B	C
Variable			
masa	2	4	8
fuerza	16	16	16
aceleración	8	4	2

19. En las medidas de la Tabla 1 se controla la variable **masa** **fuerza** **aceleración**

En las medidas de la Tabla 2 se controla la variable **masa** **fuerza** **aceleración**

20. Estudia los gráficos A y B de la Figura 9 y señala cuál de ellos representa las medidas de la Tabla 1 y cuál las de la Tabla 2, señalando las variables representadas en los ejes vertical y horizontal, así como la variable que permanece constante en cada caso.

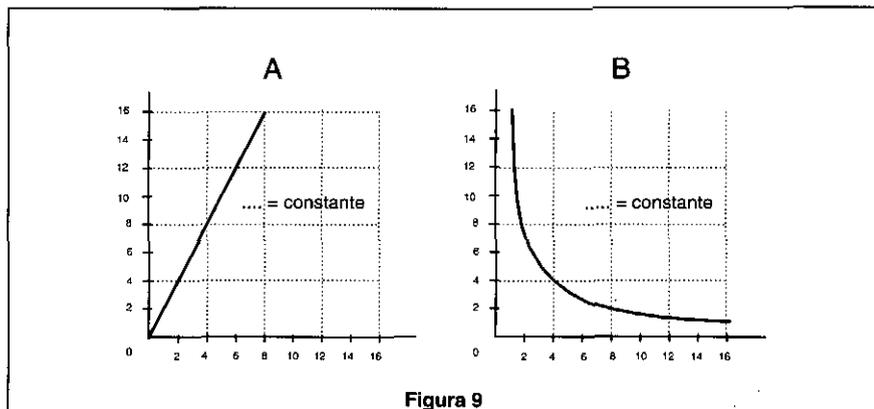


Figura 9

21. Cuando un paracaidista se lanza desde un avión, comienza cayendo con movimiento uniformemente acelerado. Con el aumento de su velocidad de caída, aumenta la resistencia que el aire ejerce sobre él. Cuando abre el paracaídas, la resistencia del aire llega a igualar la fuerza gravitatoria. Con esta información, completa las preguntas que se plantean en las figuras a, b y c:

a) Se lanza desde el avión y cae con una aceleración de 10 m/s^2 .

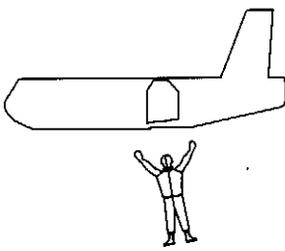


Figura 10

a) Dibuja las fuerzas que actúan sobre el paracaidista.

b) Ya actúa la resistencia del aire.

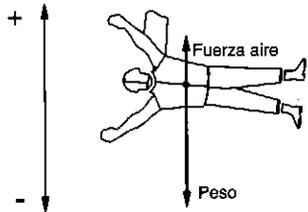


Figura 11

b) La *fuerza resultante* va:

Hacia abajo Es nula Hacia arriba

La *aceleración* es:

Positiva Nula Negativa

El *movimiento* es:

Acelerado Uniforme Nulo (reposo).

c) La resistencia del aire iguala al peso.

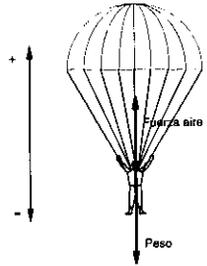


Figura 12

c) La *fuerza resultante* va:

Hacia abajo Es nula Hacia arriba

La *aceleración* es:

Positiva Nula Negativa

El *movimiento* es:

Acelerado Uniforme Nulo (reposo).



22. Actitudes

Newton ha sido el científico más grande que ha existido. Fundó las Matemáticas superiores después de elaborar el cálculo. Fundó la Óptica moderna mediante sus experimentos de descomponer la luz blanca en los colores del espectro. Fundó la Física moderna al establecer las leyes del movimiento y deducir sus consecuencias. Fundó la Astronomía moderna estableciendo la ley de la gravitación universal. Cualquiera de estas cuatro hazañas habría bastado por sí sola para distinguirlo como científico de importancia capital. Las cuatro juntas le colocan en primer lugar de forma incuestionable.

Los antiguos griegos habían reunido una cantidad ingente de pensamiento científico y filosófico. Los nombres de Platón, Aristóteles, Arquímedes y Ptolomeo habían descollado durante dos mil años como gigantes sobre las generaciones siguientes. Los grandes pensadores árabes y europeos echaron mano de los griegos y apenas osaron exponer una idea propia sin refrendarla con alguna referencia a los antiguos. Aristóteles, en particular, fue el "maestro de aquellos que saben".

Durante los siglos XVI y XVII, una serie de experimentadores, como Galileo y Robert Boyle, demostraron que los antiguos griegos no siempre dieron con la respuesta correcta. Galileo, por ejemplo, tiró abajo las ideas de Aristóteles acerca de la Física, efectuando el trabajo que Newton resumió más tarde en sus tres leyes del movimiento. No obstante, los intelectuales europeos siguieron sin atreverse a romper con los, durante tanto tiempo, idolatrados griegos.

En 1687 Newton publicó su *Principia Mathematica*. Allí presentó sus leyes del movimiento, su teoría de la gravitación y muchas otras cosas, utilizando las Matemáticas en el estilo estrictamente griego y organizando todo de manera impecablemente elegante. Quienes leyeron el libro tuvieron que admitir que se hallaban ante una mente igual o superior a cualquiera de las de la Antigüedad y que la visión que presentaba del mundo era hermosa, completa e infinitamente superior en racionalidad a lo contenido en los libros griegos. Ese hombre y ese libro destruyeron la influencia paralizante de los antiguos y rompieron el complejo de inferioridad intelectual del hombre moderno.

Pero Newton afirmó "Si pude ver más lejos, es porque gigantes me alzaron a sus hombros". Se supone que utilizó dicha frase para reconocer la influencia que tuvieron en sus ideas los trabajos de Galileo, Kepler y Huygens, pero también se interpreta como cierta cobiña a contemporáneos suyos, como Hooke o Flamsteed, de quienes deseaba conseguir algún dato.

"No formulo hipótesis", su más celebre pronunciamiento científico, se halla en *Principia Mathematica* cuando, después de explicar sus leyes de la gravitación, añade que no ha podido descubrir la causa de las propiedades de esa gravedad porque carecía de fenómenos para ello. Y las "hipótesis, sean metafísicas o físicas, sean de cualidades ocultas o mecánicas, no tienen lugar en la Filosofía experimental".

Isaac Asimov

Con lo que has estudiado en Física y considerando la información suministrada por este texto, señala tu acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones que se hacen en la tabla siguiente:

	Acuerdo	No sé	Desacuerdo
El respeto existente en tiempos de Newton al pensamiento de los filósofos griegos se debe a que las teorías científicas se consideran verdades permanentes.			
Aunque la gravitación universal de Newton sea una ley de la Ciencia puede variarse si aparecen nuevas evidencias.			
Los científicos actuales deben compartir los resultados de sus investigaciones entre sí, como sucedía en los tiempos de Newton.			
Al igual que Newton, los científicos actuales elaboran teorías que utilizan para explicar de forma racional los fenómenos que observan.			
La hipótesis es una conjetura (o suposición) que trata de explicar varias observaciones.			
La investigación científica avanza resolviendo los problemas tecnológicos que se van presentando.			
Como afirma Newton, las hipótesis se construyen a partir de la observación de los fenómenos.			
La Ciencia es una obra colectiva del hombre.			



EVALUACIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS
(4º de la ESO)

ENERGÍA

(Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno Rebollo, J.M.)

Apellidos Nombre

Colegio Curso Grupo Fecha

INSTRUCCIONES

El propósito de esta prueba es determinar los conocimientos que sobre la ENERGÍA y sus transferencias has adquirido durante esta etapa, así como las destrezas científicas que has desarrollado. Los resultados se utilizarán para aclarar los puntos conflictivos y, de esta manera, podrás mejorar tu proceso de aprendizaje y cumplir más satisfactoriamente los objetivos del curso.

Puedes utilizar el reverso de cada página como borrador para cálculos y ensayos, pero debes escribir la respuesta en el espacio que se proporciona. En las preguntas que presentan opciones, rodea con un círculo la letra correspondiente.

Dispones de la hora de clase para completar la prueba.

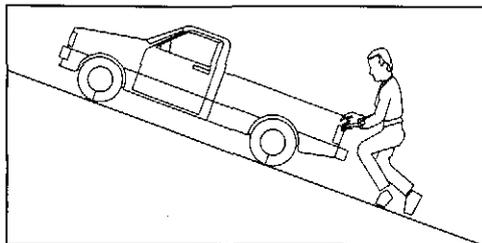


1. Analiza las afirmaciones siguientes y señala cuáles son correctas y cuáles incorrectas, según el lenguaje de la Física:

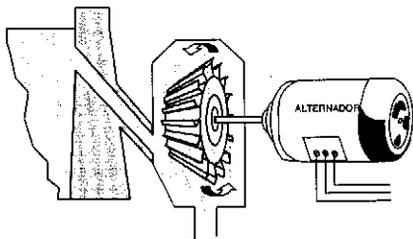
- a) En un viaje por carretera, la gasolina del coche se convierte en energía. V F
- b) Los valores asignados a la energía cinética y a la energía potencial gravitatoria son relativos, pues dependen del sistema de referencia elegido. V F
- c) La energía química y la energía térmica son diferentes formas de energía interna de los cuerpos. V F
- d) El calor es una forma de energía. V F
- e) El trabajo mecánico permite transferir energía de un sistema a otro. V F
- f) El sol es el astro con más calor de nuestro sistema planetario V F
- g) Cuando Jorge agarra su bicicleta en un día invernal después de haber estado jugando al fútbol, tiene la sensación de que el metal del manillar está más frío que el mango de plástico porque, efectivamente, la temperatura del metal es inferior a la del plástico. V F
- h) La potencia indica por si sola la energía total que el aparato nos puede suministrar. V F

2. Para cada una de las afirmaciones que hayas considerado falsa, escribe una frase similar pero acorde con los conceptos y lenguaje de la Ciencia.

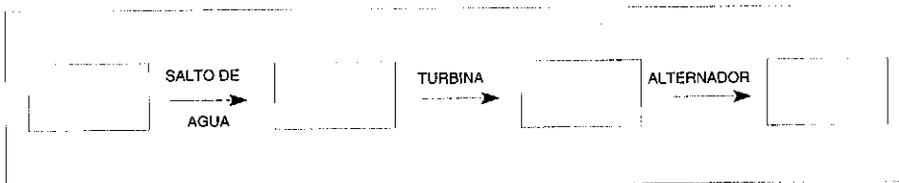
3. Explica las transferencias o transformaciones energéticas que tienen lugar entre el hombre que empuja y el camión que asciende por una cuesta.



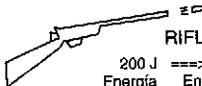
4. El dibujo de la figura representa una central hidroeléctrica:



Utilizando el esquema siguiente, señala las transformaciones o transferencias energéticas que se producen entre los diferentes sistemas. En cada recuadro escribe la forma (o formas) de energía correspondientes.



5. Señala cuál de las transformaciones energéticas siguientes **no se puede producir**, justificando tu respuesta.

<p>A)</p>  <p>BOMBILLA $60 \text{ J} \Rightarrow 80 \text{ J}$ Energía eléctrica Energía luminosa</p>	<p>B)</p>  <p>RIFLE $200 \text{ J} \Rightarrow 90 \text{ J}$ Energía química Energía cinética de la bala</p>
<p>C)</p>  <p>CENTRAL $300000 \text{ J} \Rightarrow 100000 \text{ J}$ Energía química del combustible Energía eléctrica</p>	<p>D)</p>  <p>ALTAVOZ $5 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ J}$ Energía eléctrica Energía sonora</p>



6. Señala cuál de las frases siguientes, relativas a la expresión cotidiana "crisis energética", es **incompatible** con el principio de conservación de la energía:

- a) El consumo excesivo está disminuyendo la cantidad de energía existente y por eso nos enfrentamos a una crisis energética grave.
- b) Al quemar los combustibles, aumentamos la temperatura de la Tierra y la energía térmica degradada no se puede aprovechar.
- c) Cada vez hay menos combustibles, disminuyendo la posibilidad de realizar transformaciones energéticas útiles.

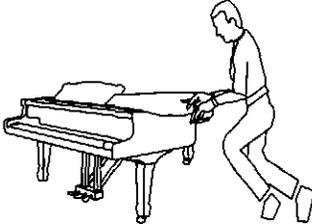
7. En la tabla siguiente se presentan una serie de procesos, en los que suponemos que no existe rozamiento. Señala con una cruz en la columna correspondiente si en el proceso se realiza fuerza, se realiza trabajo o se realizan ambos.

Se realiza	Fuerza	Trabajo
Una grúa sube un bloque de cemento de 100 kg desde la calle hasta una altura de 20 metros.		
La grúa sostiene el bloque de 100 kg a una altura de 20 metros sobre la calle.		
La grúa mueve el bloque en horizontal con velocidad uniforme		

8. En la tabla siguiente se hacen una serie de afirmaciones relativas a las ventajas que presenta el uso de máquinas simples para **subir pesos a una cierta altura**. Señala en la columna correspondiente lo que sucede con la fuerza y con la energía :

Máquina simple	una fuerza	y una Energía
La utilización de un sistema de poleas múltiples permite emplear ...	Mayor Igual Menor	Mayor Igual Menor
El uso de una rampa o plano inclinado permite emplear ...	Mayor Igual Menor	Mayor Igual Menor

9. Un mozo empuja un piano por una superficie horizontal, desplazándolo 10 metros. Si el peso del piano es de 1000 N y el rozamiento con el suelo es de 300 N, el trabajo realizado por el mozo es de :



- a) 10.000 J
- b) 3.000 J
- c) 13.000 J
- d) 10.400 J

10. Si ahora sube el piano por una rampa de 10 metros de longitud que presenta el mismo rozamiento de 300 N y tiene una altura de 0,8 metros, el trabajo realizado será :

- a) 800 J
- b) 3800 J
- c) 1040 J
- d) 10400 J

11. a) Entre las frases siguientes, hay dos que aportan información contradictoria entre sí. Señala cuáles son, subrayándolas :

Una vez que un satélite de comunicaciones se ha situado en su órbita, tanto su velocidad como su radio de giro alrededor de la Tierra permanecen constantes. Por esa razón, ni su energía cinética ni su energía potencial varían. Por ello, si está suficientemente lejos para que no se produzcan pérdidas por rozamiento con la atmósfera terrestre, no se necesita energía para mantenerle en la órbita. A lo largo de su recorrido alrededor de la Tierra, se realiza un trabajo mecánico puesto que existe una fuerza de atracción gravitatoria sobre el satélite que está produciendo un desplazamiento.

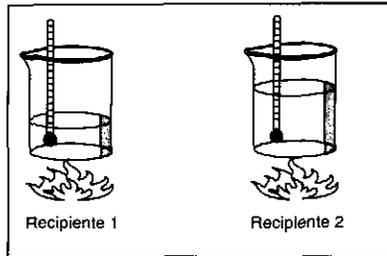
b) Elegidas las dos frases contradictorias, escribe a continuación la que consideras científicamente correcta.



12. Un automóvil de 1.000 kg gasta 5 litros de gasolina en recorrer 100 km con una velocidad de 108 km/h.

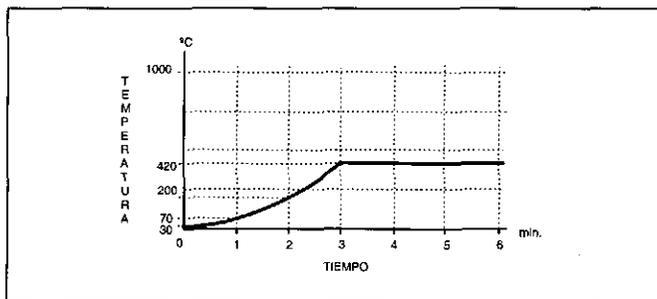
- a) Si el poder calorífico de la gasolina es 10.000 kcal/kg y su densidad es 0,7 kg/l, ¿qué cantidad de energía química ha transformado el coche en su desplazamiento?
- b) ¿Qué energía cinética lleva el coche en su desplazamiento?
- c) ¿Cuál es el rendimiento energético del proceso?
- d) Si durante el recorrido el coche se encuentra siempre a la misma altitud del punto de partida, ¿puede decirse que se ha violado el principio de conservación de la energía?. En caso contrario, ¿dónde está esa energía?
- e) Está claro que la gasolina ha desaparecido. ¿Se ha violado el principio de conservación de la masa?. En caso contrario, ¿dónde está la masa perdida?

15. Los recipientes 1 y 2 de la figura son iguales, se están calentando en la misma hornilla, en la misma posición del mando y se mide su temperatura con termómetros idénticos, pero tienen cantidades diferentes de agua.



- a) Cuando el agua del recipiente 1 comienza a hervir, ¿cómo será la temperatura del agua del recipiente 2?:
- Mayor que la de 1 Menor que la de 1 Igual que la de 1 No lo sé.
- b) Cuando el agua de los dos recipientes esté hirviendo, ¿cómo sería la temperatura marcada por el termómetro de 2?:
- Mayor que la de 1 Menor que la de 1 Igual que la de 1 No lo sé.

En un horno que se mantiene a una temperatura de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ se introduce una pieza de cinc a la que se le mide la temperatura cada minuto. En la gráfica siguiente se presentan las temperaturas obtenidas por el cinc hasta el minuto 6...



16. La constancia de la temperatura a $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ se debe a que:
- Es la temperatura máxima que puede alcanzar el cinc.
 - Es la temperatura a la que el cinc alcanza su punto de fusión.
 - Es la temperatura de equilibrio del cinc con el horno a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

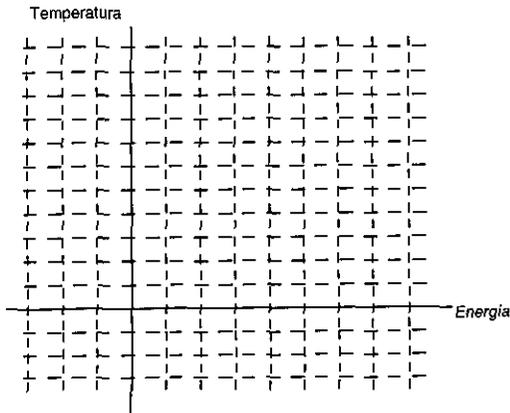


17. Si se sigue midiendo la temperatura del cinc, ¿llegará a alcanzar los 500 °C del horno?. Justifica tu respuesta.

- a) No, porque 420°C es la temperatura máxima que puede alcanzar el cinc.
- b) No, porque 420°C es la temperatura de equilibrio del cinc con el horno a 500°C.
- c) No, la temperatura subirá cuando el cinc haya fundido, pero no alcanzará 500°C.
- d) Sí, cuando el cinc funda, la temperatura subirá hasta alcanzar los 500 °C.

18. Se deposita en un recipiente un trozo de hielo de medio kilo a la temperatura de fusión.

- a) Si el calor latente de fusión del hielo es 80 cal/g, ¿cuánto ha aumentado su energía interna al terminar de fundirse?.
- b) Si ese día la temperatura es de 25 °C, ¿cuánto aumenta la energía interna del agua obtenida al pasar de la temperatura de fusión a la temperatura ambiente?.
- c) ¿Cuánto ha aumentado en total la energía interna del hielo al final del proceso?.
- d) Construye el gráfico temperatura - energía correspondiente al calentamiento del trozo de hielo.





19. En un experimento escolar para determinar el calor específico de un material, se calienta éste en un horno hasta una temperatura de $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego se echa en 200 gramos de agua, observándose que la temperatura de ésta pasa de 20 a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si suponemos que en el proceso no ha habido ninguna pérdida:

- a) ¿Cuál será la temperatura final del material?
- b) ¿Cuál es el aumento de energía interna del agua?
- c) ¿Cuál es la disminución de energía interna del material?
- d) Si la masa utilizada del material era de 250 gramos , ¿cuál es el calor específico de ese material ?.

20. Históricamente han existido dos teorías sobre el calor:

En el siglo XVIII, científicos como Lavoisier mantenían que el calor era un tipo de fluido contenido por los cuerpos (que ellos denominaron "calórico") que no tiene peso y que pasa de los cuerpos calientes a los fríos. La temperatura depende de la cantidad de calórico que el cuerpo tiene. Cuando el cuerpo se calienta, recibe calórico; cuando se enfría, pierde calórico que cede a los cuerpos que le rodean.

En el siglo XIX, con el desarrollo de la teoría cinético - corpuscular, comenzaron a explicarse los fenómenos caloríficos a partir de esta teoría. La temperatura de un cuerpo depende de la energía cinética de sus partículas. Cuando el cuerpo se calienta, se transfiere más energía cinética a sus partículas y su temperatura aumenta. Cuando se enfría, la energía cinética de sus partículas disminuye, aumentando la de las partículas de los cuerpos que le rodean.

Analiza las tres experiencias siguientes y señala cuáles son explicables por la teoría del calórico y cuáles lo contradicen.

Experiencia 1	Se mezcla medio litro de agua a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ con otro medio litro de agua a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, obteniéndose un litro de agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Experiencia 2	Se agita fuertemente cuarto litro de agua y se observa un incremento de temperatura de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Experiencia 3	Un trozo de hierro situado al sol en un día de verano aumenta su temperatura hasta $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

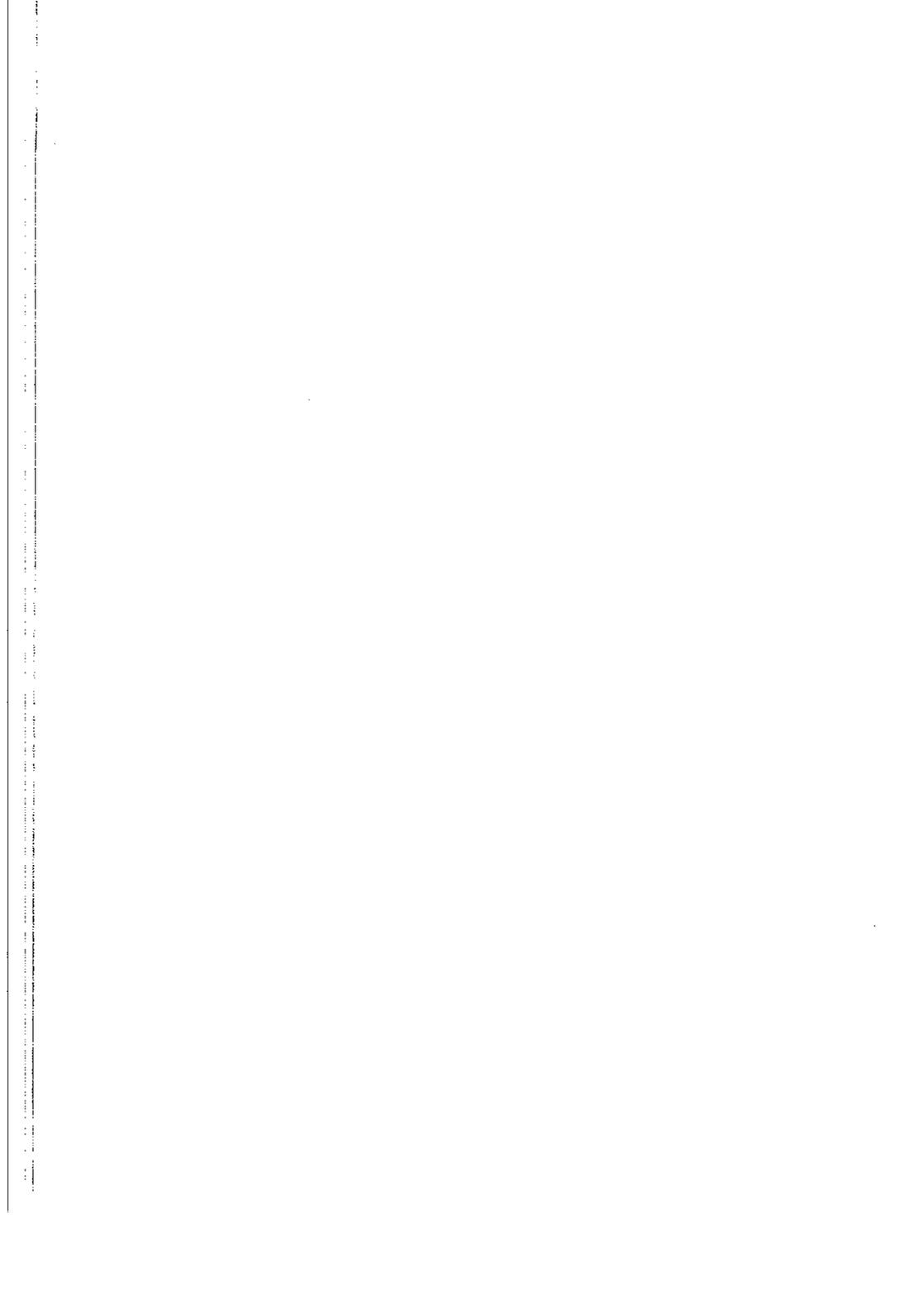
**Actitudes**

1. En una casa se cuenta con un radiador eléctrico (1000 W), un lavaplatos (2000 W cuando usa agua caliente), una lavadora (2000 W en caliente), un microondas (1000W) y una plancha (1000 W), más luego pequeños electrodomésticos de poco consumo (bombillas, maquinilla, etc.). Si ha contratado con la compañía 5.500 W, señala qué conexiones de las siguientes **no** puede efectuar :

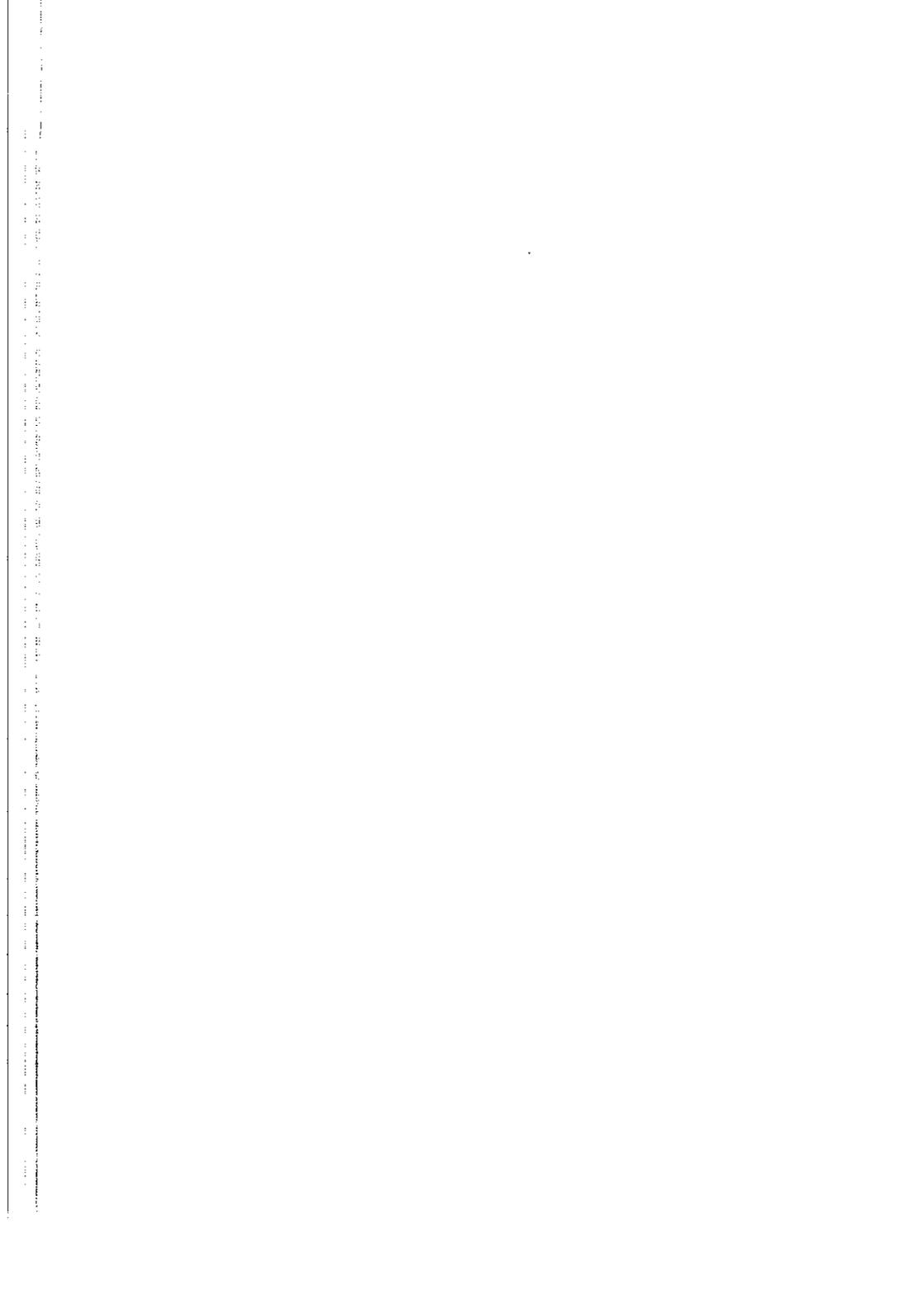
- Puede conectar todos los aparatos mencionados en el enunciado al mismo tiempo.
- Si están funcionando lavadora y lavaplatos, tendrá que elegir entre radiador y horno.
- Puede mantener conectado el radiador en invierno y enchufar el horno y la lavadora.

2. Teniendo en cuenta lo que has estudiado en Física, señala con una cruz en la columna correspondiente tu acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones que se hacen en la tabla siguiente:

	Acuerdo	No sé	Desacuerdo
La utilidad energética de la biomasa radica en que nos proporciona como energía química la energía que absorbió del sol.			
El uso de los residuos de las vacas permite ahorrar petróleo, dado que ambos son combustibles orgánicos.			
El único problema de las centrales nucleares radica en que se produzcan accidentes como el de Chernobil.			
La conversión de energía solar en energía eléctrica tiene un rendimiento análogo al de transformación de energía eléctrica en térmica.			
El uso de lámparas fluorescentes permite ahorrar energía eléctrica pues suministra más luz que una lámpara incandescente de la misma potencia.			
Las centrales hidráulicas solamente tienen ventajas (pesca, regadío, etc.) y ningún inconveniente.			
Cuanto más deprisa vayamos por la autopista, más combustible gastaremos.			
Desde el punto de vista del ahorro energético, no es conveniente utilizar un coche para un desplazamiento inferior a 1 km			
El único inconveniente del transporte de combustible por tubería es la pérdida del mismo por rotura.			
Mientras esperamos que se abaraten las energías nuevas podemos derrochar los combustibles fósiles que necesitamos.			
La ventaja del uso de combustibles fósiles es que se trata de un sistema barato de transferir energía.			
La transferencia de energía por medio de combustibles fósiles no perjudica el equilibrio del planeta.			



**ANEXO 2: EJEMPLO DEL PROTOCOLO
PROPUESTO A LOS EXPERTOS**





PROTOCOLO PARA EL EXPERTO

EVALUACIÓN QUÍMICA - 3º DE LA ESO

La prueba que se presenta a continuación se ha diseñado con el objetivo de evaluar los conocimientos y destrezas científicas adquiridas por los alumnos que cursan el tercer año de la ESO durante el estudio del bloque de *QUÍMICA*. Debido a la amplitud de los contenidos se ha distribuido en dos evaluaciones, correspondientes a *Diversidad y unidad de estructura de la materia* y *Los cambios químicos*.

También se adjunta la lista de **objetivos** y la tabla de **contenidos - objetivos** que se pretende cubrir con esta prueba, siguiendo las indicaciones marcadas por el M.E.C. para este nivel. Puedes comprobar que, en algunos casos, se presentan preguntas que miden el mismo objetivo para, a la vista de vuestra opinión, elegir la más adecuada.

La colaboración que te pedimos es la siguiente:

1. Completar la prueba, respondiendo a todas las preguntas, para verificar nuestra clave calificadora. (Hacerlo sobre la propia prueba).
2. Para cada pregunta de la prueba:
 - 2.1. En la lista de objetivos escribir, al lado de cada uno de ellos - páginas 2, 3 y 4 - el número de la pregunta que lo cubre. Si consideras que el objetivo cubierto no está en la lista, indicarlo aparte.
 - 2.2. En la tabla de objetivos - contenido escribir el número de la pregunta en la cuadrícula correspondiente (Tabla de la página 5).
 - 2.3. Señalar la importancia que tiene que el alumno haya adquirido ese conocimiento o destreza, en una escala de 1 (poco importante) a 5 (muy importante) (Tablas de las páginas 6 y 7).
 - 2.4. Señalar el grado de dominio que consideras necesario (en tanto por ciento) para ese conocimiento o destreza. (Tablas de las páginas 6 y 7). Por ejemplo, si en una prueba se pusieran 100 preguntas de formulación, cuántas debería responder correctamente el alumno para considerar que ha alcanzado el nivel deseado: 80, 60, etc.
 - 2.5. Señalar el grado (en tanto por ciento) en que consideras que la resolución de la pregunta propuesta al alumno es un buen **indicador** de la adquisición del conocimiento o destreza correspondiente (si mide efectivamente lo que se pretende medir). (Tablas de las páginas 6 y 7).
 - 2.6. Señalar el nivel de dificultad de lectura de la pregunta en una escala de 1 (muy fácil) a 5 (muy difícil). (Tablas de las páginas 6 y 7).
3. Expresar tu opinión general sobre la prueba, así como las modificaciones que consideres oportunas. En este caso nos interesa, especialmente, conocer lo que opinas de la distribución que se ha hecho de las preguntas en las dos partes de la prueba (Página 8).

¡¡¡MUCHÍSIMAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN Y PERDONA LAS MOLESTIAS!!!



2º CICLO DE LA ESO - QUÍMICA

OBJETIVOS INSTRUCCIONALES Y HABILIDADES COGNITIVO-PROCEDIMENTALES.

Conocimientos declarativos

- Q1 - Utiliza correctamente el concepto de densidad y su relación con la masa y el volumen.
- Q2 - Es capaz de reconocer el concepto de concentración de una disolución.
- Q3 - Reconoce de forma práctica disoluciones diluidas, concentradas y saturadas.
- Q4 - Distingue las características esenciales de los cambios químicos.
- Q5 - Distingue las características moleculares de elementos y compuestos, tanto a partir de expresiones verbales como a partir de su representación simbólica (diagramas moleculares, nomenclatura y formulación).
- Q6 - Distingue las propiedades características de ácidos y bases.
- Q7 - Distingue cuando una reacción química es endotérmica o exotérmica.
- Q8 - Traduce correctamente una ecuación química al diagrama molecular correspondiente.
- Q9 - Distingue el diferente significado de los coeficientes y los subíndices de una ecuación química.
- Q10 - Clasifica una serie de compuestos, a partir de sus fórmulas, como óxidos, hidróxidos, ácidos o sales.
- Q11 - Dada una serie de frases relativas a los modelos atómicos elaborados por Dalton y Rutherford, selecciona aquéllas que corresponden a los mismos.
- Q12 - Dada una serie de frases relativas a la constitución del átomo y de las características de sus componentes, es capaz de seleccionar aquéllas que son científicamente correctas.

Habilidades procedimentales

- Q13 - Reconoce los métodos de separación del soluto y del disolvente de una disolución.
- Q14 - A partir de una tabla que indica la distribución de electrones por capas de diferentes elementos, es capaz de reconocer los elementos que tendrá que comparar para falsar la hipótesis de que las propiedades de un elemento dependen del número de electrones de su última capa.
- Q15 - Dada la descripción y el resultado de tres experimentos encaminados a estudiar los factores que influyen en la velocidad de



una reacción química, es capaz de señalar el factor cuya influencia se comprueba (control de variables).

- Q16 - Dada una descripción de una serie de fenómenos, es capaz de detectar afirmaciones contradictorias entre sí.

Habilidades cognitivo-procedimentales

- Q17 - Demuestra de forma práctica la diferenciación entre los conceptos de masa y volumen.
- Q18 - Es capaz de calcular las cantidades de soluto, disolvente, disolución y la concentración a partir de dos de ellas, tanto si se dan los datos en tanto por ciento como en gramos y litros.
- Q19 - Es capaz de reconocer la variación de la solubilidad con la temperatura a partir del gráfico correspondiente, así como inferir la variación necesaria de temperatura para conseguir variar la solubilidad de una disolución dada
- Q20 - Distingue disoluciones, elementos y compuestos, a partir de su comportamiento en procesos físicos y químicos.
- Q21 - Es capaz de clasificar una serie de procesos descritos verbalmente como físicos (disolución, destilación, fusión o vaporización) ó químicos (electrólisis, descomposición térmica, combustión, oxidación o neutralización).
- Q22 - Es capaz de clasificar una serie de reacciones químicas cotidianas como endotérmicas o exotérmicas.
- Q23 - Aplica el modelo cinético-corpúscular para explicar el comportamiento de la materia tanto en cambios físicos como químicos.
- Q24 - Aplica el principio de conservación de la masa en reacciones químicas cotidianas, incluyendo las que tienen lugar en seres vivos.
- Q25 - Es capaz de aplicar el principio de conservación de la materia (constancia del tipo y número de átomos presentes) para reconocer si una reacción química, expresada en forma simbólica, es correcta.
- Q26 - Es capaz de inferir el tipo de átomos presentes en la molécula de un compuesto a partir de los productos de su descomposición térmica, aplicando el principio de conservación de la materia (constancia del tipo de átomos).
- Q27 - Es capaz de determinar la masa de los reactivos o productos de una reacción química, aplicando el principio de conservación de la masa a la reacción correspondiente.
- Q28 - Es capaz de reconocer distintos tipos de reacciones químicas (combustión, oxidación, neutralización, ataque de un ácido sobre un metal) a partir de sus ecuaciones.
- Q29 - Es capaz de completar el elemento o compuesto que falta en ecuaciones químicas sencillas (reacciones de neutralización, ácido - sal, ácido - metal, etc.).
- Q30 - Ajusta correctamente una ecuación química en que solamente faltan los coeficientes, aplicando el principio de conservación de la materia.

- Q31 - Es capaz de completar los datos relativos al número de protones, electrones y neutrones, números atómico y másico de un elemento a partir de dos de ellos.
- Q32 - Es capaz de señalar el número de electrones de diferentes tipos de iones a partir del número atómico.
- Q33 - Dadas las valencias de diferentes átomos, es capaz de reconocer los compuestos que falsarían esas valencias.
- Q34 - Con la ayuda de un Sistema Periódico abreviado (Número atómico, filas y períodos), es capaz de:
- Determinar las valencias con las que actúan los diferentes componentes de un compuesto dado por su fórmula.
 - Distinguir las fórmulas correctas e incorrectas de diferentes compuestos.
 - Completar las fórmulas de diferentes compuestos.
 - Escribir las fórmulas de diferentes compuestos.
- Q35 - Dadas una serie de frases relativas al número de electrones que diferentes átomos pueden ceder, tomar o compartir, selecciona aquéllas que son correctas según el modelo atómico de Bohr (ayudado del S.P. abreviado).
- Q36 - A partir de una tabla que indica la distribución de electrones por capas de diferentes elementos, es capaz de reconocer cuáles de ellos tendrán propiedades análogas.
- Q37 - A partir de una descripción de cómo los modelos atómicos permiten explicar el enlace químico y con la ayuda de una tabla que indica la distribución de electrones por capas de diferentes elementos, es capaz de reconocer cuáles de ellos se unirán por enlace iónico o covalente.

Actitudes

- Q38 - Reconoce que los seres vivos están constituidos por los mismos elementos y compuestos que los seres inertes.
- Q39 - Reconoce que en los seres vivos se producen reacciones químicas análogas a las producidas en rocas y minerales, que se rigen también por los mismos principios generales.
- Q40 - Valora la importancia del estudio de la química, y de las reacciones químicas en particular, para el desarrollo industrial y el bienestar de la sociedad.
- Q41 - Reconoce las limitaciones de la Química; sus efectos negativos sobre la naturaleza y su incapacidad actual para resolverlos.
- Q42 - Reconoce el valor y las limitaciones de los modelos atómicos de Dalton y Rutherford en la evolución del conocimiento de la estructura de la materia.

TABLA OBJETIVOS - CONTENIDO

Contenidos	Clasificación sustancias		Reacciones químicas		Modelos		Lenguaje químico	Química y Sociedad
	Disoluciones: Concentración	Sustancias puras: Elementos y compuestos	Características cualitativas: Velocidad de reacción	Características cuantitativas: Principios y leyes	Modelo cinético - corpuscular	Modelo atómico: Sistema periódico	Modelo reacciones químicas: Valencias y enlaces	Formulación y nomenclatura
Nivel cognitivo								
Conocimiento								
Comprensión								
Observación y medición								
Descubrimiento problemas y búsqueda formas resolverlos								
Interpretación datos y formulación generalizaciones								
Construcción, prueba y revisión de un modelo teórico								
Aplicación de conocimientos y métodos científicos								
Destrezas manuales								
Actitudes e intereses								
Orientación								



PRIMERA PARTE

Pregunta	Importancia	Grado de Dominio	Grado de validez	Dificultad de lectura
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				



SEGUNDA PARTE

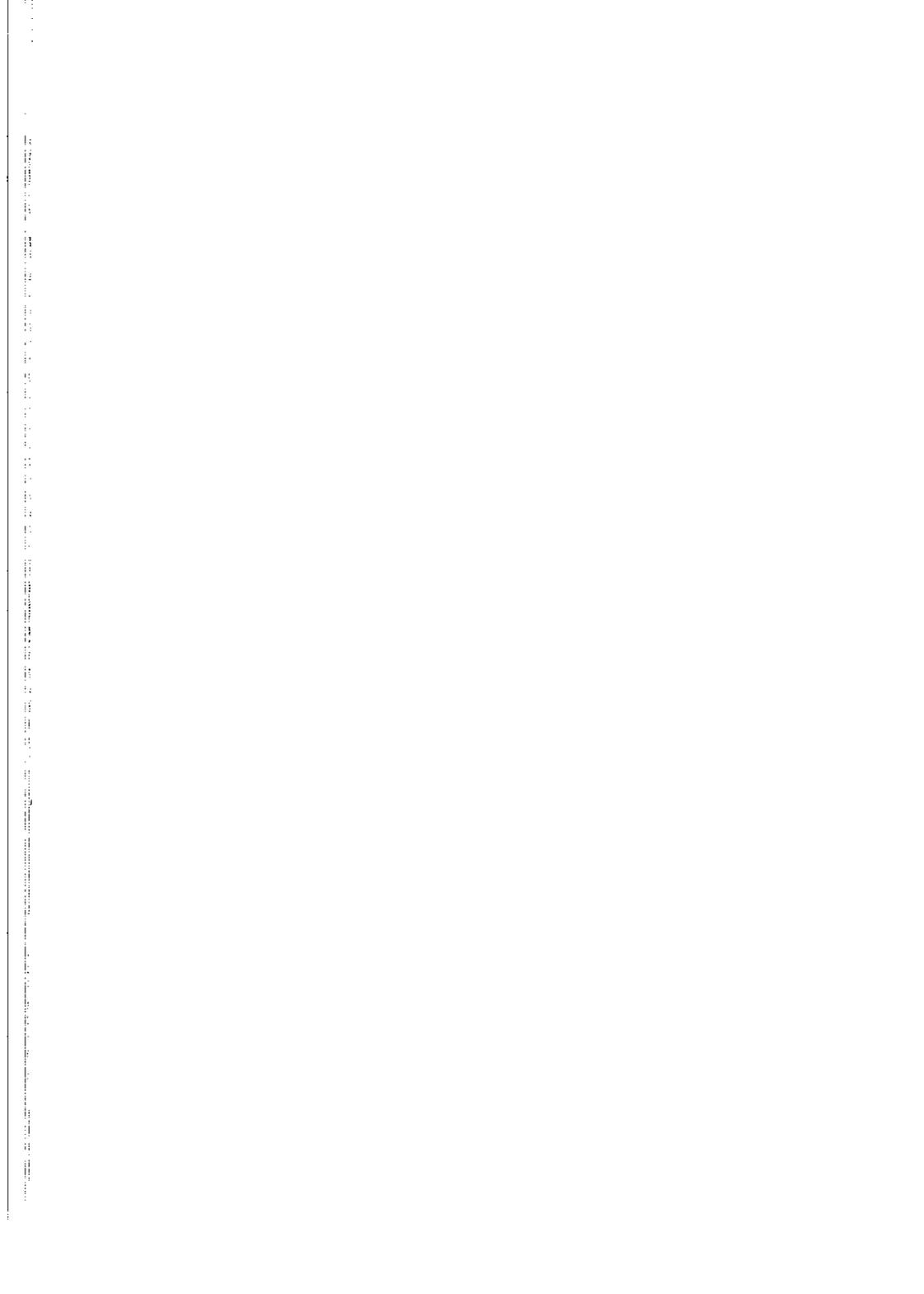
Pregunta	Importancia	Grado de Dominio	Grado Indicador	Nivel de legibilidad
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

ACTITUDES

Pregunta	Importancia	Grado de Dominio	Grado Indicador	Nivel de legibilidad
1				
2				



OPINIÓN GENERAL Y MODIFICACIONES QUE SE SUGIEREN





Ministerio de Educación y Cultura

Secretaría General de Educación y Formación Profesional
