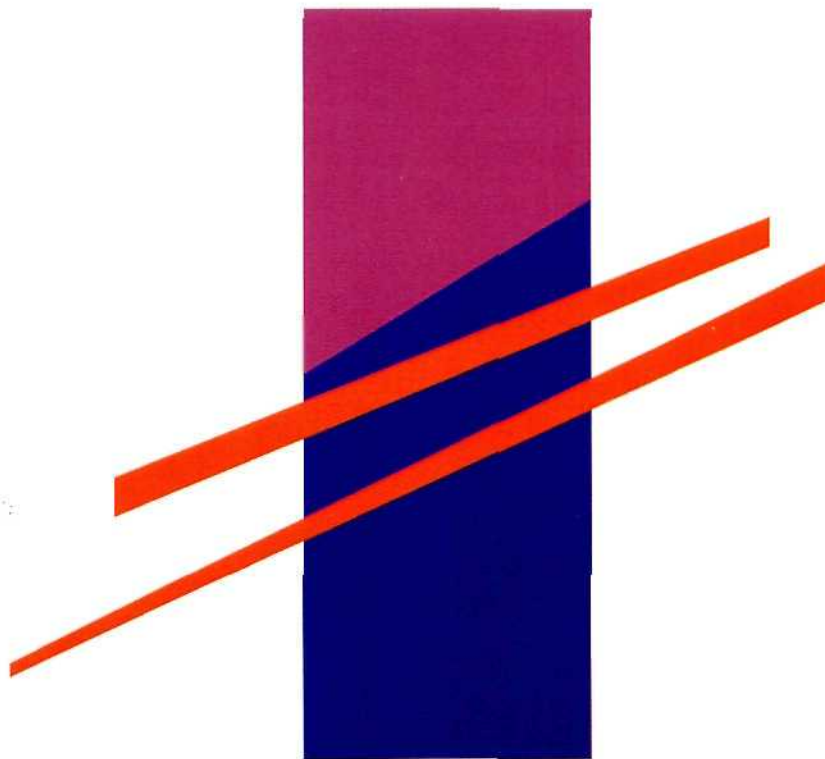


Materiales Didácticos  
Física y Química



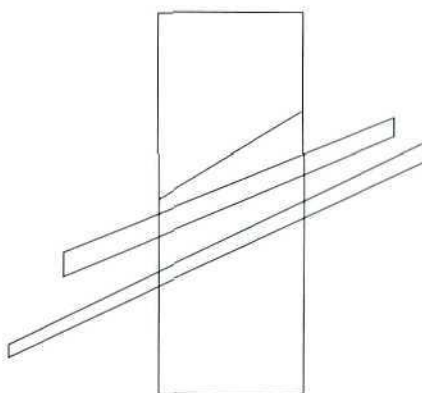
BACHILLERATO

EDICIÓN  
ACTUALIZADA



Ministerio de Educación y Ciencia

# Materiales Didácticos



Ciencias de la Naturaleza y de la Salud

---

## Física y Química

Autores:

Juan Hernández Pérez  
Jordi Solbes Matarredona

Coordinación:

M<sup>a</sup> Jesús Martín-Díaz,  
del Centro de Desarrollo Curricular

EDICIÓN  
ACTUALIZADA



*Coordinación de la edición:*  
**CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR**  
DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES



**Ministerio de Educación y Ciencia**

Secretaría de Estado de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica

Centro de Desarrollo Curricular

Edita: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica.

N. I. P. O.: 176-96-129-6

I. S. B. N.: 84-369-2886-5

Depósito legal: M. 22.028-1996

Impresión: Impresos y Revistas, S. A. (IMPRESA)

## Prólogo

---

*La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato, es orientar al profesorado que empieza a impartir las nuevas enseñanzas en los centros que anticipan su implantación. Son materiales concebidos para facilitar la elaboración y el desarrollo de las programaciones correspondientes a las distintas materias. Con su publicación y distribución, el Ministerio de Educación y Ciencia pretende proporcionar a los profesores y profesoras que van a impartir el Bachillerato un instrumento que les ayude a desarrollar el nuevo currículo y a planificar su práctica docente. Para ello se ofrecen propuestas de programación y unidades didácticas que incluyen sugerencias, orientaciones y actividades que pueden ser aprovechadas de diversos modos por el profesorado, sea incorporándolas a sus propias programaciones, sea adaptándolas a las características de sus alumnos.*

*El desafío que para los centros educativos, y en concreto para el profesorado, supone anticipar la implantación de las nuevas enseñanzas merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo decidido por parte del Ministerio que, a través de la publicación de materiales didácticos y de otras actuaciones paralelas, pretende ayudar al profesorado a desarrollar su trabajo en mejores condiciones. El Ministerio valora muy positivamente el trabajo realizado por los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Educación Secundaria del Centro de Desarrollo Curricular y han sido elaborados en estrecha colaboración con los asesores de este Servicio. El Ministerio considera que son ejemplos válidos de programación y de unidades didácticas para las correspondientes materias. No obstante, son los propios profesores a los que van dirigidos estos materiales los que tienen la última palabra acerca de su utilidad, en la medida en que les resulten una ayuda eficaz para desarrollar su trabajo.*

*En cualquier caso, conviene poner de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental, destinados a ser contrastados en la práctica, adaptados y completados.*

*Se trata, por tanto, de materiales para un momento de transición y, en ese sentido, de mayor complejidad. Por todo ello, las sugerencias o contrapropuestas que los profesores realicen, a partir de su práctica docente, respecto a estos u otros materiales, serán de enorme utilidad para mejorar o completar futuras ediciones y para proporcionar, por tanto, unos materiales didácticos de mayor calidad a los centros y profesores que en cursos sucesivos se incorporen a la reforma educativa.*

*El Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta materia que aparece, igualmente, al término del presente volumen.*

*Los materiales de Física y Química que a continuación se presentan son una edición revisada y ampliada de la publicada en 1992.*

# Índice

	<i>Páginas</i>
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN .....	11
Modelos de enseñanza y aprendizaje.....	12
Las ideas previas del alumnado.....	14
Actividades y recursos didácticos.....	15
La organización del aula y el papel del profesor.....	16
Evaluación .....	17
III. PROGRAMACIÓN .....	19
Criterios generales.....	19
Unidades didácticas.....	20
Cinemática .....	20
Dinámica .....	22
La energía y su transferencia: trabajo y calor .....	25
La electricidad.....	28
La teoría atómica-molecular y su evolución.....	30
El átomo y sus enlaces.....	34
Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas .....	36
Introducción a la química del carbono .....	40
IV. DESARROLLO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA.....	43
Objetivos didácticos .....	43
Contenidos .....	44
Desarrollo de la Unidad didáctica.....	45
Evaluación .....	64
V. BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXO. CURRÍCULO OFICIAL .....	73



# I. Introducción

---

Desde su nacimiento, la física y la química han buscado la comprensión de la naturaleza. Han tratado de hallar orden y significado en la gran cantidad de fenómenos que se presentan a la observación humana como un caos, coordinando y organizando nuestras experiencias en un sistema coherente.

El concepto mismo de naturaleza ha ido cambiando a lo largo del desarrollo de esas ciencias. En el Renacimiento, la ciencia atendía a fenómenos concretos y puntuales que se aislaban del marco general. En el siglo XIX, se adquiere una concepción más amplia de la naturaleza, al considerar que los resultados de la ciencia son afirmaciones sobre todo su conjunto. Posteriormente, se introduce la reflexión sobre si el conocimiento que representan estas ciencias da una visión real y objetiva sobre la naturaleza, o si se limita a presentar modelos de interpretación de ella creados por el hombre para su comprensión. Se destaca entonces que la conocemos no en sí misma, sino en nuestros modelos de ella y a través de nuestros métodos de investigarla. Todo lo cual ha llevado a consideraciones filosóficas y epistemológicas sobre el papel desempeñado por la observación, las teorías y los modelos en el desarrollo científico.

Por otra parte, es necesario reflexionar sobre el carácter acumulativo de la ciencia fruto de la labor de personas -mejor de equipos- que, aun viviendo en épocas distintas, contribuyen con sus ideas a formar los cuerpos coherentes de conocimientos que confeccionan las teorías científicas. Podemos afirmar que, debido al esfuerzo de la Humanidad, a lo largo de la historia, para comprender y dominar la materia, su estructura y sus transformaciones, se ha logrado el desarrollo actual de la física y la química que ha hecho posible sus muchas aplicaciones. Tanto es así que es difícil imaginarse una forma de vida actual sin contar con ellas.

Por ello la física y la química aparecen como un elemento fundamental de la cultura de nuestro tiempo que contribuye a la formación de ciudadanos y ciudadanas y que se acrecienta día a día. No es de extrañar que en un congreso de periodismo científico realizado hace unos años se solicitase una educación que no diferencie entre la cultura humanística y la científica, a la vez que se pedía una mayor presencia de la ciencia en los medios de comunicación y la participación activa de los investigadores en la divulgación de sus conocimientos.

También la física y la química tienen un carácter eminentemente experimental que debe permitir la familiarización con las características de la investigación científica y ser capaz de aplicar sus métodos a la resolución de problemas y a la realización de trabajos prácticos. Aspectos todos estos que, si bien fueron tratados en el nivel anterior, el Bachillerato debe profundizar.

Por otra parte, estas dos materias, como otras que también forman parte de la ciencia, comparten el valor funcional y educativo del Bachillerato y la necesaria conexión con estudios superiores. Por ese motivo, el currículo propuesto debe incluir los contenidos referidos a conceptos, procedimientos y actitudes que permitan, junto con los que aparecen en el segundo curso del Bachillerato, abordar con éxito los estudios ulteriores, ya se trate de estudios de carácter universitario, o de los ciclos formativos o módulos profesionales de nivel superior, y a contribuir a la formación de los estu-

diantes como ciudadanos. Ahora bien, todos estos contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes) deberán aparecer dentro del marco teórico que se estudia y no como actividades complementarias.

Por esta razón, en los núcleos de contenidos propuestos se mencionan dos: "Aproximación al trabajo científico" y "La naturaleza de la ciencia y sus relaciones con la tecnología y con la sociedad", que son dos núcleos comunes a las materias científicas, de carácter general, que deben estar presentes e impregnar a los demás. En cuanto al resto, se configuran dos grandes apartados que deben tener una extensión igual, la Física y la Química, con cuatro núcleos cada una de ellas.

A este respecto hay que tener en cuenta algunas peculiaridades de nuestro currículo de la materia de Física y Química de primer curso de Bachillerato. Nuestro país es el único de nuestro entorno europeo (con la excepción de Portugal) en el que las disciplinas de física y química aparecen juntas en una única asignatura. Si, además, se tiene en cuenta que en segundo curso de Bachillerato alguna de estas materias puede no ser cursada por las alumnas y los alumnos, el resultado ha sido un currículo un tanto extenso, que pueda contemplar los conceptos más básicos de ambas disciplinas.

La organización y secuencia de los contenidos de esta materia podrían llevarse a cabo teniendo en cuenta diferentes criterios o hilos conductores. *Un posible hilo conductor* es el disciplinar, que nos permite ir viendo la construcción de teorías científicas a lo largo del tiempo. Así, se puede comenzar abordando esta asignatura con el estudio de la primera de las ciencias en el sentido moderno del término; es decir, la mecánica, insistiendo en su carácter de ruptura radical con la física del sentido común. La mayor profundización con respecto a la Educación Secundaria Obligatoria permitirá mostrar la potencialidad de la metodología científica para extender la mecánica a otros dominios, como la electricidad y la química, desde su nacimiento como ciencia en la teoría atómico-molecular hasta el desarrollo de la química moderna.

*Un segundo hilo conductor*, o criterio de organización y secuencia, podría ser el de los centros de interés, como por ejemplo, la energía: su producción y consumo, la atmósfera y su contaminación, etc. Hay que señalar la necesidad (y la dificultad) de una cuidadosa selección de los centros de interés, problemas, etc., que permitiese contemplar todos los núcleos de contenidos. En nuestro país carecemos de tradición en el uso de este tipo de organización, pero no hay que olvidar que en el mundo anglosajón existe una gran variedad de proyectos cuya organización de contenidos se basa en estos centros de interés. La elección de dichos centros suele ser tal que los contenidos de ciencias, tecnología y sociedad adquieren una gran relevancia e impregnan todo el resto de los contenidos, acercándose de este modo a uno de los objetivos que persigue el Bachillerato, en la formación de ciudadanos y ciudadanas críticos y comprometidos con la sociedad en la que viven.

Un posible *tercer hilo conductor* podría ser el histórico, consistente en la realización de un estudio de distintos científicos, de la época en que trabajaron y de sus principales contribuciones. En concreto, se podría abordar el estudio de Galileo (cinemática), de Newton (dinámica), de Joule, Mayer y Thomson (energía y su transferencia), de Coulomb y Ohm (electricidad), de Lavoisier, Dalton, Avogadro, Gay-Lussac (Teoría atómica-molecular), Tompson, Rutherford (estructura del átomo), etc.

Una *cuarta posibilidad* surge si se conciben la física y la química de esta materia como disciplinas independientes. Esto posibilita comenzar el curso con cualquiera de ellas, procurando que cada una disponga del 50 % del tiempo disponible. Este criterio conserva su validez en cualquiera de las otras tres propuestas anteriores, ofreciendo además nuevos hilos conductores posibles.

Así, por ejemplo, la química se puede estructurar pasando de lo macroscópico a lo microscópico o viceversa: empezar por el átomo y sus enlaces y proseguir con reacciones, etc. También puede tomarse la opción de proponer una secuencia en la que en una misma confluya el carácter macroscópico con el microscópico, que es la que hemos adoptado. Consideramos que ello es posible dado que en la etapa anterior el alumnado ya ha trabajado con contenidos relacionados con ambos niveles de descripción. Esta propuesta consiste en comenzar estudiando la *estructura del átomo*, hasta



los niveles que se incluyen en el currículo del primer curso de Bachillerato (Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, BOE del 21 reproducido en el Anexo), y en ella se trataría, entre otros contenidos, la determinación de masas atómicas y el estudio descriptivo de los elementos de la tabla periódica. En la Unidad siguiente puede abordarse la *molécula* como partícula elemental, pasando a determinar fórmulas empíricas y moleculares y el estudio descriptivo de compuestos interesantes, entre los que se incluirán también algunos orgánicos.

La tercera Unidad estaría dedicada al estudio del *enlace químico* y de las propiedades macroscópicas derivadas de él, abordando también las fórmulas desarrolladas, lo que permite dar paso a la isomería. Otra Unidad didáctica estaría dedicada a las *mezclas*, lo cual supondría introducir las diferentes formas de expresar una concentración, así como revisar las técnicas de separación permitiendo, además, estudiar la descriptiva de alguna mezcla de interés como puede ser el petróleo. Se finalizaría con la Unidad dedicada al estudio de las *transformaciones químicas*, fundamentalmente en los aspectos estequiométricos y en la que se introducirían también otros energéticos.

Consideramos que todas las propuestas señaladas permiten abordar la totalidad de los contenidos de forma coherente, si bien nosotros nos hemos decantado por la primera propuesta, aparentemente más convencional, por considerar que permite mantener un hilo conductor más claro, pero sin olvidar aspectos históricos y de ciencia, tecnología y sociedad que enriquecen la propuesta.

De esta forma, consideramos:

1. Cómo la ciencia es el producto de la labor de personas -o equipos- que, aun viviendo en épocas distintas, contribuyeron con sus ideas a formar los cuerpos coherentes de conocimientos que constituyen las teorías científicas.
2. El cambio de los marcos conceptuales o paradigmas; la evolución de las ideas, etc., ya que en la construcción de las teorías se producen ideas erróneas, experiencias cruciales, hipótesis geniales, etc, lo que permite una imagen viva, no dogmática de la ciencia.
3. Los problemas significativos en la historia de la ciencia, poniendo al alumnado en situación de abordarlos; ello permite, además, tener en cuenta sus ideas previas. (No se trataría, sin embargo, de tomar la historia de la ciencia como eje vertebrador, como en la tercera propuesta de hilo conductor).
4. Las interacciones ciencia-tecnología-sociedad a lo largo de la historia, lo que permite dar una imagen más correcta del desarrollo de la ciencia. En otra palabra, se muestran esas interacciones pero no se toman como hilo conductor, como en la segunda propuesta enunciada anteriormente.



## II. Orientaciones didácticas y para la evaluación

---

Las aportaciones de la investigación educativa, en general, y de la didáctica de las ciencias, en particular, han contribuido al análisis y posterior propuesta de mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. Una aportación importante ha sido, sin duda, la consideración de un nuevo concepto sobre el aprendizaje que ha provocado la aparición de nuevos modelos de enseñanza y, con ellos, la modificación del papel del profesorado en la escuela, en general, y en el aula, en particular.

En física y química las investigaciones realizadas durante los últimos veinte años, principalmente sobre los inicialmente llamados errores conceptuales, y posteriormente preconcepciones, concepciones espontáneas o ideas previas, han contribuido en el ámbito de la comunidad educativa a una crítica fundamentada del paradigma del proceso de enseñanza y aprendizaje por transmisión verbal de conocimientos previamente elaborados y acabados. En esta crítica se ha puesto en cuestión una concepción "pasiva" del aprendizaje que ha resultado incompatible con los avances logrados los últimos años por la psicología cognitiva.

Estos resultados han puesto de manifiesto que los alumnos y alumnas no son capaces de aplicar a nuevas situaciones los conceptos que se les supone aprendidos anteriormente y sus respuestas coinciden prácticamente con las mismas que darían sin haber estudiado los conceptos requeridos. Por lo que puede afirmarse que el aprendizaje obtenido por los alumnos y las alumnas ha sido memorístico o repetitivo y poco significativo. Por esta razón, uno de los objetivos esenciales de la enseñanza es lograr que el aprendizaje sea significativo. Ello se produce cuando los nuevos contenidos llegan a integrarse en la estructura cognoscitiva que el alumno posee, con lo cual adquieren sentido y, en consecuencia, los utiliza cuando la situación lo requiere. Situación contraria a la que se da en el aprendizaje repetitivo, que queda limitado a la memorización, por lo que difícilmente llega a ser integrado y es fácilmente olvidado y, por ello, no suele ser utilizado en la vida real.

Esta crisis paradigmática ha supuesto un primer gran salto cualitativo en la educación, que se ha resuelto con la aparición de una nueva orientación constructivista del aprendizaje de las ciencias como paradigma emergente. Este nuevo paradigma está originando modelos diferentes de intervención didáctica, que tienen como denominador común el uso de aprendizajes basados en el cambio conceptual y cuyo objetivo es que éstos sean significativos.

Ahora bien, según los estudios de psicología del aprendizaje, para aprender de forma significativa deben darse, al menos, dos condiciones: primero, que el contenido sea potencialmente significativo; es decir, que se adapte al nivel comprensivo del alumno o alumna y, segundo, que provoque en ellos y ellas una actitud favorable para aprender de esta forma. Por otra parte, la cantidad de conocimientos que un estudiante, de forma significativa, puede aprender en un tiempo determinado es limitado. Por ello, dicho aprendizaje es un proceso lento pero rentable, ya que al llegar a integrarse en su cuerpo de conocimientos permanece vivo en él.

Estas condiciones obligan a seleccionar la cantidad de contenidos propuestos, para lo que debe tenerse en cuenta los conocimientos adquiridos en las etapas anteriores, los objetivos generales del nivel a los que van dirigidos y el "estadio" evolutivo de los alumnos y las alumnas.

Por otra parte, hay que considerar que, cuando se hace referencia a los contenidos, no sólo se consideran los correspondientes a los conceptos científicos, sino también a los procesos requeridos en la construcción de los mismos.

En consecuencia, el aprendizaje de las ciencias no puede ser conceptualizado únicamente en términos cognitivos. Debe perseguirse un desarrollo completo de las personas que les proporcione una personalidad crítica, con capacidad de formarse opiniones propias y de adoptar decisiones en relación a cuestiones científicas. Por tanto, no sólo hay que preocuparse de enseñar aspectos de contenidos referidos a conceptos y procedimientos científicos, sino que es necesario tener presente la formación en aspectos de interacción ciencia-tecnología-sociedad, naturaleza de la ciencia, actitudes científicas y frente a la ciencia, etc.

Para llevar a término este proceso, el profesorado debe disponer de los materiales y recursos necesarios para el desarrollo del trabajo en el aula.

---

## Modelos de enseñanza y aprendizaje

Las decisiones en cuanto a la cantidad y tipo de contenidos seleccionados y a los materiales elegidos están en función del modelo de enseñanza que se decida utilizar. Por esta razón, es conveniente conocer las investigaciones didácticas, así como las aportaciones que, desde los campos de la psicología y de la epistemología, se vienen realizando sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje.

En primer lugar, nos referiremos al modelo conocido como de *transmisión-recepción*, según el cual se considera que es posible transmitir significados ya elaborados a través de explicaciones claras y bien presentadas que, junto con ejercicios y problemas, completan el proceso. Un segundo modelo que surge en la década de los sesenta, como consecuencia de la crítica que se hace al tradicional, al considerar que éste se centra casi exclusivamente en los contenidos de tipo conceptual, corresponde al llamado *descubrimiento autónomo*. Éste parte de la consideración de que la mejor manera de aprender algo es que lo descubra uno mismo. En este modelo, el aprendizaje de las ciencias supone, sobre todo, un dominio de las destrezas o procesos del método científico.

Trabajos de evaluación sobre estos modelos han mostrado que ninguno de los dos son útiles para lograr aprendizajes. El primero, al considerar que la mera exposición de conocimientos no asegura su comprensión, puesto que éstos no se adquieren ya elaborados, sino que cada persona los rehace a la luz de sus conocimientos anteriores. Y en cuanto al segundo, porque se considera que los procesos de la ciencia son inseparables de los conceptos científicos, ya que el desarrollo de las destrezas intelectuales se produce sobre campos conceptuales concretos. Además, los pobres resultados obtenidos con la enseñanza por descubrimiento parecían mostrar que sus objetivos debían ser más modestos y centrarse de nuevo en la transmisión de conocimientos para favorecer, al menos, una adquisición no memorística de aquellos. Esta situación de crisis favoreció el retorno, perfeccionándolo, del modelo de enseñanza y aprendizaje por transmisión-asimilación de conocimientos elaborados. Este nuevo modelo, denominado de *enseñanza receptiva significativa*, que supuso un gran aporte teórico a la investigación educativa, introdujo el concepto de aprendizaje significativo y resaltó el papel de la orientación del profesor y la importancia de los esquemas conceptuales de los alumnos y las alumnas en los que han de integrarse los nuevos conocimientos.

Los datos ya señalados sobre la persistencia de errores conceptuales, el fracaso en la resolución de problemas y el descenso constatado del interés hacia la ciencia mostrado por los estudiantes conforme aumentan los años en los que la estudian, propiciaron la aparición de una nueva orientación sobre el aprendizaje de las ciencias, que dio origen al paradigma conocido actualmente como *constructivista*. Este paradigma concibe el aprendizaje como construcción activa del nuevo conocimiento por parte del que aprende, a partir de su conocimiento anterior y, en la actualidad, goza de un amplio consenso entre el profesorado dedicado a las investigaciones didácticas, al haberse producido una confluencia entre trabajos de diversas materias.

Resnick (1983) resume así las principales características de esta orientación constructivista del aprendizaje:

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia. Es decir, el aprendizaje depende de los conocimientos previos del alumno o alumna.
- Quien aprende construye activamente significados; o sea, no aprende reproduciendo simplemente lo que lee o lo que se le ha enseñado.
- Encontrar sentido (la comprensión) supone establecer relaciones (cuanto mayor sea esta estructuración mayor será su permanencia).
- Los alumnos y alumnas son responsables de su propio proceso de aprendizaje. De ahí la gran importancia de que consideren útiles los contenidos que se les trata de enseñar.

Es decir, se parte de la consideración de que los alumnos y las alumnas tienen unas ideas previas y, por ello, el aprendizaje no puede ser sólo acumulativo, sino que, en ocasiones, supone un cambio de las estructuras del conocimiento del que aprende, considerado como el verdadero responsable de su propio proceso de aprendizaje. Además, utiliza las críticas de los modelos mencionados anteriormente para considerar que los conocimientos no son sólo conceptos científicos, sino también procedimientos y actitudes que operan de forma conjunta e inseparable. Al ser un modelo emergente, todavía con pocas experiencias de utilización en el aula, es difícil realizar críticas suficientemente fundamentadas.

Ahora bien, dentro del mismo paradigma constructivista existen modelos de aprendizaje diferentes. Uno de los más conocidos es el *modelo de cambio conceptual* de Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982). Los propios autores (Hewson y Beeth, 1995) indican que *"el modelo de cambio conceptual es un modelo de aprendizaje. Los modelos de aprendizaje no prescriben un tipo de enseñanza"*. No obstante, son partidarios de un *modelo de enseñanza para un cambio conceptual*, que podríamos sintetizar esencialmente en las fases siguientes:

1. Explicitación de las ideas.
2. Provocación del conflicto cognitivo, con el objetivo de demostrar al alumno que sus ideas no son "válidas" para responder a las cuestiones.
3. Invención de nuevas ideas.
4. Acomodación de las nuevas ideas, para que puedan comprobar que esas nuevas ideas son capaces de dar respuesta *convinciente* a las diversas situaciones que se hayan podido plantear.

Gil (1993), basándose en el modo de producción de los conocimientos en la ciencia y la forma de construirlos en el aprendizaje, ha elaborado una propuesta metodológica basada en el *aprendizaje por investigación* que consta de las fases siguientes:

1. Propuesta de situaciones problemáticas que generen interés en el alumno.
2. Aproximación cualitativa a dichas situaciones problemáticas, que conduzca a definir las variables indicadas, en la que los alumnos deberán explicitar sus esquemas conceptuales.
3. Resolución del problema planteado y análisis de los resultados. Esto supone una fase que implica introducción de conceptos, emisión de hipótesis, uso de distintas estrategias de resolución, etc.
4. Utilización de los nuevos conocimientos en situaciones diversas, haciendo especial hincapié en la relación que los nuevos conocimientos científicos tienen con la tecnología o la sociedad.

En cualquier caso, al margen del modelo de enseñanza elegido, la orientación constructivista del aprendizaje supone priorizar aquellos factores que lo facilitan. Los que consideramos esenciales para ello son:

- En primer lugar, el aprendizaje se facilita cuando el alumno se enfrenta él mismo a tareas, dentro del currículo escolar, basadas en el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas y de interés.
- En segundo lugar, si el tipo de estructura del aula permite trabajar en pequeños grupos, resulta más fácil abordar la tarea como investigaciones que conduzcan a la construcción de los conocimientos.
- Y, en tercer lugar, debe facilitarse la conexión entre los grupos establecidos y comparar las conclusiones con las que la ciencia señala.

## Las ideas previas del alumnado

La investigación didáctica de los últimos años ha puesto de manifiesto la existencia de dificultades en el **aprendizaje de conceptos**, materializados en la evidencia que supone comprobar cómo un porcentaje considerable del alumnado no es capaz de responder correctamente a cuestiones relacionadas con ellos, a pesar de que en ocasiones éstos habían sido estudiados durante varios años. También se ha comprobado que no es capaz de utilizar procedimientos adecuados que le conduzcan a resolver cuestiones o problemas cuyos enunciados no hayan sido previamente tratados.

En cuanto al aprendizaje de conceptos, la tendencia actual es considerar que las ideas previas con las que los estudiantes acceden son válidas y coherentes, aunque no coincidan con las científicas, y que deben servir de obligado punto de partida en cualquier tipo de estrategia de enseñanza que se aplique. El conocimiento sobre ellas permite averiguar algunas de las dificultades de aprendizaje que supone la comprensión de ciertos conceptos; de ahí la importancia que para el profesorado tiene conocerlas. Según Pozo (1996), hay tres vías fundamentales mediante las que se adquieren ideas, si bien las tres se encuentran en constante interacción. Según estas tres vías, las ideas previas se pueden clasificar en: *concepciones espontáneas de origen sensorial*, *concepciones sociales de origen cultural* y *concepciones analógicas de origen escolar*.

Las de *origen sensorial* se forman como consecuencia de tratar de dar significado a las actividades cotidianas mediante procesos sensoriales y perceptivos. Entre estas ideas podemos encontrar nos la relación que acostumbran a realizar los estudiantes entre la fuerza y la velocidad, al observar que, para que un cuerpo se mueva, siempre es necesaria una fuerza que lo impulse; o al considerar que las partículas que forman un sólido deben estar en reposo porque la observación, sobre los cuerpos que se encuentran en este estado de la materia, así parece indicarlo.

Entre las de *origen cultural*, se encuentran aquellas procedentes del significado que el lenguaje ordinario da a ciertos conceptos científicos. Entre éstos podíamos citar el trabajo y calor, en el campo de la física, y el de compuesto y el de sustancia pura, en el de la química.

Las de *origen escolar* son aquellas adquiridas como consecuencia de la enseñanza recibida en las aulas, algunas de las cuales les han sido transmitidas de forma errónea, como puede comprobarse en investigaciones dirigidas a detectar errores conceptuales en libros de texto. Ejemplos de esto podrían ser: la extrapolación que se hace de las propiedades macroscópicas de las sustancias a las partículas -átomos o moléculas- que las forman (Bullejos *et al.*, 1996); la extrapolación de ideas de un campo de la ciencia a otro (por ejemplo, de la física clásica a la moderna); la utilización, en determinadas teorías, de definiciones contextualizadas en otras, provocando confusión (así, la definición de elemento químico de Boyle -sustancia que no puede separarse por métodos químicos- y la ofrecida en 1990 por la Real Academia de Ciencias, Físicas y Naturales -sustancia constituida por la misma clase de átomo- lleva a conclusiones diferentes según la teoría utilizada: por ejemplo, el ozono es, según esta última, un elemento, mientras que no lo sería según la primera de ellas).

Pero también hay errores de los estudiantes en campos en los que no tienen experiencias previas, ni sus conceptos se utilizan en el lenguaje cotidiano, ni provienen de las enseñanzas transmi-

tidas erróneamente. Esto es debido a la existencia de otro tipo de dificultades consecuencia de las formas de razonamiento usuales de los estudiantes (la causalidad lineal, el razonamiento analógico y secuencial, la explicación de cambios pero no de estados, etc.) (Pozo, 1989), y a sus tendencias metodológicas habituales de extraer conclusiones precipitadas y de generalizar acríticamente a partir de observaciones cualitativas (Carrascosa y Gil, 1985).

En consecuencia, una implicación inmediata para el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos es que el profesorado debe conocer la existencia de estas dificultades para proceder a tomar las medidas convenientes que ayuden a los estudiantes a aprenderlos de forma comprensiva. En este sentido, son muchas las revistas especializadas que desde hace años suelen incluir artículos relacionados con este asunto e, incluso, existen en el mercado libros que tratan exclusivamente este tema, sobre todo las ideas previas: Hierrezuelo *et al.* (1989), Driver *et al.* (1989) y Pozo (1991).

---

Para facilitar a los alumnos y alumnas la integración del aprendizaje en el cuerpo de conocimientos que ya poseen, deberán proponerse **actividades** variadas con objetivos diversos. De forma general podíamos clasificar a éstas en:

- *Actividades de iniciación* al tema en estudio que supongan: sensibilización sobre su contenido, explicitación y puesta en valor de las ideas que el estudiante posee, comprensión del hilo conductor por el que se haya optado para el desarrollo del mismo, etc.
- *Actividades de desarrollo* del tema que supongan: introducción, construcción y manejo significativo de conceptos, invención de definiciones operativas basadas en ellos, manejo reiterado de los conceptos en distintas situaciones para contrastar su validez y afianzarlos, familiarización con aspectos claves del trabajo científico, planteamiento de situaciones problemáticas, estudio de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, etc.
- *Actividades de terminación* que supongan: recapitulación y síntesis de lo tratado, propuesta de confección de mapas conceptuales, etc.

A continuación procederemos a ampliar aspectos relevantes relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos y de procedimientos, fundamentalmente a través de la resolución de problemas y de los trabajos prácticos y de actitudes y a través de la incorporación de actividades relacionadas con los denominados temas transversales, algunos de los cuales están muy relacionados con esta materia.

La **resolución de problemas** constituye una fuente constante de preocupación para el profesorado de este nivel y se ha convertido en una de las áreas prioritarias de investigación en la didáctica de las ciencias. En primer lugar, conviene distinguir el concepto de problema del de ejercicio; un problema se diferencia de un ejercicio en que no dispone de una respuesta inmediata, y su resolución supone un marco idóneo en el que el alumnado practica la mayor parte de las etapas que se aplican en una investigación: emisión de hipótesis, estrategias para resolverlas, análisis de resultados, etc. Para que esto se produzca, es necesario modificar el enunciado tradicional de los problemas, de forma que su planteamiento sea similar a una investigación.

Otro aspecto que debe tenerse presente es la necesidad de seleccionar la cantidad de problemas que es conveniente realizar, ya que el uso continuado y reiterativo de problemas del mismo tipo provoca una fijación funcional en su resolución, que permite al alumno o alumna tener éxito cuando reconoce el enunciado, pero le incapacita para buscar nuevas soluciones ante lo que considera nuevos problemas. Podemos decir que no llegan a aprender a resolver problemas, sino a memorizar soluciones, lo que es contradictorio con el aprendizaje significativo. Para lograrlo, hay que hacer actividades variadas con enunciados distintos: problemas en los que aparezcan más datos de los estrictamente necesarios, o bien, enunciados más abiertos. Ejemplos de estos últimos serían los

## Actividades y recursos didácticos

enunciados siguientes: “¿Qué altura máxima alcanza un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba?” y “¿Cuál es el número de moles existente en una habitación vacía?”.

Por último, hay que hacer un esfuerzo en ofrecer enunciados que supongan problemas reales, con información que los relacione con algunas de las aplicaciones en los campos de la técnica, la industria o la sociedad.

La importancia de los trabajos prácticos en la enseñanza de la Ciencia está reconocida por la mayoría del profesorado. No obstante, hay que señalar que, en la mayor parte de los casos, se utilizan como forma de confirmar la validez de alguna ley, fórmula o teoría. Puede afirmarse que las prácticas son ilustraciones de los conocimientos transmitidos. Si tenemos presente que el objetivo de familiarizarse con la metodología científica debe ir ligado con la construcción de conocimientos, ello implica que los trabajos prácticos deben abordarse en el momento en que surjan y no al final del tema. En este caso, el objetivo esencial es comprobar algún concepto o ley que ya ha sido tratada, por lo que se esconde el carácter investigador que deben presentar.

La importancia de las actividades CTS (Ciencia - Tecnología - Sociedad) se deduce de los objetivos generales que se pretenden alcanzar en el estudio de las ciencias, pues su influencia en la vida cotidiana y su relación con la economía y la industria son, actualmente, incuestionables.

Por otra parte, la necesidad de una mejor formación científica de los ciudadanos es una cuestión que se acrecienta día a día, ya que nuestro modelo de sociedad no podría existir sin las aplicaciones de la ciencia y la técnica y, además, necesita apoyarse en el poder de decisión que el conocimiento científico confiere. Sin embargo, es bien conocido el hecho de la menor consideración social de la ciencia como parte de la cultura, respecto a otras materias como literatura, música, arte, etc. Pero, a este respecto, el profesorado de ciencias tiene mucho que decir si es capaz de introducir en el aula actividades que permitan a los alumnos y alumnas relacionar los temas que estudian con aplicaciones a la vida real.

Por último, hay que tener presente que la enseñanza de la ciencia del 2000 tiene necesariamente que contar con los recursos que las nuevas tecnologías proporcionan. Los medios audiovisuales pueden servir de ayuda para lograr la motivación de los alumnos y alumnas y, al mismo tiempo, ser extraordinariamente útiles para visualizar modelos -gases, átomo, etc- y para conocer aplicaciones de la física y la química imposibles de mostrar en un aula -central eléctrica, industrias químicas, etc.-.

El ordenador es actualmente un elemento imprescindible en cualquier tipo de actividad y su utilización en la educación permite a los alumnos y alumnas tener un mayor control sobre su propio aprendizaje, lo que les puede conducir a una mayor motivación. La utilización de los ordenadores puede realizarse fundamentalmente en tres planos: con programas de enseñanza asistida, con programas de simulación relativos a la resolución de problemas, y como instrumento de control y cálculo en el laboratorio.

---

## La organización del aula y el papel del profesor

Otro aspecto que hay que considerar por su influencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje es la organización del aula. En este sentido, la estructuración de la clase en pequeños grupos puede favorecer la participación en polémicas surgidas en torno a cuestiones de la materia, en la emisión de hipótesis, en la realización de diseños, etc. No olvidemos que, en la actualidad, el trabajo científico no se concibe si no es en equipo, ya que la investigación es una tarea colectiva. Ahora bien, siempre es necesario, tras la discusión en grupos, una posterior puesta en común que permita al profesor o profesora centrar las ideas necesarias que considere conveniente. Para esta función pueden utilizarse diversas técnicas, como la transcripción simultánea de las respuestas de los grupos en la pizarra, o solicitar la respuesta de un sólo grupo para que el resto la critique o complete. Ello presenta la ventaja de que permite al profesor o profesora centrar las intervenciones, realizar reformulaciones globalizadoras de las aportaciones de los grupos o, incluso -cuando éstas sean incompletas-, añadir información. No debemos olvidar el hecho de que el abordar previamente las



cuestiones hace que la receptividad de los alumnos y alumnas ante la información sea superior, ya que se refiere a cuestiones que ellos y ellas han tratado de responder.

Por último, y no por ello menos importante, es necesario abordar un problema, puesto de manifiesto en investigaciones recientes, referido al sexismo en la enseñanza de las ciencias. Es conveniente utilizar, desde el principio, un vocabulario que facilite por igual las expectativas para proseguir estudios científicos de las alumnas y los alumnos.

En resumen, podríamos decir que el *papel que se pide al profesorado* para lograr aprendizajes significativos consiste en que, en lugar de ser un mero transmisor de conocimientos ya elaborados, disponga de los conocimientos y recursos necesarios para diseñar, seleccionar y organizar actividades de aprendizaje y para dirigir el trabajo de sus alumnos y alumnas.

Asímismo, consideramos que para elaborar la programación y para llevar a cabo la práctica docente con las mejores garantías de eficacia, es altamente recomendable que el profesorado:

- Domine los contenidos conceptuales científicos que forman parte del núcleo de contenidos, para analizar la exactitud de los mismos y poder programar actividades de niveles adecuados.
- Conozca los acontecimientos históricos, sociales, económicos, etc. que condujeron a los conocimientos actuales, ya que ello es una vía que proporciona recursos para proponer actividades que ayuden a la comprensión de la construcción de los conceptos científicos, así como a considerar los procesos y a fomentar actitudes positivas hacia la ciencia.
- Conozca las ideas de partida con las que el alumnado se presenta al comenzar el tema objeto de estudio, conocimiento imprescindible para lograr aprendizajes significativos.
- Tenga acceso a los recursos que las nuevas tecnologías permiten, fundamentalmente, la utilización de vídeos y programas informáticos, que ayuden a comprender las ideas y a visualizar situaciones difíciles o imposibles de observar por otros procedimientos.

© 2014 Universidad de Zaragoza

Ahora bien, las innovaciones en el método, en los materiales, etc., perderán gran parte de su efectividad si no se reflejan en innovaciones similares en los sistemas de evaluación, dado que ésta es la forma más clara de mostrar aquello a lo que se da importancia y tiene enorme influencia en conformar la actividad de profesores y alumnos.

Es necesario reflexionar sobre la función de la evaluación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, pasando de concebirla como un medio de control del mismo a considerarla como un instrumento para mejorarlo. En distintas investigaciones se ha podido comprobar que los métodos de evaluación pueden afectar, no sólo a la cantidad y a la calidad del aprendizaje de los estudiantes, sino también a sus intereses y actitudes hacia la materia y su aprendizaje.

En el proceso general de la evaluación debemos responder a tres cuestiones, que son: el *qué*, el *cómo*, y el *cuándo*.

Respecto a la cuestión primera, hay que manifestar que no sólo deben evaluarse los aprendizajes de los alumnos, sino también el proceso de enseñanza. Ambas evaluaciones son complementarias, ya que el carácter eminentemente formativo de la evaluación de los aprendizajes conlleva la adopción de medidas que ayuden a superar las dificultades detectadas y, por tanto, a la valoración del propio proceso de enseñanza. Estas medidas pueden ser de índole muy diferente, en un continuo que puede variar desde clases de refuerzo para algunos alumnos o alumnas hasta cambios más o menos importantes en la programación de la materia, desde la organización de los contenidos hasta la metodología didáctica. El referente que se debe utilizar para la evaluación de los aprendizajes de los alumnos y alumnas son los objetivos generales de Bachillerato, y los objetivos generales y los criterios de evaluación de la materia.

## Evaluación

Respecto al cómo, debemos comenzar por poner de manifiesto que muchas pruebas propuestas por el profesorado se centran en medir el aprendizaje repetitivo a corto plazo, con énfasis en ejercicios de aplicación, en cuestiones de teoría memorísticas y en ejercicios de manejo operativo (formulación, ajuste de reacciones, cambio de unidades...). Con ello no se evalúa el aprendizaje significativo y se pierde la oportunidad de incidir en el desarrollo de otras destrezas.

Para conseguir una *medida* más adecuada del aprendizaje significativo, las pruebas deben extenderse a todos los contenidos -conceptos, procedimientos y actitudes- que hemos comentado en el aprendizaje de la Física y la Química. Es decir; es conveniente que las pruebas contengan:

- Actividades con énfasis en procedimientos: formulación de hipótesis, propuesta de diseños experimentales, análisis cualitativo de resultados (gráficas, ecuaciones, etc.).
- Problemas abiertos con enunciado no dirigido.
- Actividades en las que surjan aspectos de las relaciones CTS, como por ejemplo:

*“Comenta qué es el aire y cita al menos dos de las sustancias que lo contaminan en las ciudades. Al mismo tiempo indica cuáles son los procesos principales que originan la contaminación atmosférica”.*

*“Indica tres ejemplos de implicaciones de las ciencias físico-químicas en la sociedad a lo largo de la historia de la humanidad”.*

En cuanto al cuándo, hay que partir de la idea de que, para impulsar en los alumnos y alumnas un aprendizaje significativo, es necesario que, en todo momento, tengan información comprensible y clara sobre lo que han aprendido y lo que no. Es decir; la evaluación debe ser continua. Con ello queremos indicar que debe ser objeto de evaluación todo el trabajo realizado por los alumnos y alumnas a lo largo del curso. Además, el profesor o profesora necesita conocer las ideas previas del alumnado, por lo que es necesario realizar una evaluación inicial que permita averiguarlas.

Si el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, ésta debe realizarse a lo largo de todo él y no limitarse únicamente a valoraciones terminales. Para ello, habrá que integrar las actividades evaluadoras a lo largo del proceso, dando la retroalimentación adecuada y adoptando las medidas necesarias en cada caso.

Es importante ser conscientes de las leyes del olvido y planificar revisiones o profundizaciones de aquello que se considere realmente importante. De esta forma, el alumnado afianza dichos conocimientos, aunque ello obligue a reducir algunos de los contenidos que, en principio, pensaban desarrollarse, pues, al finalizar el proceso, esto habrá resultado rentable.

Creemos muy conveniente realizar frecuentes pruebas pequeñas sobre algunos de los aspectos que se hayan trabajado, ya que ello permite impulsar el trabajo diario, dar información sobre el aprendizaje -haciendo posible la reincidencia, en caso necesario- y reunir un elevado número de resultados que permita dar una valoración final más acorde con el trabajo diario y que permita disminuir la aleatoriedad de la misma.

Asimismo, es necesario que los alumnos y las alumnas regulen sus propios procesos de aprendizaje; es decir, rectifiquen sus ideas iniciales y aprendan de sus propios errores. Por esa razón, es muy conveniente solicitar de las alumnas y los alumnos que rehagan las actividades en casa con todo cuidado y vuelvan a entregarlas.

Para finalizar, no debe olvidarse el papel de la evaluación en la contrastación de los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje, sin la cual la labor educativa dejaría de ser revisable y mejorable. No se puede atribuir un fracaso generalizado del alumnado únicamente a que “los alumnos no hacen nada”. La evaluación es un instrumento válido para juzgar la efectividad de la programación (organización y secuencia de contenidos desarrollados, etc.) y para decidir las modificaciones que sean necesarias.

### III. Programación

---

#### Criterios generales

Cualquier propuesta de programación que intente desarrollar un currículo debe tener en cuenta diversos factores:

1. La concepción de la materia.
2. Un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias teóricamente fundamentado, tal como hemos intentado desarrollar en el apartado anterior.
3. Las ideas, hábitos y actitudes iniciales de los alumnos y las alumnas.
4. La existencia de tres tipos de contenidos (conceptos, procedimientos y actitudes).
5. Un hilo conductor que, considerando la concepción de la materia y el modelo de enseñanza y aprendizaje anteriores, permita la organización y secuencia de los contenidos.

La comprensión de los conocimientos científicos exige tiempo y tratamiento en profundidad. Por esta razón, es necesario hacer una lectura pausada de los contenidos y criterios de evaluación (que determinan los aprendizajes básicos) presentes en el currículo oficial (Real Decreto 1179/1992 de 2 de octubre, BOE del 21) para evitar cargar en exceso el peso de la materia con conceptos que los profesores y profesoras consideramos esenciales tradicionalmente y que, normalmente, suelen ser excesivos y conducen a tratamientos superficiales que deforman la imagen de la ciencia y no generan aprendizajes significativos.

En este sentido, tampoco se trata de agotar toda la casuística sobre problemas de cinemática o estequiometría o planos inclinados y cuerpos enlazados, sino sólo algunos casos particularmente relevantes para evitar que los alumnos se sientan desanimados o desinteresados porque se les presentan pocas ideas interesantes o útiles.

En nuestra propuesta, la relación de unidades didácticas de Física y Química de primer curso es la siguiente:

1. Cinemática
2. Dinámica
3. La energía y su transferencia: trabajo y calor
4. Electricidad
5. La teoría atómico-molecular y su evolución
6. El átomo y sus enlaces
7. Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas
8. Introducción a la química del carbono

Como ya hemos señalado en la introducción, comenzar por cualquiera de las ciencias que constituyen la materia no altera sustancialmente los propósitos de ésta. Lo que sí resulta preocupante es la tendencia generalizada del profesorado de empezar por los temas que más domina o le gustan, extendiéndose mucho en ellos y relegando el resto, con los problemas que ello puede conllevar para el curso siguiente. Un estudio realizado en los centros que han implantado el Bachillerato LOGSE en la Comunidad Valenciana (unos 40) ha puesto de manifiesto que un 80% del profesorado ha comenzado el curso por la Química, dedicándole como promedio el 75% del tiempo disponible. En consecuencia, los únicos temas de Física impartidos por la mayoría han sido Cinemática y Dinámica; la mitad de ellos no introducen La energía y su transferencia y ninguno La electricidad. Pensamos que, como base de trabajo, el profesor debe procurar introducir los conceptos más básicos de cada Unidad y asignar como promedio, a cada Unidad, un mes de tiempo. Es por ello que las unidades de programación son ocho, dado que éste es el número de meses lectivos. Por otra parte, esto permite asignar un cuatrimestre a la Física y otro a la Química, como ya hemos indicado anteriormente.

Pasamos a continuación a desarrollar las distintas unidades didácticas:

## Unidades didácticas

---

### Cinemática **Objetivos didácticos**

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender los principales tipos de movimiento (MRUA, MCU) y establecer sus ecuaciones.
- Utilizar las estrategias propias de la metodología científica en la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados.
- Aplicar los conceptos introducidos al análisis de situaciones cotidianas de transporte, deportes, etc.

### **Dificultades de enseñanza y aprendizaje**

Las dificultades en cinemática y en dinámica, en particular las debidas a preconcepciones de los estudiantes, fueron las primeras en ser estudiadas (Viennot, 1976), por lo cual, la bibliografía sobre ellas es muy abundante. Incluso hay textos, como los de Driver, *et al* (1989) e Hierrezuelo y Montero (1989), que dedican capítulos a dichas preconcepciones. Cabe mencionar, por su relevancia para este curso, la existencia de dificultades respecto a:

- Los sistemas de referencia (SR); aunque los alumnos y alumnas aceptan que el movimiento es relativo al SR, les cuesta ver que el movimiento es diferente según el SR aceptado, porque para los alumnos existe un SR privilegiado, el centrado en el observador en reposo respecto a la Tierra.
- Los conceptos de velocidad y aceleración, en particular su carácter vectorial (que debe introducirse en este curso) y las complicaciones de signos que se generan si no se elige adecuadamente el SR.
- La composición de movimientos, es decir, comprender que un movimiento real pueda considerarse como la suma de dos movimientos imaginarios y que dichos movimientos puedan estudiarse como si fueran independientes.

Pero realmente, el principal problema de este tema es que muchas veces se enfoca más como un tema de matemáticas aplicadas que como un tema de física.

## **Contenidos. Sugerencias de actividades**

En el área de Ciencias de la Naturaleza (Física y Química) del curso anterior se realizó ya un estudio de los movimientos y las fuerzas, y algunas ideas y conceptos que se manejan en este tema de la física forman parte, incluso, del lenguaje corriente. Por ello, es posible que los alumnos y alumnas contribuyan a establecer cuáles son los problemas que pueden abordarse en esta Unidad. En primer lugar, los estudiantes pueden exponer las ideas que tengan sobre el espacio y el tiempo y considerar la necesidad de sistemas de referencia (inerciales) para la determinación del estado de movimiento o reposo de un cuerpo. A continuación, hay que introducir las magnitudes necesarias para la descripción del movimiento. Para facilitar las conexiones con la dinámica, conviene resaltar que el vector de posición y el vector velocidad nos caracterizan el estado (de movimiento) del sistema, y la aceleración, las variaciones de dicho estado.

Puesto que en el curso anterior se habrá realizado, al menos, un estudio escalar sobre el movimiento, es conveniente introducir o, en su caso, profundizar en el carácter vectorial de las magnitudes. Asimismo, se podría introducir físicamente el concepto de derivada para facilitar la comprensión de los conceptos de velocidad y aceleración instantáneas. No es necesario ni conveniente introducir el concepto de integral (para deducir las ecuaciones de movimiento), si se tiene en cuenta el escaso tiempo disponible, la dificultad de los conceptos, y que la cinemática se construyó en el siglo XIV por Oresme de la Universidad de París y por los calculadores del Merton College de la Universidad de Oxford, mucho antes de que Newton y Leibniz introdujesen el cálculo infinitesimal. También se pueden introducir magnitudes que faciliten el estudio del movimiento circular uniforme.

Se proseguiría estudiando una serie de tipos de movimiento (uniforme rectilíneo, circular uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado, etc), estableciendo su ecuación de movimiento y recordando ejemplos importantes de los mismos (en particular la caída de graves). Se puede realizar la deducción de la ecuación de la posición, en el MRUA, sin integrales, utilizando el teorema de Merton o de la velocidad media, o el método de Oresme del área bajo la recta de velocidades<sup>1</sup>.

A continuación, se puede pasar al estudio de movimientos más complejos, como el tiro horizontal. Este estudio puede plantearse como un trabajo práctico, como una investigación bastante completa que permite a los alumnos introducir y contrastar la hipótesis de la independencia de movimientos (o principio de superposición) que está en la base misma del tratamiento vectorial. Tras este estudio se pueden abordar otros ejemplos (tiro parabólico, movimiento de una barca en un río, etc.) que muestren la potencia del tratamiento vectorial.

Se trata de un tema adecuado para realizar actividades de los dos primeros bloques transversales de contenidos, Aproximación al trabajo científico, y Ciencia, Tecnología y Sociedad. A título de ejemplo mencionaremos las siguientes:

- Trabajos prácticos como pequeñas investigaciones: el estudio del tiro horizontal, ya sugerido anteriormente, o también el estudio de la caída de graves mediante un plano inclinado.

“Realizar un tiro horizontal lanzando un pequeño objeto y emitir hipótesis acerca del tipo de movimiento implicado para explicar la trayectoria descrita”.

- Problemas como investigaciones, que supongan una ocasión más de familiarizar al alumno y alumna con la metodología científica.

“Un coche persigue a otro ¿Cuánto tiempo tardará en alcanzarlo?”

- Revisar los estudios gráficos del movimiento realizados en cursos anteriores.

Es necesario mostrar las interacciones CTS desarrollando este tema en contextos relevantes y familiares a los alumnos (transporte, deportes, viajes espaciales...), y asomarse a la historia de la física, presentando el contexto histórico de Galileo (lo que permite comprender sus dificultades, las

<sup>1</sup> Ver Holton (1976)

ideas de la época con las que tuvo que luchar), utilizando textos del "Dialogo de las dos nuevas ciencias", etc.

Con ello se pretende evitar que el carácter más formal de este tema y su ubicación al principio de la física, puedan producir actitudes desfavorables en los alumnos.

### ***Distribución temporal***

Si el promedio de la duración de un curso es de 32 semanas, con 4 horas semanales disponibles de 128 horas. De ellas, a la Física se le asignarán la mitad, 64 horas. A este tema le podemos asignar 16 horas.

### ***Criterios de evaluación***

Como ya hemos señalado en las orientaciones para la evaluación, ésta debe incluir actividades referidas a conceptos, procedimientos, interacciones CTS e historia de la ciencia. El criterio de evaluación del currículo oficial que hace referencia a esta Unidad didáctica es el siguiente:

*Aplicar las estrategias propias de la metodología científica a la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados (uniforme rectilíneo o circular, y rectilíneo uniformemente acelerado).*

Se trata de comprobar que en la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados y a la combinación de éstos, como es el caso de encuentros de móviles, se plantea el estudio cualitativo de la situación, se precisa el problema, se prueban en su resolución vías o estrategias coherentes con el cuerpo teórico de conocimientos, se analizan los resultados, etc.

---

## **Dinámica    *Objetivos didácticos***

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender las limitaciones de la física pregalileana (en particular, de la idea de fuerza como causa del movimiento) para explicar los movimientos.
- Aplicar las leyes de Newton a situaciones en las que intervengan la fuerza peso, de fricción y elásticas, en sistemas de referencia inerciales.
- Utilizar la ley de conservación de la cantidad de movimiento para el estudio de choques, retrocesos de las armas de fuego, etc.
- Conocer aplicaciones técnicas de las leyes de la dinámica: fricciones, peraltes, etc.

### ***Dificultades de enseñanza y aprendizaje***

Como ya hemos señalado en el tema de cinemática, éstas fueron las primeras que se estudiaron y, por ello, son las más conocidas. Podemos encontrar una amplia enumeración en los textos ya mencionados de Driver, *et al* (1989) y Hierrezuelo y Montero (1989) o en la selección bibliográfica de Carrascosa (1992). Entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- El reposo y el movimiento son dinámicamente diferentes; el primero es natural y el segundo necesita ser explicado.
- La fuerza es la causa del movimiento. En consecuencia, si hay un movimiento en un sentido hay una fuerza en dicho sentido; es decir, hay una asociación entre fuerza y velocidad.

- Generalmente sólo se identifica una de las fuerzas que intervienen en la interacción entre dos cuerpos y cuando se les pide explícitamente que dibujen las dos fuerzas del par acción- reacción, las suelen representar asociadas al mismo cuerpo (esto se suele asociar a la condición de equilibrio).
- Los cuerpos que se mueven poseen fuerzas: las fuerzas no son acciones externas sino que se quedan en los cuerpos y van consumiéndose.
- La fuerza de rozamiento es vista como una fuerza que se opone al movimiento, por lo que cuando un cuerpo está en reposo no hay rozamiento. Algunos la consideran como la fuerza de reacción. También consideran que la fuerza de rozamiento es proporcional a la componente normal del peso, ignorando otras fuerzas que contribuyen a la normal.
- En el movimiento circular, además de fuerzas en la dirección del movimiento los alumnos y alumnas representan fuerzas centrífugas. Esta fuerza aparece como reacción de la centrípeta o por un uso poco claro de las fuerzas de inercia. En ambos casos, la finalidad es alcanzar un cuasiequilibrio en el que se neutralizarían las fuerzas que actúan sobre el móvil, salvo una fuerza en el sentido del movimiento.
- Los alumnos consideran que las fuerzas de inercia son reales porque las *sienten* cuando van en sistemas de referencia acelerados.

## **Contenidos. Sugerencias de actividades**

En esta Unidad, como en la anterior, los sistemas que se estudian son objetos asimilables a puntos materiales, cuyo estado se caracteriza mediante el vector posición y la velocidad. Es necesario resaltar el carácter de aproximación del *modelo punto* y recordar que las fuerzas suponen interacciones y ello implica, evidentemente, varios objetos que interactúan entre sí (aunque para algunos aspectos sea útil centrarse en uno de ellos).

También en el curso anterior se ha realizado un estudio de las fuerzas. Por ello, se puede empezar la Unidad continuando la crítica *contra las ideas y la metodología del sentido común* iniciada el curso anterior -en particular, la idea de fuerza como causa de movimiento-. A continuación, se puede proceder a una revisión crítica de los principios de la dinámica. En primer lugar, mostrando que el principio de inercia, que para algunos autores es una consecuencia de la segunda ley de Newton (o una definición cualitativa del concepto de fuerza), para otros sigue teniendo el rango de principio ya que asegura la existencia de sistemas de referencia inerciales. Seguidamente, introduciendo la segunda ley a partir de la cantidad de movimiento, y viendo que la fuerza produce variaciones en el estado de movimiento de los cuerpos. Es conveniente realizar alguna actividad que muestre cómo la ecuación

$$F = ma$$

es un caso particular de

$$F = dp / dt$$

cuando  $m$  es constante.

Por último, en la tercera ley hay que recalcar la idea de que las fuerzas aparecen como resultado de las interacciones entre los cuerpos y, al mismo tiempo, mostrar que no es un principio general, puesto que sólo se cumple cuando las fuerzas son centrales y su transmisión es instantánea.

La profundización en la idea de interacción permite llegar a establecer la conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado. Conviene detenerse en este principio y mostrar cómo, aunque se introduzca a partir de la segunda y la tercera ley de Newton, puede utilizarse en situaciones en que la tercera ley no es válida; por ejemplo, las interacciones que se propagan a velocidad finita como la electromagnética. Por ello, hay que subrayar su importancia y su validez absolutamente universal, reinterpretando sus aparentes contraejemplos.

Sin llegar a estudiar las formas de interacción fundamentales -aunque se puede mostrar cómo la gran variedad de fuerzas mencionadas por los alumnos se pueden reducir a ellas-, se trata de abordar el estudio de algunas situaciones dinámicas: fuerzas gravitatorias -en las proximidades de la superficie terrestre-, de fricción, elásticas y tensiones. Sin embargo, no se trata de agotar toda la casuística sobre planos inclinados y cuerpos enlazados, sino sólo algunos casos particularmente relevantes.

También se puede abordar el estudio dinámico de los movimientos circulares, puesto que ya se han visto en cinemática. Por ejemplo, el caso de un vehículo en una curva, lo que permite introducir una aplicación práctica del plano inclinado (el peralte) o justificar la inclinación de las motocicletas.

A continuación, dado que existen sensaciones fisiológicas y cotidianas (arranque y frenado de un vehículo, conducción en una curva, ascensor, etc) que parecen reforzar la existencia real de las fuerzas de inercia, es conveniente clarificar su carácter de pseudofuerzas, ya que no corresponden a ninguna interacción. Se puede mostrar que se introducen para poder aplicar las leyes de la dinámica en los sistemas de referencia acelerados (no inerciales), pero no se recomienda la realización de problemas de este tipo.

Al igual que en el tema anterior se pueden proponer actividades en torno a los dos primeros bloques de contenidos del currículo, del tipo siguiente:

- Realizar pequeñas investigaciones para comprobar experimentalmente la ecuación fundamental de la dinámica  $F/a = \text{cte}$ , la ley de Hooke o estudiar el rozamiento de diversos objetos en un plano inclinado:
  - "Emitir una hipótesis acerca de los factores de que dependen las fuerzas de fricción entre dos sólidos"
  - "Diseñar un montaje experimental para contrastar las hipótesis obtenidas"
  - "Realizar dicha experiencia, analizando los resultados obtenidos"
- Plantear problemas de interés, abordables como pequeñas investigaciones:
  - "Un coche toma una curva. ¿De qué factores depende la velocidad máxima con que puede hacerlo sin salirse de la carretera?"
- Presentar implicaciones técnicas y sociales (fricciones, peraltes, etc), mostrar el marco histórico de la Física en el siglo XVII, y, en particular, de Newton, etc.:
  - "Enumerar ejemplos en los que sea conveniente reducir al mínimo las fuerzas de fricción y otros en que ocurra lo contrario"
- Finalmente, se debe realizar una síntesis de la dinámica newtoniana para ver la imagen del comportamiento de la materia que proporciona, comparándola con la imagen pregalileana:
  - "Comentar la siguiente afirmación de Kelvin: No estoy satisfecho hasta haber construido un modelo mecánico del sistema que estoy estudiando".

## ***Distribución temporal***

Se le pueden asignar unas 16 horas.

## ***Criterios de evaluación***

Los criterios de evaluación sobre esta Unidad presentes en el currículo oficial son:

- *Identificar las fuerzas reales que actúan sobre un cuerpo y relacionar la dirección y sentido de la fuerza resultante con el efecto que produce sobre él.*



Se trata de comprobar que el alumnado reconoce las fuerzas que actúan sobre móviles, tales como un ascensor, un tren que toma una curva, una pelota lanzada hacia arriba que sube o que baja, un cuerpo colgado o apoyado, etc., y saber predecir, por su comportamiento, hacia dónde actúa la resultante, en el caso de que el cuerpo lleve alguno de los movimientos estudiados.

- Aplicar el teorema de la conservación de la cantidad de movimiento para explicar fenómenos cotidianos, identificando el sistema en el que se aplica.

Se pretende evaluar si el alumnado es capaz de justificar hechos como el retroceso de las armas de fuego, las aceleraciones o deceleraciones en los motores a reacción, etc. como aplicación del principio de conservación de la cantidad de movimiento. Se trata, también, de comprobar que sabe elegir el sistema adecuado para poder aplicar dicho principio y que sabe reconocer que, si el sistema no está aislado de fuerzas exteriores, como es el arma sin proyectil o el motor a reacción sin los gases que expulsa, no se conserva la cantidad de movimiento.

Además, es altamente aconsejable valorar la memoria sobre algún trabajo práctico realizado, por ejemplo, el estudio del rozamiento, la ley de Hooke, etc.

---

## Objetivos didácticos

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender el concepto de energía y sus formas de transferencia: el trabajo y el calor
- Aplicar la ley de conservación de la energía<sup>2</sup> a situaciones que involucren energías cinéticas y potenciales (gravitatoria y elástica) y sus formas de transferencia.
- Aplicar la conservación de la energía a problemas de relevancia tecnológica y social (fuentes de energía, crisis energética, máquinas térmicas y revolución industrial).

## Dificultades de enseñanza y aprendizaje

La importancia, tanto científica como tecnológica, del concepto de energía, ha producido una gran cantidad de investigaciones didácticas a partir de los 80 y una controversia sobre la conveniencia de comenzar introduciendo el concepto de trabajo antes que el de energía o viceversa, que aún no se han interrumpido.

Entre las dificultades detectadas podemos mencionar las siguientes:

- Confundir trabajo y esfuerzo, o considerar sólo uno de los factores que intervienen en el trabajo, olvidando el otro.
- Identificar fuerza y energía o trabajo y energía.
- Asignarle un cierto carácter material a la energía, o asociarla al movimiento o a la actividad.
- Considerar que la energía puede gastarse, dado que el lenguaje cotidiano está impregnado de expresiones como *consumo de energía*, *crisis energética*, etc.
- Confundir las formas de energía con las fuentes de energía.
- Atribuir la energía potencial al cuerpo y no a la interacción entre los cuerpos.
- Asignarle un carácter sustancial al calor, o considerarlo como una energía calorífica o térmica.

<sup>2</sup> No se encuentra dentro de los contenidos del currículo oficial.

La energía y su  
transferencia:  
trabajo y calor

## **Contenidos. Sugerencias de actividades**

Dado que en la Educación Secundaria Obligatoria ya se ha realizado una introducción de estas magnitudes, aquí ha de pensarse en un estudio más profundo y cuantitativo.

La controversia antes mencionada sobre la conveniencia de introducir el concepto de trabajo antes del de energía o viceversa puede solucionarse con una enseñanza prácticamente simultánea y cualitativa de los conceptos de trabajo y energía, que conecte con las ideas que los alumnos ya tienen. Tras la puesta en común, sería conveniente llegar a la idea de que al realizar trabajo se produce una variación de energía del sistema. En otras palabras, el trabajo aparece como una forma de transferencia de energía.

Conviene pedir a los alumnos y las alumnas que enumeren los diferentes tipos de energía que conozcan. Posiblemente mencionen muchos tipos (mecánica, térmica, acústica, eléctrica, luminosa, nuclear, química, etc.). El profesor debe superar esta confusión, identificando los diferentes tipos de energía que puede tener un sistema: energía de las partículas libres (la cinética y la de la masa en reposo), energía de los campos libres (luminosa) y la energía de interacción entre partículas y campos (que es potencial si los campos son conservativos). Si se reduce toda la energía a cinética y potencial, el principio de conservación no se podría aplicar al electromagnetismo y la óptica (energía de los campos), ni a la física relativista (energía de los fotones) que se estudiarán en la Física de segundo curso.

También conviene superar la confusión entre formas y fuentes de energía, y realizar actividades como, por ejemplo:

“Realizar un estudio de las fuentes de energía más utilizadas en nuestro país, comentando su origen, consumo, problemas generados, etc.”.

Una vez que se ha introducido un concepto potente e incluso, conviene comenzar, como sucedió históricamente, por las transformaciones más sencillas, las mecánicas, lo que permite introducir una definición operativa de la magnitud trabajo y su utilización en diferentes situaciones.

Puede introducirse aquí, también, el concepto de potencia, como medida de la eficacia en la realización de un trabajo.

Deberá profundizarse en las relaciones entre trabajo y energía, introduciendo la energía cinética y la potencial gravitatoria. A continuación, se establecerá el principio de conservación de la energía. Es necesario probar hasta qué punto se comprende el significado del mismo planteando situaciones en las que parece no cumplirse.

Es preciso abordar algunos de los problemas estudiados en unidades anteriores con el tratamiento energético para mostrar su potencialidad y su coherencia con el tratamiento dinámico-cinemático. Los alumnos disponen así de la posibilidad de planificar posibles estrategias distintas ante situaciones problemáticas, lo que es una característica importante del trabajo científico y sirve para enriquecer la resolución de problemas como investigaciones.

La crítica a la idea de calor como sustancia, que no permite explicar la producción ilimitada de calor por fricción, nos lleva a la equivalencia entre calor y trabajo, es decir, al concepto de calor como proceso de transferencia de energía, saliendo al paso de la confusión de considerar el calor como forma de energía. En efecto, no puede hablarse de contenido en energía calorífica (a pesar que se suele hacer) como no puede hablarse de contenido en energía “trabajosa” (cosa que, afortunadamente, nadie hace).

El concepto de calor como forma de transferencia de energía permite generalizar el principio de conservación de energía, como Primer Principio de la Termodinámica, y estudiar *cadena*s de transferencia de energía.

Sin embargo, para comprender el concepto de energía no basta con activar los esquemas de transformación, transferencia y conservación; también hay que mostrar la degradación de la energía,

sin la cual, es difícil que los estudiantes puedan explicarse la crisis energética. Esto se puede conseguir con actividades del tipo de la siguiente:

"En la naturaleza, un objeto que se desliza sobre la superficie de una mesa acaba parándose, una pelota que cae rebota a una altura menor, etc., pero no se observa que un objeto pesado empiece a moverse, o que una pelota rebote cada vez más alta. ¿Alguno de estos procesos incumple la ley de conservación de la energía? Tratar de establecer la causa por la que unos procesos se realizan en la naturaleza y otros no."

No se trata de introducir el concepto de entropía, sino de mostrar cómo, aunque ninguno de los procesos mencionados viola la conservación de la energía, la energía interna del cuerpo y de la mesa (actividad anterior) nunca se convierte en energía cinética del cuerpo, porque una forma de energía no se puede transformar en otra menos degradada. Esta imposibilidad es uno de los enunciados del Segundo Principio de la Termodinámica.

Por último, es interesante señalar que se trata de un tema que ofrece ocasiones variadas y múltiples para realizar actividades del núcleo de las interacciones CTS. Basta recordar la llamada crisis energética (¿o el derroche energético?), la energía nuclear, las energías alternativas, los problemas que origina en el medio ambiente la obtención de energía, las visitas cuidadosamente preparadas de antemano a centrales de producción de energía, etc. Asimismo, también puede hacerse referencia a la invención de la máquina de vapor y su influencia en la sociedad (revolución industrial), el diseño y construcción de un modelo elemental de turbina, los efectos contaminantes de la combustión, etc.

## **Distribución temporal**

A este tema se le pueden asignar 16 horas.

## **Criterios de evaluación**

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta Unidad didáctica son:

- *Observar y describir las transferencias de energía que tienen lugar en montajes tecnológicos sencillos, a la luz del principio de conservación de la energía.*

*Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de observar y describir procesos como: la utilización del gato de un coche, de la pértiga en el salto, de una batidora funcionando, etc., dentro del marco teórico de la conservación de la energía. Se pretende que en la descripción se considere el calor como transferencia de energía.*

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

*Se pretende saber si los alumnos y las alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.*

Además, podríamos añadir:

- Resolver problemas dinámicos con el nuevo tratamiento energético, lo que permite evaluar la posibilidad de planificar estrategias distintas para un mismo problema, característica muy importante del trabajo científico.
- Aplicar el primer principio de la termodinámica a situaciones que impliquen calor como transferencia de energía.
- Hacer una valoración, sopesando ventajas e inconvenientes, de alguno de los problemas que origina en el medio ambiente la producción y el consumo de energía.

## La electricidad **Objetivos didácticos**

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender que la interacción entre cargas se puede explicar con los conceptos de campo y potencial eléctrico.<sup>3</sup>
- Comprender el gran desarrollo científico y tecnológico que implica la producción y transmisión de corriente eléctrica, así como sus múltiples efectos.
- Interpretar, diseñar y montar circuitos, para determinar teórica y experimentalmente el valor de la intensidad y de la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito.

### **Dificultades de enseñanza y aprendizaje**

Aunque existen múltiples trabajos de investigación sobre ideas previas y formas de razonamiento en corriente eléctrica, éstos son escasos en otros aspectos de la electricidad.

Entre las dificultades se pueden mencionar las siguientes:

- Los términos como energía eléctrica, corriente, electricidad, fuerza, potencia,... suelen ser considerados habitualmente como sinónimos, porque los adquirimos mucho antes de que se introduzcan en la educación formal, y su uso dentro del contexto cotidiano no permite llegar a diferenciarlos.
- Se identifica la pila como un objeto en el que se almacena la electricidad, la corriente, la fuerza, los voltios, etc. Desde este agente *donante* parte este *fluido* eléctrico hasta los elementos consumidores, como pueden ser las bombillas o los motores, donde este fluido se *gasta* (modelo *donante-receptor*). Por ejemplo, en un circuito con una pila y una bombilla, existe una mayoría de alumnos y alumnas del nivel en el que estamos trabajando que considera que el *fluido* que sale de la pila es menor una vez ha atravesado la bombilla.
- Es conveniente tener en cuenta el razonamiento secuencial. De acuerdo con él, los alumnos y alumnas realizan razonamientos locales y parciales, ignorando el efecto que una variación en un punto del circuito tiene sobre el conjunto del mismo. Así, al intentar interpretar el funcionamiento de un circuito, considerarán que la pila suministra *corriente*, de tal forma que ésta no se ve alterada por las modificaciones que puedan tener lugar en el circuito (aumentar o disminuir una resistencia, añadir otra en serie o paralelo, etc.), o por lo menos, *mientras ésta no llegue* al obstáculo.
- Existen dificultades con la utilización de analogías, por ejemplo, el circuito hidráulico, ya que los alumnos no son capaces de transferir las deducciones lógicas de un sistema físico a otro.
- Se encuentran dificultades para traducir los esquemas eléctricos en montajes: existen alumnos y alumnas de los últimos años de secundaria que ante una pila cilíndrica, un interruptor, una bombilla (o resistencias) y cables, no son capaces de montar un circuito elemental, aunque con anterioridad hayan realizado este tipo de tareas.

### **Contenidos. Sugerencias de actividades**

Aunque por su título pueda parecer una Unidad muy extensa, pretendemos que no exceda en mucho a las anteriores. Para ello, es necesario recordar que en el segundo ciclo de la ESO se realizó un estudio de la fenomenología de la electrización y de la corriente continua. Conviene revisar brevemente dicha fenomenología para introducir la naturaleza eléctrica de la materia y el principio de *conservación de la carga*.

<sup>3</sup> Este objetivo se refiere a contenidos que no forman parte del currículo oficial.

Se puede introducir la ley de Coulomb como un trabajo de investigación, formulando hipótesis sobre los factores que influirán en la fuerza eléctrica entre dos cuerpos puntuales cargados, realizando un diseño, etc. Dada la dificultad que presenta la parte experimental, es conveniente suministrar tablas de valores para proceder al análisis de resultados. Se hará énfasis en el aspecto vectorial de la fuerza.

Opcionalmente, se puede plantear el problema de cómo explicar la interacción instantánea y a distancia de las cargas. Esto sirve para introducir cualitativamente el concepto de campo eléctrico, cuyo estudio se realizará en la Física del segundo curso de Bachillerato.<sup>4</sup>

Los conceptos de trabajo y energía del bloque anterior se pueden aplicar al estudio energético de la interacción eléctrica, lo que permite introducir los conceptos de energía potencial eléctrica y de diferencia de potencial, como variación de energía potencial por unidad de carga.

Esto permite realizar el estudio de la corriente continua a través de conductores metálicos. Conviene plantear un modelo para el comportamiento de los electrones en el interior del metal, para posteriormente emitir hipótesis sobre las condiciones necesarias para que se produzca la corriente, introduciendo, por último, una magnitud que mida la intensidad de la misma.

La investigación experimental de los factores de que depende la intensidad de corriente sirve para establecer la ley de Ohm. En este punto hay que tener en cuenta los preconceptos de los alumnos acerca de la intensidad de corriente y la diferencia de potencial. Conviene plantear las aplicaciones de la ley de Ohm a las asociaciones de resistencias y a los instrumentos de medida. A continuación se puede realizar el estudio energético de la corriente eléctrica y el efecto Joule.

Después, se puede considerar el efecto que sobre la intensidad de corriente tendría el intercalar un generador, motor... y así obtener la ecuación de Ohm de un circuito y poder calcular la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera del circuito.

En este tema es fundamental, para la consecución de los objetivos relativos a los dos primeros núcleos de contenidos transversales, que los alumnos y las alumnas efectúen montajes de circuitos eléctricos elementales y traduzcan montajes reales a esquemas eléctricos. Resulta también de interés la familiarización del alumnado con los circuitos eléctricos domésticos, el cálculo de su consumo energético, el análisis crítico de la producción y consumo de energía eléctrica en nuestro país, los problemas que las centrales producen en el medioambiente, etc.

Asimismo, en este tema se ha de resaltar el gran desarrollo científico y técnico que implican los instrumentos de medida de corrientes, así como la posibilidad de producir, transmitir y utilizar la energía eléctrica con generadores y motores. La importancia de estos aspectos recomienda evitar un tratamiento puramente académico de los mismos, introduciendo actividades de construcción y/o manejo de generadores, motores, emisores y detectores de ondas, visitas a centrales, etc.

Si se plantea el estudio de la Física y la Química en dos cuatrimestres, de un modo independiente, se puede finalizar este bloque realizando una síntesis de la física clásica. En esta síntesis se mostraría la imagen del comportamiento de la materia que proporciona, y cómo surgió contra una concepción, la física pregalileana, que se había mostrado incapaz de resolver importantes problemas del comportamiento de la materia. Esto permite romper con una imagen lineal del crecimiento de la ciencia y mostrar cómo, análogamente, una serie de dificultades insuperables originarían la crisis de esa física clásica. Si se plantea un hilo conductor único para la materia, esta síntesis se podría también realizar al finalizar el estudio de la teoría atómico-molecular, dejando en ambos casos planteados los problemas que las *ciencias clásicas* no supieron resolver y que dieron entrada a las *ciencias modernas*, cuyo estudio se introducirá en el curso siguiente.

<sup>4</sup> La ley de Coulomb y el concepto de campo eléctrico no forman parte de los contenidos de esta materia en el currículo oficial.

## **Distribución temporal**

A este tema se le pueden asignar 16 horas.

## **Criterios de evaluación**

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta Unidad son:

- *Interpretar, diseñar y montar circuitos, determinando teórica y experimentalmente el valor de la intensidad en sus diferentes ramas, si las tuviese, y la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera.*

Este criterio pretende comprobar si los alumnos son capaces, no sólo de realizar cálculos sobre circuitos eléctricos elementales (que incluyan generador, resistencias y en algunos casos, un motor), sino también de efectuar sus montajes y de traducir circuitos reales a esquemas eléctricos.

- *Observar y describir las transferencias de energía que tienen lugar en montajes tecnológicos sencillos, a la luz del principio de conservación de la energía.*

Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de observar y describir procesos como: la utilización del gato de un coche, de la pértiga en el salto, de una batidora funcionando, etc., dentro del marco teórico de la conservación de la energía. Se pretende que en la descripción se considere el calor como transferencia de energía.

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y las alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

Además, podríamos añadir:

- Indicar los efectos energéticos de la corriente eléctrica y sus múltiples aplicaciones.
- Enumerar los distintos tipos de centrales eléctricas, valorando sus ventajas e inconvenientes.

## La teoría atómico-molecular y su evolución

### **Objetivos didácticos**

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender que la ciencia surge del conjunto de las aportaciones que van produciéndose a lo largo de la historia.
- Relacionar, de forma coherente, el comportamiento macroscópico constatado experimentalmente con la interpretación microscópica.
- Utilizar algunas de las técnicas usuales de laboratorio.
- Saber manejar correctamente los conceptos de elemento, compuesto, sustancia y mezcla.
- Aplicar las leyes de la conservación de la masa y de las proporciones definidas a la resolución de ejercicios y problemas.
- Utilizar los datos procedentes de análisis cuantitativos para saber determinar fórmulas empíricas y moleculares.

- Preparar disoluciones determinadas a partir de otras de distinta concentración.
- Comprender el concepto de mol y calcular el número de moles presentes en una sustancia determinada.

## ***Dificultades de enseñanza y aprendizaje***

Existe un consenso generalizado entre el profesorado que estudia la didáctica de esta materia en considerar que, para conseguir comprenderla, es necesario adquirir una correcta coordinación entre el mundo macroscópico de los hechos experimentales observados y su interpretación a través de los modelos atómico-moleculares, siendo en este tema en el que esta relación resulta más fácil de establecer. Por otra parte, la investigación didáctica ha permitido comprobar que el aprendizaje de algunos de estos conceptos encuentra serias dificultades. Así, la percepción de ciertos hechos, como pueden ser el carácter estático y continuo de los sólidos o la observación de que los gases *flotan*, dificultan asumir el modelo corpuscular de la materia; el significado que el lenguaje habitual da a la palabra *compuesto* hace difícil entender que se trate de una sola sustancia, o que se utilice el término *sustancia pura* para, en muchos casos, designar mezclas (pues a pesar de que sólo se utiliza cuando uno de los componentes es muy mayoritario no dejan de ser mezclas). Además, el contexto histórico en el que se encuentra la definición de estos conceptos se caracteriza por la *convivencia* de dos teorías: una referida a los aspectos macroscópicos ligados a definiciones empíricas y otra basada en definiciones de tipo atomista, que no siempre coinciden. La confusión entre el referente empírico y el teórico-atomista puede llegar hasta el extremo de asignar las propiedades macroscópicas de una sustancia a las partículas que la constituyen. Y esto se manifiesta, no sólo en los escolares (Hierrezuelo y Montero, 1991), sino también en un porcentaje significativo de los libros de texto de secundaria, EGB, BUP y COU, en los cuales se puede encontrar, de forma explícita, que *"la molécula es la parte más pequeña de un compuesto que conserva todas las propiedades de éste"* (Bullejos et al, 1996). Esta idea refuerza la asignación a las partículas de propiedades que únicamente tienen sentido desde un enfoque macroscópico (color, temperatura de fusión y ebullición, etc).

Otra de las dificultades en el aprendizaje de conceptos es la introducción del mol. Según algunos autores, éste es uno de los que más problemas plantea en la enseñanza de la química (Pozo *et al.*, 1991). La dificultad en su comprensión va, desde su propia definición, excesivamente abstracta para los estudiantes en las edades en las que se comienza a introducir el concepto - *"El mol es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de carbono-12"* (IUPAC, 1967)-, hasta el significado que muchos textos le han atribuido, definiéndolo como unidad de masa o como número. Otros autores consideran que una de las dificultades de comprensión del concepto radica en que previamente a la definición de mol no se ha introducido de forma correcta el concepto de cantidad de sustancia, pues éste no es inmediato y tiene, a su vez, dificultades procedentes de unas ideas previas que no son las aceptadas desde el punto de vista científico. En un trabajo de investigación sobre esta cuestión (Furió, *et al.*, 1993) se comprobó que la mayoría de los estudiantes de química entre 17 y 18 años no diferenciaban entre cantidad de sustancia y las nociones de masa y volumen.

## ***Contenidos. Sugerencias de actividades***

El dominio de una parte de los conceptos que forman parte de esta Unidad didáctica es esencial para lograr un aprendizaje comprensivo de la Química.

Por todo ello, consideramos que, aunque muchos de los contenidos del tema han sido ya tratados en la etapa anterior, es necesario comenzar la Química en esta nueva etapa revisando estos conceptos para reforzar el dominio que de ellos tiene el alumnado.

Esta revisión puede realizarse a través de crear alguna situación problemática. Así, por ejemplo, puede plantearse averiguar la composición de un líquido incoloro contenido en un frasco (éste puede

ser una disolución de sal en agua). La búsqueda de la solución conduce a comenzar emitiendo una hipótesis que lógicamente deberá estar basada en las propiedades observables del líquido y, a continuación, deberá procederse a una toma de decisiones que conduzca a averiguar la posible veracidad o falsedad de la hipótesis, lo cual significará tener que llegar a saber cuáles son las propiedades que permiten caracterizar a una determinada sustancia.

El proceso así seguido permite revisar los conceptos de sustancia, mezcla e incluso otros, como el de concentración y el de las técnicas experimentales de separación. Una vez finalizado, es conveniente proponer la construcción de un esquema o mapa conceptual en el que quede expuesta la composición de la materia, y actividades que permitan el dominio de todos los conceptos contemplados en el esquema.

Para abordar la teoría atómico-molecular de Dalton debe tenerse presente que éste es un tema inmejorable para que el alumnado compruebe que la ciencia es producto de la labor de las distintas aportaciones que a lo largo de la historia se van produciendo, pues en su desarrollo se produjeron ideas erróneas, experiencias geniales, hipótesis sutiles, discusiones apasionantes, etc., lo que permite ofrecer una imagen viva y no dogmática de la ciencia.

Por este motivo, un posible hilo conductor para el desarrollo de la unidad es el histórico. Si se elige éste, es conveniente presentar las leyes de conservación de la masa y de las proporciones definidas antes de presentar las hipótesis de Dalton, ya que éste se basó en aquellas y en el estudio sobre el modelo corpuscular de los gases para emitirla.

La teoría de Dalton puede revisarse comenzando por una actividad que clarifique el concepto de reacción química, entendida como un proceso en el que los átomos o iones que constituyen las sustancias iniciales se separan y se vuelven a unir, combinándose, y dando lugar a nuevas moléculas o unidades formulares características de las sustancias formadas. Asumido esto se puede proponer alguna actividad en la que los alumnos y las alumnas indiquen lo que sucede en diversas situaciones, lo que les permite deducir la ley de la conservación de la masa -la masa total es la misma antes y después de la reacción- y la ley de las proporciones definidas -la fórmula de un mismo compuesto es siempre la misma- (Hernández, J., y Palacín, L. 1995).

Una vez emitidas éstas, procede estudiar el concepto de masa atómica y su determinación experimental a partir de los datos extraídos en experiencias destinadas a averiguar la composición en masa de los elementos que forman un compuesto, pues ésta fue una de las primeras consecuencias, y una de las más destacadas, de las leyes anteriores. Si se plantea de esta forma, es posible justificar la necesidad de definir una unidad de masa para los átomos, distinta a las conocidas, así como la regla de la máxima simplicidad que aplicó Dalton para asignar fórmulas, ya que el conocimiento de éstas es imprescindible para resolver el problema.

A continuación, el análisis de los resultados encontrados por Gay-Lussac, en el estudio sobre las relaciones volumétricas entre gases, conduce a la hipótesis de Avogadro y permite comprobar la evolución de las teorías, ya que la correcta interpretación de esos resultados lleva a modificar alguna de las hipótesis de Dalton que obliga a rectificar fórmulas y, consecuentemente, las masas atómicas calculadas a partir de ellas.

La incorporación de los datos aportados por el espectrómetro de masas permitirá profundizar en el tema e introducir la idea de isótopo, y considerar, a partir de entonces, las masas atómicas como valores medios.

Otro de los temas en que deberá profundizarse es el de la determinación de fórmulas empíricas y moleculares, para lo que deberán realizarse ejercicios numéricos y problemas. Un aspecto que debe cuidarse es el enunciado de éstos y huir de redacciones excesivamente simplistas. Es aconsejable utilizar ejemplos de sustancias que tengan aplicaciones -o, al menos, las hayan tenido- en campos como la medicina, alimentación, industria, etc.



Un concepto que también deberá enseñarse en este tema es el de mol<sup>5</sup>, entendiéndolo como la unidad de cantidad de sustancia ligada a un número de partículas, así como el cálculo del número de moles de una sustancia, que se puede presentar en estado sólido, líquido, gaseoso o bien, en disolución. Esto último exige la introducción de la definición de molaridad.

En el desarrollo de la unidad, sería aconsejable la realización de algún trabajo práctico de laboratorio. Puede realizarse, desde alguno más sencillo, como la preparación de disoluciones de concentraciones determinadas, partiendo de sustancias sólidas o de otras más concentradas cuya molaridad es conocida o que deba previamente determinarse partiendo de los datos contenidos en la etiqueta del producto -riqueza y densidad-, hasta alguna pequeña investigación, como por ejemplo, la determinación de la fórmula del cloruro de cinc. Esta última práctica es sencilla de realizar en un laboratorio escolar y conduce a resultados numéricos lo suficientemente precisos para poder abordar con éxito la fórmula del compuesto tratado. Además, permite abordar técnicas de laboratorio usuales, como por ejemplo:

- la preparación de los reactivos, que supone utilizar la pesada para saber con exactitud la masa de cinc de la que se parte,
- la preparación de una disolución de concentración determinada, aunque el ácido clorhídrico tenga que estar en exceso,
- la separación del compuesto formado, una vez producida la reacción, ya que se encuentra disuelto.

Se pueden proponer diferentes tipos de actividades, como por ejemplo:

- Resolución de situaciones problemáticas susceptibles de resolverse en el laboratorio.
- Resolución de algún problema abierto, sin datos, que obligue a realizar un análisis del proceso químico y a elaborar una estrategia de resolución en la que se encuentren especificados los pasos que deberán efectuarse para dar esa solución.
- Realización de análisis crítico sobre algún texto histórico relacionado con los contenidos del tema (el papel de la química en la época alquimista, el ambiente correspondiente a la época de Dalton, el descubrimiento reciente de nuevos elementos químicos, etc.) o sobre la influencia o uso de éstos (la importancia del conocimiento de la fórmula en la síntesis de compuestos de aplicación en medicina, el uso de los isótopos, etc.).

Los resultados de estas actividades, como los de todas las que realicen los alumnos y las alumnas serán objeto de evaluación.

## ***Distribución temporal***

Partiendo de que el tiempo destinado a las cuatro unidades de Química es de 64 horas, a este tema sugerimos que se le dediquen aproximadamente 16 horas.

## ***Criterios de evaluación***

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta unidad son:

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la ela-

---

<sup>5</sup> Se debe considerar que es la primera vez que los alumnos y las alumnas lo estudian, ya que así aparece en los currículos oficiales del área de Ciencias de la Naturaleza de la E.S.O. y de la Física y Química del primer curso de Bachillerato.

boración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

- *Determinar masas atómicas a partir del análisis de los resultados producidos en reacciones químicas destinadas a este fin, así como determinar el número de moles presentes en una cierta cantidad de sustancia.*

Se trata con este criterio de conocer si las alumnas y alumnos son capaces de sacar conclusiones cuantitativas de experiencias, en las que se utilicen compuestos con interés en la vida real, ya sea porque se les haya aportado los datos de ellas, o porque se hayan realizado en el laboratorio. También se trata de saber si son capaces de calcular el número de moles de una determinada cantidad de sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso.

Además, se podrían añadir:

- Interpretar las observaciones macroscópicas con los distintos modelos microscópicos.
- Analizar los hechos principales en los que Dalton se basó para elaborar su teoría, así como aquellos que permitieron la evolución de la misma, valorando cómo contribuyó al desarrollo de la ciencia.

---

## El átomo y sus enlaces

### **Objetivos didácticos**

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Utilizar correctamente el concepto de modelo así como sus campos de validez.
- Analizar los hechos que desembocaron en el modelo de Bhor.
- Relacionar la estructura electrónica con el Sistema Periódico.
- Deducir el tipo de enlace de las sustancias a partir de sus propiedades físicas.

### **Dificultades de enseñanza y aprendizaje**

Algunas investigaciones didácticas (Solbes *et al.*, 1987) han puesto de manifiesto cómo los modelos atómicos se introducen de una forma desestructurada en la que simplemente se juxtaponen o incluso mezclan las concepciones clásicas (Thomson, Rutherford), precuánticas (Bohr, Sommerfeld) y cuánticas (Schrödinger). Esta introducción va, además, acompañada de graves errores conceptuales, como por ejemplo, que los orbitales son zonas del espacio alrededor del núcleo que los electrones pueden ocupar o no. En otras palabras, que los átomos están constituidos por un núcleo y orbitales que pueden estar ocupados o no por electrones (en resumen, el error del orbital “estantería”).

Para evitarlo, la estrategia didáctica más oportuna parece ser la de utilizar determinados modelos en los distintos niveles educativos, mostrando sus correspondientes limitaciones (es decir, los hechos que el modelo no puede explicar), asomándonos sólo al modelo que los explica y dejando para el curso posterior el tratamiento detallado de dicho modelo.

En concreto, se propone introducir en la ESO los modelos clásicos del átomo, explicar los enlaces mediante fuerzas eléctricas y clasificar las sustancias en función de los enlaces, atendiendo a sus propiedades. En primer curso de Bachillerato se introduce el modelo de distribución en capas y las ideas de Kössel y Lewis para explicar los enlaces, quedando el desarrollo de los postulados de Bohr y una introducción al modelo cuántico del átomo y sus enlaces para segundo curso de Bachillerato.

## **Contenidos. Sugerencia de actividades**

El estudio de la naturaleza corpuscular de la materia condujo a considerar ésta formada por partículas, y la teoría atómico-molecular estableció que los átomos eran indivisibles. En consecuencia, comenzar este bloque por el análisis de los resultados de hechos experimentales que cuestionan la supuesta indivisibilidad del átomo supone conectar con el anterior y permite, además, continuar viendo cómo se produce el crecimiento de la ciencia, a la vez que justifica el hilo conductor de la secuencia de los contenidos conceptuales.

El análisis de estos hechos experimentales conduce a la necesidad de pensar cuáles son las partículas que se encuentran en su interior, así como sus propiedades y distribución. La evidente imposibilidad de "ver" el átomo permite justificar la utilización de modelos, y comprender que todos ellos tienen un limitado campo de validez, lo que ayuda a mantener una actitud abierta con respecto a su posible modificación, y a consolidar la imagen no cerrada que sobre la naturaleza de la ciencia se desea transmitir.

Los modelos que se aconseja estudiar son los de Thomson, Rutherford y una aproximación al de Bohr, sin entrar en el desarrollo de sus postulados, dejando para cursos posteriores este desarrollo y el correspondiente a la mecánica cuántica.

El modelo de Thomson es interesante por su valor histórico y porque ayuda a comprender la trascendencia de los resultados obtenidos en la experiencia de Rutherford, que desembocó en el modelo que lleva su nombre, y que permite introducir el concepto de número atómico y número másico.

La consideración de la inestabilidad de este modelo, junto con las dificultades en la justificación de hechos experimentales observados, desembocan en la necesidad de cambiar de modelo, cuando exista un modelo mejor que lo sustituya.

La introducción del concepto de energía de ionización y el análisis de los valores experimentales de ésta en algunos átomos permite profundizar en el estudio de la corteza atómica, en la comprensión de una posible distribución de los electrones en capas y en la importancia de la más externa. También permitirá justificar la ordenación de los elementos que constituyen el Sistema Periódico corto y la regla del octeto.

A continuación, puede plantearse el problema de la unión entre átomos. Utilizando las estructuras de Lewis, que ofrecen una vía aproximada, pero muy útil, para abordar la descripción de la distribución de los electrones en las moléculas y la regla del octeto, pueden justificarse los modelos de enlace iónico y covalente, así como algunas de las propiedades de las sustancias que presentan estos tipos de enlaces. También puede introducirse la idea de enlace múltiple al estudiar algunas moléculas diatómicas, como la del oxígeno y la del nitrógeno. El estudio de algunas propiedades de sustancias formadas por moléculas que presentan enlaces covalentes entre sus átomos puede servir para introducir las fuerzas intermoleculares, fuerzas de Van del Waals, que permiten justificar el estado sólido de algunas sustancias formadas por moléculas con enlace covalente.

El valor anómalo, en principio, del punto de ebullición del agua que hace que ésta sea líquida, en condiciones ambientales, así como la disolución en agua de ciertas sustancias, permite introducir el enlace por puentes de hidrógeno, así como deducir la importancia de su existencia.

El estudio de esta Unidad puede servir para introducir la nomenclatura y formulación de los compuestos binarios utilizando las normas de la IUPAC, ya que permitiría justificar algunas de las fórmulas que se tratan. Lógicamente, para lograr que el alumnado llegue a familiarizarse con el lenguaje químico, deberán realizarse los ejercicios que se consideren convenientes, si bien se aconseja no excederse en el número de compuestos que se formulen.

En la cuestión referente a la formulación y nomenclatura de compuestos químicos, creemos que es importante adquirir la conciencia de que éste es un lenguaje que los alumnos y las alumnas deben dominar al finalizar la etapa; pero también, que este proceso debe realizarse de la forma que les resul-

te más sencilla, evitando una memorización de datos sin significado. Por ello, recomendamos el uso continuo de la Tabla Periódica en lugar de pedir la memorización de las *valencias* de los elementos.

Consideramos conveniente (Hernández y Palacín, 1993) introducir las reglas que permiten la formulación y nomenclatura de forma paulatina y cuando los nombres y fórmulas de los compuestos químicos ya sean familiares debido a la reiterada utilización que se ha venido realizando a lo largo de todo el proceso de enseñanza de la química.

## ***Distribución temporal***

Partiendo de la base de que la mayoría de los contenidos que aquí se tratan tendrá una continuidad mucho más profunda en el curso próximo, el tiempo estipulado para este tema es de 14 horas.

## ***Criterios de evaluación***

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta Unidad son los siguientes:

- *Justificar las sucesivas elaboraciones de modelos atómicos valorando el carácter abierto de la ciencia.*

Se pretende con este criterio conocer si el alumnado es capaz de identificar cuáles fueron los fenómenos relevantes para abandonar determinados modelos y adoptar otros, y de valorar la ciencia como un proceso dinámico, cambiante y sometido a continua revisión.

- *Ante el comportamiento que presentan ciertas sustancias, emitir hipótesis sobre el tipo de enlace que une sus átomos, diseñar experiencias que permitan contrastar dichas hipótesis y realizarlas.*

Se trata de comprobar si el alumnado es capaz de emitir hipótesis sobre el enlace que presentan algunas sustancias, como la sal, el azúcar, el benceno, etc., a la luz de su comportamiento, de diseñar experiencias para comprobar sus hipótesis, de dar al menos una explicación de su diseño y de utilizar correctamente el material del laboratorio para sus realización.

Además, se le pueden añadir:

- Describir las características fundamentales de los modelos tratados en la Unidad.
- Deducir el número de electrones de la última capa de un átomo a través de su situación en el Sistema Periódico.
- Describir los enlaces en distintas moléculas, utilizando diagramas de Lewis.
- Realizar comentarios de texto relacionados con la evolución de los modelos para explicar la estructura del átomo.

---

## Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas

### ***Objetivos didácticos***

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender que todas las reacciones químicas suceden con intercambios energéticos.
- Valorar la importancia del oxígeno en la vida.
- Utilizar toda la información que proporciona la correcta escritura de una reacción química.
- Resolver con cierta soltura ejercicios y problemas utilizando la estequiometría química.

- Conocer las aplicaciones de las reacciones de combustión, así como el efecto contaminante que producen.
- Realizar experiencias de laboratorio que permitan comprobar de forma experimental las relaciones de masa entre los reactivos y productos que intervienen en una reacción.

## ***Dificultades de enseñanza y aprendizaje***

La mayor dificultad de aprendizaje de este tema se encuentra en la realización de ejercicios y problemas relacionados con la estequiometría. Desde el punto de vista teórico, la dificultad se halla en la comprensión de lo que suponen las relaciones estequiométricas, especialmente en aquellas reacciones en las que existe exceso de reactivos.

En cuanto a las dificultades en la realización de cálculos, éstas son debidas, fundamentalmente, a que no han dominado el significado de una fórmula, o no han entendido que los números que anteceden a éstas son sólo relaciones.

Otra dificultad puede encontrarse en el ajuste de reacciones. Varios son los autores que han estudiado la relación que existe entre el nivel cognitivo de los estudiantes y la habilidad en el ajuste de reacciones químicas, encontrando que el método del número de oxidación requiere la utilización del pensamiento concreto, mientras que el ajuste por el método del ión-electrón o por tanteo requiere la utilización del pensamiento formal. Para buscar referencias sobre estos aspectos puede acudir al libro *"Procesos cognitivos en la comprensión de la Ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química"* de Pozo *et al.* (1991).

Por otra parte, lograr que los estudiantes alcancen un dominio de estas relaciones constituye un objetivo fundamental del curso, pues ello revertirá en el próximo, en el que el estudio de las reacciones constituye la base esencial. Ahora bien, para ello debe cuidarse especialmente la selección de los enunciados, ya que la reiteración de los mismos conduce a memorizar soluciones más que a resolver las diversas situaciones que pueden darse en los problemas. El manejo reiterado de algoritmos, fáciles de aplicar en la resolución de estos problemas, puede conducir a resolver ejercicios correctamente sin llegar a comprender el proceso químico surgido, lo cual no es positivo para obtener aprendizajes significativos de la Química. Por ello, la utilización de estos algoritmos debe postergarse hasta haber resuelto el número de ejercicios y problemas que se considere suficiente para llegar a un cierto dominio sobre la información que, desde el punto de vista teórico de los procesos químicos, tienen los datos que se aportan en los enunciados. Asimismo, se ha de llegar a un dominio en la utilización de los procedimientos adecuados para encontrar las soluciones a los ejercicios y problemas propuestos.

## ***Contenidos. Sugerencias de actividades***

En la primera de las unidades didácticas correspondientes a la Química, se manejó el concepto de reacción ligado a la transformación de unas sustancias en otras, justificando el hecho por la reordenación de los átomos o iones que forman parte de las moléculas o unidades formulares de los reactivos, lo que conduce a producir otras sustancias que se llaman genéricamente productos.

En la Unidad anterior se estudió el enlace químico, lo que permite ahora profundizar en el modelo de reacción, al relacionar la reordenación de los átomos o iones con la rotura de unos enlaces y la formación de otros.

Estas referencias permiten comenzar este bloque relacionándolo con los anteriores, lo que ayudará a que los conocimientos que se pretenden enseñar continúen formando parte de todo un mismo cuerpo coherente de conocimientos que favorezcan el aprendizaje.

En esta Unidad los contenidos más numerosos corresponden a los procedimientos que deben aprender los estudiantes y que les permitirán resolver ejercicios y problemas referidos a los cambios

materiales producidos en las reacciones químicas. Por ello, estos cambios materiales deben estudiarse en profundidad, ya que los alumnos deben comprender y ser capaces de manejar toda la información que proporciona la ecuación química para que, a partir de unos datos iniciales, puedan averiguar las cantidades de las sustancias presentes al final de la transformación.

El desarrollo de esta capacidad resulta esencial para poder abordar con éxito la mayor parte de los contenidos de la química que se estudiará en el próximo curso. Esto obliga a realizar un número conveniente de ejercicios y problemas numéricos, en los que se contemplen bastantes relaciones cuantitativas que se pueden presentar en las reacciones químicas. Por ello, deberán abordarse las diferentes situaciones de partida que pueden darse en las transformaciones químicas, lo cual conduce a que aparezcan la masa, el volumen en gases y las concentraciones en disoluciones; si bien, tal como se menciona en las orientaciones anteriores, es conveniente seleccionar adecuadamente el número y el tipo de ejercicios y problemas que deben proponerse, para tratar de lograr un aprendizaje lo más significativo posible.

Puede ser aconsejable comenzar con el planteamiento de un problema abierto, en el que no se aporten datos y que éstos deban ser requeridos por los propios alumnos y alumnas. Así, por ejemplo, el enunciado siguiente:

"Una reacción utilizada diariamente en la mayoría de las casas es la combustión del butano ( $C_4H_{10}$ ). Averigua la cantidad de oxígeno que se consume en la combustión de cada botella de butano, así como la cantidad de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) que se emite a la atmósfera."

El problema así enunciado facilita que los estudiantes tengan necesariamente que analizar el proceso que tiene lugar, antes de ir directamente a los cálculos matemáticos. La resolución les obliga, en primer lugar, a preguntarse por los datos mínimos que será necesario conocer para poder encontrar la solución y, después, desarrollar el camino para determinar las incógnitas solicitadas en el problema. El comentario sobre las posibles soluciones encontradas permite una discusión general sobre las diversas situaciones que pueden darse en los problemas que usualmente se plantean.

Estos, en la medida de lo posible, se acercarán a situaciones reales, lo que supondrá contemplar las cantidades con exceso de reactivos, el porcentaje en riqueza de algún mineral o la eficacia de un conjunto de reacciones en algún proceso industrial.

Además, los enunciados de estos problemas permitirán abordar contenidos de algunos de los temas conocidos como transversales, como puede ser el de la educación ambiental. Así, una actividad que permite abordar un tema como el de la lluvia ácida puede ser la siguiente:

"La lluvia ácida se debe a los óxidos de azufre y nitrógeno presentes en la atmósfera como consecuencia de procesos de combustión. El dióxido de azufre se oxida lentamente en la atmósfera para dar trióxido de azufre y éste se disuelve en las gotas de agua con formación de una disolución diluida de ácido sulfúrico. Supongamos que una central térmica de producción de energía eléctrica libera 5 Tm de  $SO_2$  por hora a la atmósfera. Un 1% de todo el  $SO_2$  producido en un día precipita en forma de ácido sulfúrico. ¿Cuántas toneladas de ácido sulfúrico se obtuvieron en forma de lluvia ácida?"

En cuanto a los aspectos energéticos, sólo se pretende que los estudiantes comprendan que los procesos químicos transcurren con un intercambio energético, que se justifica al aplicar el principio de conservación de la energía al modelo de reacción, ya que para romper enlaces es necesario aportar energía, mientras que en su formación se desprende. El balance global provocará que algunas reacciones necesiten absorber energía para poder producirse (endotérmicas), mientras otras la desprendan al producirse (exotérmicas). Esta parte deberá completarse comentando aplicaciones energéticas de las reacciones químicas.

Especialmente interesante en esta Unidad es abordar las reacciones de combustión ya que, además de poder aplicar las relaciones entre masas y volúmenes en gases, permite estudiar la utilidad

energética de las mismas. Por otra parte, el análisis de las combustiones que se producen en la vida cotidiana permite reflexionar sobre la gran cantidad de gases que diariamente se vierte a la atmósfera, con las consecuencias que sobre el medio ambiente tiene este hecho, especialmente el efecto invernadero provocado por el dióxido de carbono.

También puede abordarse algún ejercicio para incidir en otro de los temas transversales, la educación para la salud, que en este caso podría ser la búsqueda de dietas equilibradas.

Esta Unidad permite además incorporar la realización de actividades prácticas, lo que siempre facilita tratar las distintas etapas del trabajo científico. Así, puede plantearse alguna experiencia que permita comprobar el carácter endotérmico o exotérmico de alguna reacción química. También puede realizarse una comprobación experimental sobre las relaciones estequiométricas. La reacción entre el HCl y el  $\text{CaCO}_3$  puede ser de gran interés, ya que supone partir de una sustancia sólida y otra en disolución y obtener una gaseosa, lo que permite revisar varios de los conceptos tratados en el tema, además de recordar una de las técnicas más usuales en un laboratorio, la recogida de gases. Otro posible trabajo práctico que puede plantearse es el estudio de la estequiometría de la reacción entre el ácido clorhídrico y el magnesio. El procedimiento consiste en llenar una bureta con una disolución de clorhídrico, cuya concentración es conocida, e invertirla, de forma que permita su utilización para medir el volumen de hidrógeno formado, al reaccionar el ácido con un trozo de cinta de magnesio. La cinta debe situarse en la base y estar enganchada con un hilo de cobre al tapón que cierra la bureta, para asegurar que la reacción se produce hasta que ya no queda cinta. Si previamente se pesa el magnesio, la experiencia permite comprobar la estequiometría. La práctica también puede plantearse como una investigación consistente en determinar la masa de magnesio que ha reaccionado. En este último caso, la estequiometría sería, lógicamente, un dato conocido.

Otra posibilidad existente es la de plantear un problema basado en la determinación de la masa de una cantidad de magnesio a través de la reacción de este metal con el ácido clorhídrico.

## ***Distribución temporal***

Esta Unidad resulta esencial para lograr los conocimientos básicos que permitan abordar con garantías de éxito el estudio de la Química en el curso próximo y desarrollar el currículo de forma adecuada. En consecuencia, debe dedicársele el tiempo necesario para lograrlo, realizando los ejercicios, problemas, prácticas de laboratorio, etc., que se consideren procedentes. Por ello, el tiempo estimado para esta Unidad es de unas 20 horas.

## ***Criterios de evaluación***

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta Unidad son los siguientes:

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y las alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

- *Resolver ejercicios y problemas teóricos y aplicados, utilizando toda la información que proporciona la correcta escritura de una ecuación química.*

Se trata de comprobar que los estudiantes saben extraer de una ecuación química información sobre el estado físico de las sustancias, las relaciones entre moles, la energía de reacción, etc., y que saben deducir, a partir de ellas, la cantidad de los productos y reaccionantes que intervienen, sin que éstos se tengan que encontrar, necesariamente, en proporciones este-

quiométricas. Se utilizarán, en la medida de lo posible, ejemplos de reacciones que pueden realizarse en los laboratorios escolares y en distintos tipos de industrias.

Además, se podría añadir:

- Averiguar la energía intercambiada en un proceso químico a través de medidas experimentales.

## Introducción a la química del carbono

### **Objetivos didácticos**

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender las grandes posibilidades de combinación que presenta el átomo de carbono.
- Deducir las propiedades físicas de los compuestos orgánicos a partir de los enlaces presentes en las moléculas que los forman.<sup>6</sup>
- Comprender la importancia que la isomería tiene en esta parte de la química, y escribir las diferentes fórmulas desarrolladas de una molécula.
- Utilizar las reglas básicas de nomenclatura para formular y dar nombre a compuestos orgánicos.
- Valorar, en particular, la importancia económica del petróleo.

### **Dificultades de enseñanza y aprendizaje**

Dado el nivel que se pretende con esta unidad, no existen dificultades conceptuales importantes. Estas dependerán del grado de profundidad que se desee dar a la relación entre enlace y propiedades de las sustancias.

### **Contenidos. Sugerencias de actividades**

Con esta Unidad se comienza la química del carbono, por lo que conviene empezar reflexionando sobre la trascendencia de estos compuestos al comprobar que son constituyentes esenciales de los organismos vivos, así como sobre la importancia que tienen en la industria debido al empleo que de ellos se hace en la preparación de colorantes, bebidas alcohólicas, medicinas, etc. Se destacará cómo, a pesar de que el carbono no es de los elementos químicos más abundantes (menos del 0,1% de la corteza terrestre), sí lo son sus compuestos, como lo demuestra el hecho de que la mayor parte de los objetos que nos rodean pertenece a este tipo. También deberá plantearse por qué esta parte de la química se ha conocido como *orgánica* (estudio de sustancias procedentes de organismos vivos), para diferenciarla de la *inorgánica* (estudio de sustancias que no proceden de organismos vivos), clasificación propuesta por Berzelius en 1807, y que se mantiene en la actualidad, a pesar de que desde el momento en que Wöler obtuvo materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos, el carácter "vitalista" de la clasificación ya no tenía fundamento.

La existencia de gran cantidad de compuestos que contienen carbono se puede entender a través del estudio del carácter singular de su átomo, que permite justificar la existencia de enlaces múltiples y de cadenas de longitud variable y ramificadas. Así, se puede configurar el esqueleto de las moléculas orgánicas, que deben completarse con átomos de otros elementos, entre los que siempre se encuentra el hidrógeno. Esto sirve para introducir los hidrocarburos y permite presentar de forma lógica su clasificación.

<sup>6</sup> Este objetivo hace referencia a contenidos que no forman parte del currículo oficial.



La realización de ejercicios en los que deba escribirse la fórmula desarrollada de las moléculas a partir de la molecular permite introducir el concepto de isomería.

La escritura de estas moléculas debe dar paso a considerar la necesidad de disponer de una nomenclatura y, por tanto, a tratar el tema de la formulación de los compuestos orgánicos. Se recomienda utilizar las normas que permiten escribir fórmulas desarrolladas de hidrocarburos de un número de átomos no muy elevado.

Por otra parte, la formación de moléculas de hidrocarburos permite comprender que los enlaces entre los átomos son covalentes y, en consecuencia, los existentes entre las moléculas son enlaces debidos a las fuerzas de Van der Waals. De este modo se pueden explicar los valores de los puntos de fusión y ebullición de los hidrocarburos, así como su variación a medida que aumenta el número de átomos de carbono de la molécula. También permite justificar otras propiedades, como la solubilidad en agua.

Opcionalmente, puede presentarse la molécula de benceno, haciendo referencia a la hulla como la fuente natural principal de obtención de los hidrocarburos conocidos como aromáticos, nombre aplicado originalmente por su olor agradable y que todavía hoy se mantiene (aunque su característica común se encuentra relacionada con el concepto químico de estabilidad frente a las reacciones de adición). No se pretende profundizar en el estudio de estos compuestos, sino únicamente obtener una información sobre su existencia, la diferencia con los alifáticos, aprender a nombrar algunos de ellos y conocer sus aplicaciones. No obstante, este desarrollo es opcional ya que en el currículo oficial sólo se determina la nomenclatura y formulación de las funciones nombradas anteriormente.

A continuación, el estudio sobre la formación de enlaces con otros átomos conducirá a la idea de función orgánica y al concepto de isomería de función. De entre éstas se presentarán las funciones: alcohol, aldehído, cetona, ácido, éster, amina y amida. En la presentación de cada una de ellas, pueden ponerse actividades que sirvan para deducir cuáles pueden ser las propiedades físicas generales, a partir de los enlaces existentes, y se citarán las normas básicas que permiten formular y nombrar los compuestos de este tipo. Asimismo, es conveniente introducir cada función a partir de alguna sustancia que sea conocida por su aplicación en la vida real, para acercar el conocimiento químico al entorno. Así, en los alcoholes puede nombrarse el etanol y su aplicación en la obtención de bebidas a través del proceso de fermentación de los azúcares de ciertas frutas. En cuanto a los aldehídos y cetonas, puede señalarse la acetona por ser muy utilizada en la industria química como disolvente y en la obtención de lacas, seda artificial, pegamento, etc. Respecto a los ácidos, puede señalarse el acético por ser uno de los más importantes a nivel industrial, y por ser pieza fundamental para los seres vivos, que lo utilizan en la elaboración de moléculas más complejas. No obstante, este desarrollo es opcional ya que en el currículo oficial sólo se determina la nomenclatura y formulación de las funciones nombradas anteriormente.

Por último, se propone realizar un estudio más detallado sobre la fuente principal de obtención de los hidrocarburos alifáticos; el petróleo, tanto desde un punto de vista químico como económico. Una posible visita a una refinería serviría para completar esta parte. Si ello no fuese posible, la visualización de un vídeo puede ayudar a comprender el papel y funcionamiento de las refinerías.

En el desarrollo de esta Unidad, opcionalmente es conveniente la realización de algunos ejercicios, tales como la determinación de fórmulas moleculares partiendo de datos sobre el porcentaje de carbono e hidrógeno de la muestra, o el de encontrar la posible fórmula desarrollada a partir de datos estequiométricos.

## ***Distribución temporal***

La distribución temporal que se ha previsto para el desarrollo de esta Unidad es de 14 horas. Ahora bien, dado que presumiblemente ésta suele ser la última Unidad, sus posibilidades horarias están en relación con el cumplimiento de la distribución temporal de las otras unidades. Suele ser

práctica habitual dedicar más tiempo del programado a las primeras, con lo cual, la última termina no estudiándose o reduciendo considerablemente el tiempo programado para ella. Por eso, se recomienda que desde el comienzo del curso se tenga en cuenta esta situación y se haga un esfuerzo en cumplir la programación de todas las unidades.

### ***Criterios de evaluación***

Los criterios de evaluación del currículo oficial que hacen referencia a esta Unidad son los siguientes:

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y las alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

- *Valorar la importancia del carbono, señalando las principales razones que hacen de él un elemento imprescindible en los seres vivos y en la sociedad actual.*

Con este criterio se pretende comprobar si los estudiantes conocen la presencia del carbono en la mayor parte de los objetos que nos rodean, incluyendo los seres vivos. Si justifican esta presencia por el carácter singular que tienen sus átomos de unirse fácilmente consigo mismo y con otros, y si valoran el carbono por sus posibilidades tecnológicas, al permitir la fabricación de una gran cantidad de nuevos materiales.

Además, se podrían añadir:

- Escribir correctamente fórmulas desarrolladas de compuestos orgánicos.
- Detectar posibles isómeros.

## IV. Desarrollo de una Unidad didáctica

---

De entre las posibles unidades didácticas para ejemplificar hemos elegido ésta, LA TEORÍA ATÓMICO-MOLECULAR Y SU EVOLUCIÓN, por ser la primera de la programación de química y porque su desarrollo permite poner de manifiesto muchas de las orientaciones citadas en los apartados anteriores.

Por otra parte, se relaciona con unidades correspondientes a cursos precedentes y con los estudios posteriores que se hagan de esta materia, pues los conceptos contenidos en esta Unidad son imprescindibles para comprender la química y su objetivo esencial: la transformación de los materiales que la naturaleza nos ofrece.

Por tanto, antes del comienzo del estudio de esta Unidad se supone que los alumnos y las alumnas tienen ideas sobre los conceptos que a continuación mencionamos:

- Estados físicos en los que se presenta la materia.
- Naturaleza corpuscular de la materia.
- La clasificación desde el punto de vista de su composición química: sustancias<sup>7</sup> y mezclas.
- Diferencia entre elemento y compuesto.
- Concepto de reacción química.
- Ley de conservación de la masa.
- Teoría atómico-molecular.

Ahora bien, el hecho de conocer que esos contenidos han sido estudiados no es bastante para considerarlos suficientemente consolidados. Por este motivo, en la secuencia comenzamos con una revisión que consideramos necesaria para el buen éxito de la misión de lograr un aprendizaje significativo de los contenidos de la unidad.

---

Los alumnos y las alumnas, al final de esta Unidad, deberán ser capaces de:

- Comprender que la ciencia surge del conjunto de las aportaciones que van produciéndose a lo largo de la historia.
- Relacionar, de forma coherente, el comportamiento macroscópico constatado experimentalmente con la interpretación microscópica.
- Utilizar algunas de las técnicas usuales de laboratorio.

Objetivos  
didácticos

---

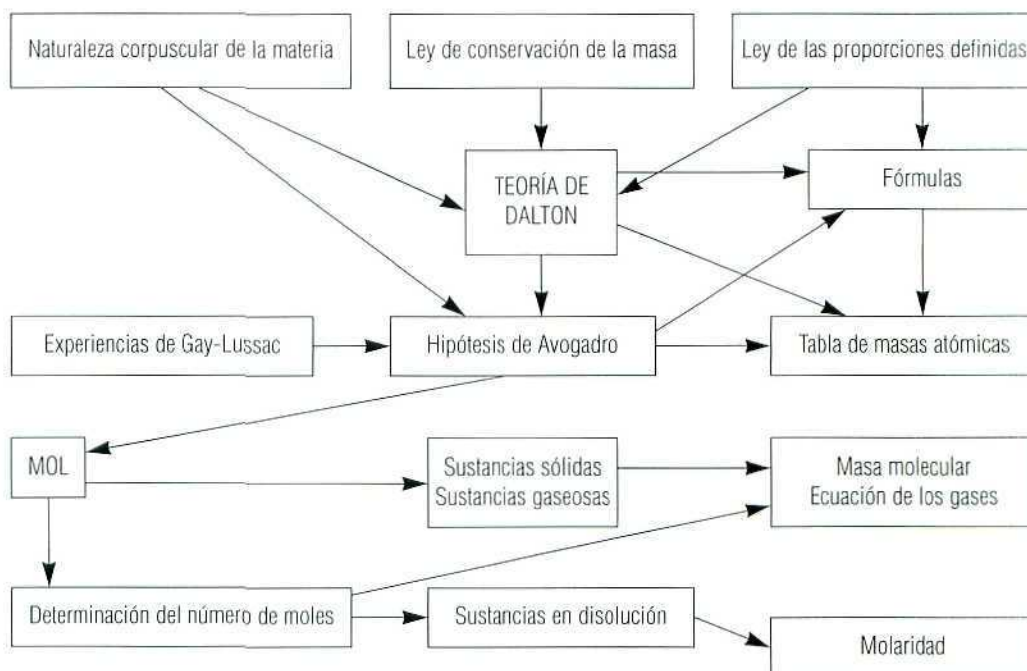
<sup>7</sup> A lo largo de la Unidad vamos a nombrar a las sustancias puras como sustancias, porque consideramos que el nombre de sustancias puras es redundante, ya que si la palabra mezcla implica la existencia de varias sustancias, el otro término de la clasificación (sustancia) ha de implicar, necesariamente, una sola.

- Saber manejar correctamente los conceptos de elemento, compuesto, sustancia y mezcla.
- Aplicar las leyes de la conservación de la masa y de las proporciones definidas a la resolución de ejercicios y problemas.
- Utilizar los datos procedentes de análisis cuantitativos para saber determinar fórmulas empíricas y moleculares.
- Preparar disoluciones determinadas a partir de otras de distinta concentración.
- Comprender el concepto de mol y calcular el número de moles presentes en una sustancia determinada.

## Contenidos

Como ya indicamos al hablar de esta Unidad didáctica en el apartado de "Programación", el hilo conductor elegido para la organización y secuencia de contenidos que la constituyen es el desarrollo histórico (de forma aproximada) de la teoría atómico-molecular. Por esta razón, proponemos comenzar recordando el modelo corpuscular de la materia y la ley de la conservación de la masa, procediendo al estudio de las proporciones definidas. Estos son los aspectos conceptuales principales que confeccionan el marco teórico en el que Dalton se basó para emitir su teoría. Ésta va a permitir introducir un concepto tan importante en química como el de masa atómica y los procedimientos para averiguarla. Estos procedimientos se basan en el conocimiento de las proporciones en masa de los elementos que forman el compuesto, y en la fórmula de éste. La interpretación de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac obligan a modificar algunas de las hipótesis, dando lugar a fórmulas distintas y, en consecuencia, a una nueva tabla de masas atómicas. La Unidad finaliza con la introducción de una nueva unidad necesaria para la química: *el mol*.

Un posible mapa conceptual que interpreta esta secuencia, sería:



Por tanto, los contenidos propuestos en esta Unidad son:

## Conceptos

1. Ley de las proporciones definidas.
2. Teoría de Dalton.
3. Hipótesis de Avogadro.
4. Determinación de masas atómicas.
4. Determinación de fórmulas empíricas.
5. Concepto de mol y su determinación.

## Procedimientos

1. Utilización de técnicas de laboratorio.
2. Realización de trabajos prácticos como pequeñas investigaciones.
3. Aplicación de las etapas del trabajo científico a la resolución de situaciones problemáticas.

## Actitudes

1. Reconocimiento de la importancia del conocimiento de la historia para entender la evolución de los conceptos científicos.
2. Toma de conciencia de la influencia de la Química en la forma de vida.
3. Necesidad del cumplimiento de unas normas de seguridad al trabajar en un laboratorio

100 | 100%

A continuación desarrollamos la Unidad, comenzando por la secuencia de actividades que se propone a los alumnos y alumnas. Posteriormente, se presentará la guía del profesor o profesora en la cual las actividades vendrán acompañadas de comentarios didácticos que permitan comprender los objetivos perseguidos, así como de las orientaciones necesarias para lograr que éstos se cumplan.

Desarrollo de  
la Unidad  
didáctica

## **Revisión y ampliación de la teoría atómico-molecular**

### Actividades para el alumnado

Si bien el interés por conocer cómo es la materia y cómo tienen lugar las transformaciones químicas, parte de la época de los griegos —como sucede en muchos de los conocimientos científicos—, hasta el siglo XIX no se dispuso de un marco teórico conceptual que fuese capaz de integrar los conocimientos que se tenían para formar una teoría. Esta teoría se debió a J. Dalton que partiendo del cuerpo de conocimientos que en los últimos años se había producido, estableció un modelo de materia que permite la caracterización de las sustancias en un nivel de descripción atómico-molecular y un concepto de cambio químico como redistribución de átomos que explicaba las leyes cuantitativas experimentalmente comprobadas.

El guión de los contenidos que vamos a estudiar en el tema es el siguiente:

1. Revisión de conceptos previos.
  - Elemento, compuesto y mezclas.

- Modelo corpuscular de la materia.
  - La ley de la conservación de la masa.
2. La ley de las proporciones definidas.
  3. La teoría atómico-molecular de Dalton.
  4. Evolución de la teoría de Dalton.
    - Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. Hipótesis de Avogadro.
    - Tabla de masas atómicas.
    - Fórmulas empíricas y su determinación experimental.
  5. El concepto de mol y el número de Avogadro.
  6. Cálculo del número de moles.
    - En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales.
    - En disoluciones. Concepto de Molaridad.

### Revisión de conceptos previos

La teoría atómico-molecular emitida por Dalton se confecciona a partir de un cuerpo de conocimientos que es necesario comprender. Las ideas básicas de ese cuerpo de conocimientos ya han sido estudiadas en cursos anteriores, pero conviene que hagamos una revisión que nos permita recordarlas, pues ello nos permitirá abordar su estudio con las suficientes garantías para entender las hipótesis que emitió Dalton y su evolución posterior.

- A.1.** Clasifica los materiales que se presentan en la naturaleza, tanto desde el punto de vista de su estado físico como de su composición química. Propón un mapa conceptual.

#### *Elemento, compuesto y mezcla*

A continuación, nos centraremos en la clasificación desde el punto de vista químico, tratando de dar una solución a la situación problemática que presentamos.

- A.2.** Emite una hipótesis fundamentada sobre el líquido contenido en el recipiente que se presenta.
- A.3.** Planifica experiencias que permitan comprobar la validez de la hipótesis emitida.
- A.4.** Analiza los resultados de las experiencias anteriores y extraer conclusiones respecto a la hipótesis inicialmente mencionada.
- A.5.** Planifica alguna experiencia que permita comprobar si el líquido del recipiente es una disolución acuosa.

El proceso seguido en la resolución del problema presentado en la actividad "A-2" nos ha permitido revisar el concepto de sustancia y el de mezcla. A continuación, lo haremos con el de elemento y compuesto.

- A.6.** El agua fue una de las primeras sustancias consideradas como elemento. Nombra, al menos, dos experiencias que permitan comprobar que se trata de un compuesto.

#### *Modelo corpuscular de la materia*

Otro de los conceptos que estudiaste hace referencia a la estructura de la materia. A continuación, abordamos unas actividades que pueden resolverse utilizando el modelo de materia elaborado en cursos precedentes.

- A.7.** Recuerda el modelo de un gas y aplícalo para justificar que:
- a) al apretar una jeringuilla tapada, llena de aire, es posible desplazar el émbolo hasta un límite;
  - b) al sacar una botella de cava del congelador puede explotar.
- A.8.** Justifica cómo es posible que un charco se seque a temperaturas bastantes inferiores a  $100^{\circ}\text{C}$ .
- A.9.** Cuando un trozo de un metal como el hierro se calienta, su volumen aumenta. Aplica el modelo corpuscular de la materia para justificarlo.

### **La Ley de la conservación de la masa**

Otro concepto estudiado en cursos anteriores ha sido el correspondiente a la relación entre las masas de los reactivos y productos en una reacción.

- A.10.** Cuando se introduce una aspirina efervescente en un recipiente que contiene agua se desprenden unas burbujas. Si pesamos el conjunto (recipiente con agua y aspirina) antes de echar la aspirina y después de haber "desaparecido" ésta ¿qué crees que pesará más. Si se hubiese tapado el recipiente inmediatamente después de echar la aspirina, ¿qué le habría pasado a las masas?
- A.11.** ¿Cómo justificas que al quemar una madera las cenizas pesen mucho menos? ¿Se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.12.** Al quemar un metal como el magnesio o el hierro la masa del producto resultante es superior a la del metal. Justifica por qué. ¿No se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.13.** Se queman 0,81 g de magnesio recogándose 1,34 g de cenizas. ¿Cuál es la masa de oxígeno que ha reaccionado con el magnesio?

### **Ley de las proporciones definidas**

Otra de las leyes que resultó básica para la interpretación de la química es la que se conoce como la de las proporciones definidas.

- A.14.** Se sabe que 2,0 g de una sustancia A es capaz de reaccionar totalmente con 2,5 g de otra B formando un único compuesto.
- a) Si disponemos de 1,5 g de la primera ¿cuántos gramos de la segunda crees que reaccionarán?
  - b) Si 10,0 g del compuesto se descomponen, ¿cuántos gramos de A y B podrían obtenerse?

Las respuestas a la actividad anterior ha supuesto aplicar implícitamente la llamada ley de las proporciones definidas, según la cual la relación entre las masas de los elementos que forman un compuesto es siempre una cantidad constante. A continuación vamos a plantear un trabajo práctico que permita demostrar experimentalmente la validez de la ley enunciada.

- A.15.** Deseamos demostrar que el cloruro de cinc cumple la ley de las proporciones definidas. Indica cuáles serán los datos que necesitaríamos conocer para demostrarlo.
- A.16.** Indica alguna experiencia de laboratorio que permita obtener los datos.
- A.17.** Procede a realizar la experiencia programada, analizando los resultados obtenidos.

A continuación se proponen ejercicios que permitan afianzar la ley estudiada.

- A.18.** (Opcional). Se hace reaccionar un elemento A con distintas cantidades de otro elemento B. Si las cantidades de las masas de combinación de estos elementos son:

	B (g)	A (g)
a)	1,25	0,60
b)	2,50	1,20
c)	1,25	0,30

¿Cuántos compuestos distintos se han formado? Justifica la respuesta.

- A.19.** 2,0 g de azufre reaccionan con 4,0 g de cobre para formar 6,0 g de sulfuro de cobre. Si se dispone de 3,0 g de azufre y 5,0 g de cobre, señalar cuál de las soluciones siguientes corresponde a la cantidad máxima de sulfuro de cobre (II).

a) 6,0 g   b) 6,5 g   c) 7,0 g   d) 7,5 g   e) 8,0 g

### La teoría atómico-molecular de Dalton.

Como hemos mencionado, a Dalton se debe la primera teoría que permite dar una explicación de cómo se producen las transformaciones químicas partiendo de un modelo corpuscular, y que es capaz de justificar las leyes cuantitativas conocidas experimentalmente.

Dalton confecciona su teoría enunciando varias hipótesis que podemos resumir de la forma siguiente:

1. La materia está formada por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos.
2. Los átomos son inmutables, es decir, que permanecen inalterados en todo proceso químico.
3. Los átomos de un mismo elemento químico son idénticos entre sí, pero distintos a los de cualquier otro elemento.
4. Los átomos de distintos elementos pueden unirse para formar "átomos compuestos", haciéndolo siempre en una relación de números entera y sencilla.

- A.20.** Aplica las hipótesis de Dalton para explicar que:

- a) La materia no es divisible hasta el infinito.
- b) La masa en las reacciones químicas se conserva.
- c) La proporción, en masa, de los elementos que forman un compuesto es un valor constante.

Una de las ideas fundamentales de la teoría de Dalton fue la de suponer que todos los átomos de un mismo elemento tenían la misma masa y ésta era, a su vez, distinta a la de cualquier otro, lo que produjo que se abriese una línea de investigación tendente a averiguar cuál sería la masa de los átomos de los elementos existentes.

- A.21.** Justifica por qué:

- a) No es posible medir directamente masas atómicas.
- b) La primera unidad de masa atómica que se definió correspondía a la masa de un átomo.

Una vez referida la unidad a la masa de uno de los átomos, la ley de las proporciones definidas proporcionaba la posibilidad de averiguar la masa de los demás; pero, para ello, era necesario conocer la fórmula correcta de los compuestos. Esto provocó que Dalton emitiese otra hipótesis que se ha llamado "de la máxima simplicidad", ya que señalaba que la fórmula más probable de los com-



puestos binarios era la que tenía la relación más sencilla entre el número de átomos que formaban la molécula, es decir, la 1:1.

- A.22.** Al descomponer agua puede comprobarse que la proporción entre las masas del hidrógeno y del oxígeno es 1,8. Aplica las ideas de Dalton para proponer la masa atómica del oxígeno.
- A.23.** Al descomponer 0,50 g de amoníaco (compuesto formado exclusivamente por nitrógeno y hidrógeno) se obtienen 0,41 g de nitrógeno. ¿Cuál será, según Dalton, la masa atómica de este elemento?
- A.24.** Propón una experiencia que permita determinar la masa atómica del hierro.

### **Evolución de la teoría de Dalton**

En repetidas ocasiones se ha comentado que la ciencia no puede ser algo cerrado, ya que los acontecimientos van provocando la constante evolución de las ideas, que son utilizadas en un momento determinado y que experiencias posteriores obligan a modificar. Los acontecimientos históricos que sucedieron en la época de Dalton son un claro ejemplo de esto. Vamos, a continuación, a analizar los resultados alcanzados en distintas experiencias que van a obligar a modificar las hipótesis de Dalton ya mencionadas.

#### **Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. La hipótesis de Avogadro.**

Gay-Lussac se dedicó a medir las relaciones volumétricas que se establecían en las reacciones químicas entre gases, logrando unos resultados que no podían ser justificados por la teoría de Dalton.

- A.25.** Una de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac es la que se produce entre el cloro y el hidrógeno para formar cloruro de hidrógeno. La relación que encontró fue que:

*1 volumen de cloro y 1 volumen de hidrógeno, en las mismas condiciones de presión y temperatura, reaccionaban para formar exactamente 2 volúmenes del producto.*

Demuestra que estos resultados son contradictorios con la teoría de Dalton.

La solución al problema generado por los datos experimentales obtenidos por Gay-Lussac se debió a Avogadro, el cual emitió la siguiente hipótesis:

*Volúmenes iguales de gases cualesquiera en las mismas condiciones de presión y temperatura contienen el mismo número de partículas.*

- A.26.** Propón alguna solución a las relaciones volumétricas expresadas basándose en la hipótesis de Avogadro.
- A.27.** (Opcional). Deduce la fórmula del agua y del amoníaco a partir de las relaciones volumétricas siguientes:

*1 vol. de nitrógeno y 3 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol. de amoníaco.*

*1 vol. de oxígeno y 2 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol. de agua.*

#### **Tabla de masas atómicas**

Como ya se ha estudiado, para determinar masas atómicas se comenzó por elegir una masa patrón y la tabla de estas masas se confeccionó a partir de los datos extraídos de experiencias en las que se podía conocer la relación entre las masas de los elementos que formaban un compuesto y la fórmula de éste. En consecuencia, al modificar algunas de las fórmulas que habían sido utilizadas en la elaboración de la tabla de masas atómicas surge una necesaria revisión de ésta.

- A.28.** Determina, a partir de los datos de la tabla adjunta, las masas atómicas de los elementos que aparecen en ella (tomando como unidad la masa de un átomo de hidrógeno).

Compuesto	Relación de masas	Fórmulas
Agua	1,00 : 8,00	H <sub>2</sub> O
Amoníaco	4,67 : 1,00	NH <sub>3</sub>
Monóxido de carbono	1,00 : 1,33	CO
Dióxido de azufre	1,00 : 1,00	SO <sub>2</sub>
Sulfuro de cobre	1,00 : 0,49	CuS

- A.29.** (Opcional). El fósforo reacciona con el oxígeno para formar un compuesto cuya fórmula es P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>. Si 0,248 g de P reaccionan dando 0,568 g de producto, determina la masa atómica del fósforo, tomando como dato la del oxígeno determinado en la actividad anterior.

A partir de 1920, gracias a la construcción de un aparato que se llamó espectrógrafo de masas, fue posible determinar masas atómicas con gran precisión. Uno de los primeros resultados que se lograron al introducir esta técnica, fue la comprobación de que no todos los átomos de un mismo elemento tienen la misma masa, ya que existen distintos valores posibles, recibiendo el nombre de **isótopos** los átomos que, perteneciendo al mismo elemento, tienen masas diferentes. Esto condujo a considerar la masa atómica del elemento como la media ponderada de todos los isótopos de un mismo elemento.

- A.30.** El hidrógeno presenta tres isótopos que reciben nombres diferentes. Busca en la bibliografía sus nombres y su abundancia relativa.

Asimismo, otro factor que hay que considerar para la elaboración de la tabla de masa atómicas es el cambio de la unidad que se produjo en 1960, al considerar a ésta la duodécima parte de uno de los isótopos del carbono. La masa asignada a éste fue 12,000 (<sup>12</sup>C).

- A.32.** El cobre natural está compuesto sólo de dos isótopos de masas atómicas 62,929 y 64,928 u (unidad de masa atómica). Sabiendo que la masa atómica del cobre es de 63,540 u, determina la abundancia relativa de cada isótopo.

### **Fórmulas empíricas y su determinación experimental**

El conocimiento de la fórmula de las sustancias es uno de los primeros datos que el químico necesita conocer para su posible utilización. Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac permiten, como hemos podido comprobar, determinarlas, pero únicamente para sustancias gaseosas, por lo que se hace necesario establecer algún otro procedimiento que permita averiguar las fórmulas de las que no se encuentran en ese estado.

- A.33.** Especifica claramente lo que significa que la fórmula del carbonato de calcio es CaCO<sub>3</sub> y extrae toda la información que se deduce de su conocimiento.
- A.34.** Deduce cuál de estos dos minerales que responden a las fórmulas Cu<sub>2</sub>S y CuSO<sub>4</sub> es más rico en cobre.

La elaboración de la tabla de masas atómicas permite averiguar las fórmulas de aquellas sustancias cuya composición cuantitativa es conocida.

- A.35.** Sabiendo las masas atómicas del hierro y del oxígeno, diseña una experiencia que permita averiguar la fórmula de una sustancia formada por esos dos elementos. Aplícala al caso de que se conozca que el porcentaje de hierro en la muestra es del 70%.

- A.36.** El ácido láctico que se forma en el cuerpo durante la actividad muscular consta del 40,00% de C, el 6,71% de H y el 53,29% de O. ¿Cuál es su fórmula más simple?
- A.37.** (Opcional). Un compuesto orgánico está constituido por carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando se produce la combustión completa de 1,570 g del mismo, se obtienen 3,000 g de dióxido de carbono y 1,842 g de agua. Calcula su fórmula más sencilla.
- A.38.** Numerosos trabajos innovadores se han propuesto para reducir la dependencia del hombre de los insecticidas clorados que pueden tener graves y prolongados efectos sobre los ecosistemas. Entre estos intentos está la esterilización de los insectos y los atrayentes sexuales químicos. Un atrayente sexual aislado de un insecto común fue identificado. El análisis de esta sustancia mostró que está compuesto de 73,42% de C, 10,27% de H y 16,30% de O. Determina la fórmula más sencilla posible de la sustancia.

### Concepto de mol y el número de Avogadro

Como ya sabemos la materia está formada por partículas, por lo que la unidad de la cantidad de sustancia contenida en una muestra puede venir determinada por el número de unidades elementales presentes en la muestra. Ahora bien, dada la extraordinaria pequeñez de las partículas componentes, el número existente es enormemente elevado, lo que obliga a definir una unidad que represente una cantidad significativa y nos permita conocer las unidades existentes sin tener que acudir a contarlas. Esta unidad de cantidad de sustancia recibe el nombre de **mol** y se define como la **cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de  $^{12}\text{C}$** ; estas entidades elementales pueden ser iones, electrones o grupos específicos de éstos, por lo que es necesario explicitarlo. Esta definición permite determinar el número de moles conociendo la composición de las partículas elementales que forman la sustancia y la masa.

- A.39.** ¿En cuál de estas muestras hay más cantidad de sustancia: a) 10 g de mármol ( $\text{CaCO}_3$ ) b) 10 g de sosa ( $\text{NaOH}$ ) y c) 10 g de cal ( $\text{CaO}$ )? Justifica la respuesta.

El número de partículas existentes en un mol fue determinado por distintos autores utilizando técnicas diversas, y tras varias modificaciones se ha aceptado que ese número corresponde a  $6,023 \times 10^{23}$  y se conoce como **número de Avogadro**.

- A.40.** Calcula el número de átomos de cada clase que hay en 2 g de mármol (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ).
- A.41.** (Opcional). Las moléculas de azufre en estado sólido están formadas por ocho átomos. Calcula a) el número de moles que hay en 21,8 g, b) los gramos que hay en 0,56 moles de moléculas de azufre, c) el número de átomos contenidos en 0,001 g de azufre.
- A.42.** (Opcional). Una gota de agua tiene una masa de 0,6 mg. Calcula el número de átomos presentes en la muestra. ¿Cuántos gramos de agua se necesitarán para disponer de mil millones de moléculas de agua?

### Cálculo del número de moles

Como ya hemos mencionado la unidad para expresar la cantidad de sustancia contenida en una muestra es el mol. Por tanto, averiguar esta cantidad supone determinar el número de moles existentes en ella. Ya hemos visto como es posible calcularlo cuando se conoce la masa de la muestra y la molecular. Sin embargo, cuando la sustancia se presenta en forma gaseosa o en disolución no se dispone, en general, de estos datos, por lo que hay que establecer otro mecanismo que nos permita calcularlo.

#### **En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales**

En las sustancias gaseosas, los datos más fáciles de conocer son la presión, el volumen y la temperatura, variables éstas que junto con el número de partículas caracterizan el estado del gas.

Como se ha estudiado en otras ocasiones, existe una relación entre estas variables dada por la ecuación  $PV/T = cte$ , constante que depende del número de partículas  $N$ . El valor de la constante se ha medido por distintos métodos, encontrándose el de  $0,082$  cuando la cantidad de sustancia existente es un mol, por lo que las unidades correspondientes son las de  $\text{atm}\cdot\text{l}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , representándose este valor por la letra  $R$ . Por tanto, la expresión de los gases adquiere la forma  $P\cdot V = n\cdot R\cdot T$ .

- A.43.** Calcula el volumen que ocupa un mol de cualquier gas en condiciones normales ( $0^\circ\text{C}$  y  $1\text{ atm}$  de presión).
- A.44.** Determina el número de moles de oxígeno y nitrógeno que hay en una habitación vacía.
- A.45.** Un balón de vidrio vacío pesa  $150,300\text{ g}$ . Se llena con oxígeno puro pesando, entonces,  $151,050\text{ g}$ . Se elimina el oxígeno y se vuelve a llenar con un gas desconocido en las mismas condiciones de presión y temperatura de oxígeno. El balón más el nuevo gas pesa ahora  $152,360\text{ g}$ . Calcula la masa molecular del gas desconocido.
- A.46.** (Opcional). Si la densidad de un gas en condiciones normales es de  $3,3\text{ g/l}$ , ¿cuál es su masa molecular?

#### ***En disoluciones. Concepto de molaridad***

Para finalizar el cálculo del número de moles vamos a estudiar el caso de que la sustancia se encuentre presente en una disolución, muy común en química.

- A.47.** Determina la cantidad de sustancia contenida en un volumen determinado en una disolución.
- A.48.** Calcula el número de moles de sal común existentes en  $150\text{ ml}$  de una disolución cuya concentración es de  $2,5\text{ g/l}$ .

Como sabemos, la concentración puede expresarse de formas distintas. Dado que el conocimiento del número de moles es un dato muy usual en química, se ha definido una forma de expresar la concentración referida a éste y que se denomina **molaridad**, definiéndose como el número de moles de la sustancia por cada litro de disolución.

- A.49.** Determina la molaridad de la disolución de la actividad A.48.

La preparación de disoluciones de una determinada molaridad es una de las actividades más usuales con las que se enfrenta un químico. Vamos, a continuación, a tratar el problema.

- A.50.** Indica lo que debe hacerse en el laboratorio para preparar una disolución  $2\text{ M}$  de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ).
- A.51.** El ácido clorhídrico concentrado corresponde a una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Utiliza los datos que aparecen en la etiqueta de una de las botellas del laboratorio para calcular su molaridad.
- A.52.** Señala lo que deberá hacerse, en el laboratorio, para preparar una disolución  $0,5\text{ M}$  de ácido clorhídrico.

A continuación presentamos la Unidad didáctica con comentarios didácticos y orientaciones dirigidas al profesorado. Las actividades opcionales no son esenciales para el desarrollo del programa de actividades. Su interés didáctico reside en que favorecen la adaptación de los materiales a la diversidad del alumnado. Se pueden utilizar como actividades alternativas o, si se desean, de evaluación.

## **Revisión y ampliación de la teoría atómico-molecular**

### **Material para el profesorado**

Si bien el interés por conocer cómo es la materia y cómo tienen lugar las transformaciones químicas parte de la época de los griegos –como sucede en muchos de los conocimientos científicos–, hasta el siglo XIX no se dispuso de un marco teórico conceptual que fuese capaz de integrar los conocimientos que se tenían para formar una teoría. Esta teoría se debió a J. Dalton que, partiendo del cuerpo de conocimientos que en los últimos años se había producido, estableció un modelo de materia que permite la caracterización de las sustancias en un nivel de descripción atómico-molecular y un concepto de cambio químico como redistribución de átomos que explicaba las leyes cuantitativas experimentalmente comprobadas.

El guión de los contenidos que vamos a estudiar en el tema es el siguiente:

1. Revisión de conceptos previos.
  - Elemento, compuesto y mezclas.
  - Modelo corpuscular de la materia.
  - La ley de la conservación de la masa.
2. La ley de las proporciones definidas.
3. La teoría atómico-molecular de Dalton.
4. Evolución de la teoría de Dalton.
  - Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. Hipótesis de Avogadro.
  - Tabla de masas atómicas.
  - Fórmulas empíricas y su determinación experimental.
5. El concepto de mol y el número de Avogadro.
6. Cálculo del número de moles.
  - En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales.
  - En disoluciones. Concepto de Molaridad.

### **Revisión de conceptos previos**

La teoría atómico-molecular emitida por Dalton se confecciona a partir de un cuerpo de conocimientos que es necesario comprender. Las ideas básicas de ese cuerpo de conocimientos ya han sido estudiadas en cursos anteriores, pero conviene que hagamos una revisión que nos ayude a recordarlas. Ello nos permitirá abordar su estudio con las suficientes garantías para entender las hipótesis que emitió Dalton y su evolución posterior.

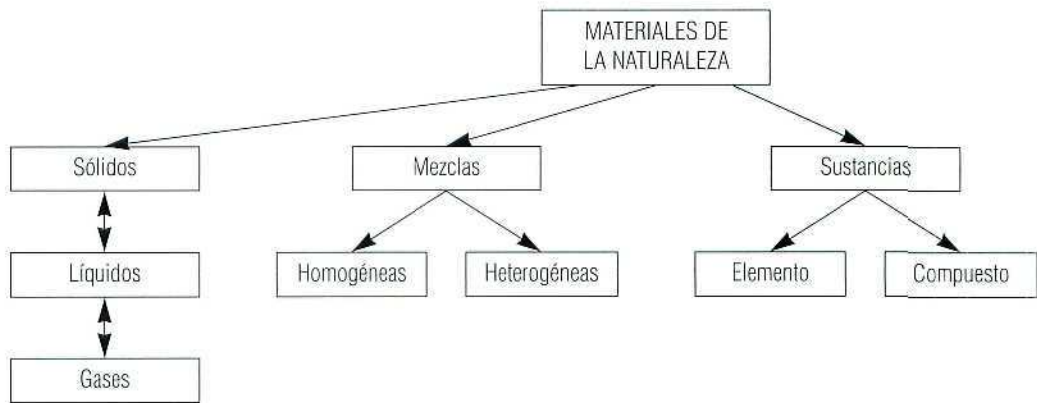
#### **COMENTARIOS**

*Dado que los contenidos conceptuales abordados en este punto han sido tratados en cursos anteriores, se proponer tratarlos a través de actividades que sean aplicaciones de los mismos. Esto nos permitirá averiguar si los conocimientos, supuestamente aprendidos, son significativos, ya que la diferencia esencial entre éstos y los considerados repetitivos o memorísticos se diferencian en su aplicación ante situaciones nuevas.*

- A.1.** Clasifica los materiales que se presentan en la naturaleza, tanto desde el punto de vista de su estado físico como de su composición química. Propón un mapa conceptual.

**COMENTARIOS A.1.**

Para responder a esta actividad los estudiantes deben recordar sus conocimientos sobre la cuestión que les planteamos. Es conveniente dejar el tiempo necesario para que respondan a la misma, ya que las respuestas emitidas nos permitirán conocer los conocimientos reales que poseen sobre el tema e incidir sobre aquellos que comprobemos que no recuerdan. La solicitud del mapa conceptual es conveniente ya que la realización del mismo es garantía de un conocimiento significativo, es evidente que cualquier mapa conceptual donde aparezcan los tres estados físicos en los que puede presentarse la materia, así como los conceptos de elemento, compuesto y mezcla debe ser considerado como válido. Un ejemplo de mapa conceptual podría ser el siguiente:



Si bien la mayor parte de los textos hacen la clasificación de los materiales en mezclas y sustancias puras, nosotros hemos suprimido la palabra "puras" por considerar que es una redundancia, ya que si la mezcla supone varias sustancias, el otro término ha de referirse, necesariamente, a una sola. Además, consideramos que el término "pura" puede llegar a ser conflictivo, ya que resulta casi imposible disponer de sustancias químicas que contengan el 100% de pureza.

**Elemento, compuesto y mezcla**

A continuación, nos centraremos en la clasificación desde el punto de vista químico, tratando de dar solución a la situación problemática que presentamos.

- A.2.** Emite una hipótesis fundamentada sobre el líquido contenido en el recipiente que se presenta.

**COMENTARIOS A.2.**

Para realizar esta actividad deberá prepararse previamente una disolución muy concentrada de sal en agua. Por tanto, el alumnado únicamente observará un líquido que, debido a su apariencia, señalará, con mucha probabilidad, que se trata de agua, ya que de entre los líquidos que conoce de esas propiedades es el agua, con mucho, el más y mejor conocido. La discusión de la fundamentación de la hipótesis debe conducir a recordar que las sustancias se caracterizan por propiedades como el color, olor, sabor—ello se utilizará para incidir en el peligro que puede suponer utilizar estas propiedades cuando se desconoce la sustancia—, pero éstas únicamente pueden ser útiles como datos que conducen a fundamentar la hipótesis.

- A.3.** Planifica experiencias que permitan comprobar la validez de la hipótesis emitida.

### COMENTARIOS A.3.

*Esta actividad permite recordar que las propiedades utilizadas para reconocer una sustancia son sus propiedades físicas, tales como los puntos de fusión y ebullición y la densidad, entre otras, y, en consecuencia, las experiencias que se planifiquen deberán dirigirse a la medida de éstas. Si se considera oportuno, pueden utilizarse las experiencias; por ello, la disolución preparada inicialmente debe estar muy concentrada para permitir obtener resultados que no ofrezcan dudas. En caso contrario, deberán darse resultados.*

- A.4.** Analiza los resultados de las experiencias anteriores y extrae conclusiones respecto a la hipótesis inicialmente mencionada.
- A.5.** Planifica alguna experiencia que permit comprobar si el líquido del recipiente es una disolución acuosa.

### COMENTARIOS A.4. Y A.5.

*El análisis de los resultados de A.4 conduce a la eliminación de la hipótesis inicial y, lógicamente, a la emisión de otra. Dadas las características externas observadas, ya comentadas, y los resultados de la experiencia, es lógico pensar que el líquido es una disolución acuosa. En consecuencia procede, ahora, recordar métodos de separación. En este caos, dado que se trata de una disolución acuosa, aparecerá la evaporación como el método más adecuado.*

El proceso seguido en la resolución del problema presentado en la actividad "A-2" nos ha permitido revisar el concepto de sustancia y el de mezcla. A continuación, lo haremos con el de elemento y compuesto.

- A.6.** El agua fue una de las primeras sustancias consideradas como elemento. Nombra, al menos, dos experiencias que permitan comprobar que se trata de un compuesto.

### COMENTARIOS A.6.

*La electólisis es el método más usual que suele mencionarse para demostrar que el agua es un compuesto; sin embargo, en la actividad se solicita al menos dos experiencias para forzar a considerar la síntesis de una sustancia como otra prueba válida. De hecho, históricamente la experiencia que permitió comprobar que el agua era un compuesto fue precisamente la reacción entre el oxígeno y el hidrógeno.*

### **Modelo corpuscular de la materia**

Otro de los conceptos que estudiaste hace referencia a la estructura de la materia. A continuación, abordamos unas actividades que pueden resolverse utilizando el modelo de materia elaborado en cursos precedentes.

- A.7.** Recuerda el modelo de un gas y aplícalo para justificar que:
  - a) al apretar una jeringuilla cerrada que contiene aire se reduce el volumen hasta un límite;
  - b) al sacar una botella de cava de la nevera puede llegar a explotar.
- A.8.** Justifica cómo es posible que un charco se seque a temperaturas bastantes inferiores a 100° C.
- A.9.** Cuando un trozo de un metal como el hierro se calienta, su volumen aumenta. Aplica el modelo corpuscular de la materia para justificarlo.

## COMENTARIOS

Con estas actividades se pretende que los alumnos y alumnas recuerden la estructura corpuscular de la materia a través de los modelos para los tres estados físicos. Por ello se han propuesto tres actividades en las que tengan que aplicarlos.

### La ley de la conservación de la masa

Otro concepto estudiado en cursos anteriores ha sido el correspondiente a la relación entre las masas de los reactivos y productos en un reacción.

- A.10.** Cuando se introduce una aspirina efervescente en un recipiente que contiene agua se desprende unas burbujas. Si pesamos el conjunto (recipiente con agua y aspirina) antes de echar la aspirina y después de haber "desaparecido" ésta, ¿qué crees que pesará más. Si se hubiese tapado el recipiente inmediatamente después de echar la aspirina, ¿qué le habría pasado a las masas?
- A.11.** ¿Cómo justificas que al quemar una madera las cenizas pesen mucho menos? ¿Se cumple la ley de la conservación de la masa?
- A.12.** Al quemar un metal como el magnesio o el hierro la masa del producto resultante es superior a la del metal. Justifica por qué. ¿No se cumple la ley de la conservación de la masa?

## COMENTARIOS

En este caso se han buscado situaciones conflictivas, aparentemente contradictorias con la ley de la conservación de la masa, al intervenir en todos los casos los gases. En la primera se produce una disminución de masa de los productos, si no se tapa convenientemente el recipiente. La segunda responde a un hecho muy conocido y la A.12 corresponde a una situación que es contraria a la mayoría de las observaciones de estas características que están acostumbrados a observar. A continuación se propone un ejercicio de aplicación que permita el afianzamiento de la ley estudiada.

- A.13.** Se queman 0,81 g de magnesio recogiendo 1,34 g de cenizas. ¿Cuál es la masa de oxígeno que ha reaccionado con el magnesio?

### Ley de las proporciones definidas

Otra de las leyes que resultó básica para la interpretación de la química es la que se conoce como la de las proporciones definidas.

- A.14.** Se sabe que 2,0 g de una sustancia A es capaz de reaccionar totalmente con 2,5 g de otra B formando un único compuesto.
- a) Si disponemos de 1,5 g de la primera ¿cuántos gramos de la segunda crees que reaccionarán?
- b) Si 10,0 g del compuesto se descomponen, ¿cuántos gramos de A y B podrían observarse?

Las respuestas a la actividad anterior han supuesto aplicar implícitamente la llamada ley de las proporciones definidas, según la cual la relación entre las masas de los elementos que forman un compuesto es siempre una cantidad constante. A continuación vamos a plantear un trabajo práctico que permita demostrar experimentalmente la validez de la ley enunciada.

- A.15.** Deseamos demostrar que el cloruro de cinc cumple la ley de las proporciones definidas. Indica cuáles serán los datos que necesitaríamos conocer para demostrarlo.
- A.16.** Indica alguna experiencia de laboratorio que permita obtener los datos.
- A.17.** Procede a realizar la experiencia programada, analizando los resultados obtenidos.



## COMENTARIOS

Con estas tres actividades se trata de plantear un trabajo de laboratorio en el que el alumnado practique algunas de las etapas del trabajo científico. En la A.15 se pretende que aplique el cuerpo de conocimiento sobre la ley; es decir, deberá responder que los datos necesarios son las masas de cloro y de cinc que se combinan para formar el compuesto. En la A.16 es suficiente si señala que debe procederse a combinar dos sustancias que reaccionen para formar el cloruro de cinc o proceder a una descomposición de distintas muestras de este producto. La contestación más habitual, entre el alumnado, es proponer la reacción directa entre el cloro y el cinc. Si es así deben comentarse las dificultades que esta reacción presenta para realizarla en el laboratorio escolar, lo que conduce a buscar otra. Esta discusión permite justificar la propuesta de realizar la reacción entre el ácido clorhídrico y el cinc, discutiendo los aspectos técnicos que deberán seguirse hasta obtener los datos que hemos comentado como necesarios para resolver el problema.

Dado que son necesarias varias experiencias es aconsejable que cada grupo de alumnos o alumnas parta de una cantidad distinta de cinc y que el análisis de resultados se realice de forma conjunta con los obtenidos por todos los grupos. La cantidad de cinc utilizada puede fluctuar entre 0,5 g y 3,5 g, mientras que el HCl utilizado suele ser 2 M, previamente preparado.

Al realizar la experiencia es conveniente tener presente algunas consideraciones. En primer lugar, la de realizarla en vitrina. Si no es posible deberá hacerse con la habitación bien aireada y con la precaución de no utilizar mucho exceso de clorhídrico. Cuando se produce el cloruro de cinc no debe seguir calentándose porque se volatiliza. Es conveniente pasarlo inmediatamente a un desecador —el producto formado toma agua de la atmósfera— y si no se dispone de éste es preferible pesar rápidamente.

A continuación se proponen ejercicios que permiten afianzar la ley estudiada.

- A.18.** (Opcional). Se hace reaccionar un elemento A con distintas cantidades de otro elemento B. Si las cantidades de las masas de combinación de estos elementos son:

	B (g)	A (g)
a)	1,25	0,60
b)	2,50	1,20
c)	1,25	0,30

¿Cuántos compuestos distintos se han formado? Justifica la respuesta.

- A.19.** 2,0 g de azufre reaccionan con 4,0 g de cobre para formar 6,0 g de sulfuro de cobre. Si se disponen de 3,0 g de azufre y 5,0 g de cobre, señala cuál de las soluciones siguientes corresponde a la cantidad máxima de sulfuro de cobre (II) que se podrá obtener.

a) 6,0 g   b) 6,5 g   c) 7,0 g   d) 7,5 g   e) 8,0 g

## COMENTARIOS

Las dos actividades propuestas pretenden constatar si los estudiantes han entendido el significado químico de la Ley. La A.19 presenta una situación cuya respuesta requiere un análisis previo de los datos que se ofrecen y pretende oponerse a la rutina con la que suelen presentarse muchos de los ejercicios de esta parte.

## La teoría atómico-molecular de Dalton.

Como hemos mencionado, a Dalton se debe la primera teoría que permite dar una explicación de cómo se producen las transformaciones químicas partiendo de un modelo corpuscular, y que es capaz de justificar las leyes cuantitativas conocidas experimentalmente.

Dalton confecciona su teoría enunciando varias hipótesis que podíamos resumir de la forma siguiente:

1. La materia está formada por partículas diminutas e indivisibles llamadas átomos.
2. Los átomos son inmutables, es decir, que permanecen inalterados en todo proceso químico.
3. Los átomos de un mismo elemento químico son idénticos entre sí, pero distintos a los de cualquier otro elemento.
4. Los átomos de distintos elementos pueden unirse para formar "átomos compuestos", haciéndolo siempre en una relación de números entera y sencilla.

**A.20.** Aplica las hipótesis de Dalton para explicar que:

- a) La materia no es divisible hasta el infinito.
- b) La masa en las reacciones químicas se conserva.
- c) La proporción, en masa, de los elementos que forman un compuesto es un valor constante.

Una de las ideas fundamentales de la teoría de Dalton fue la de suponer que todos los átomos de un mismo elemento tenían la misma masa y ésta es, a su vez, distinta a la de cualquier otro. Esto produjo que se abriese una línea de investigación tendente a averiguar cuáles serían las masas de los átomos de los elementos existentes.

**A.21.** Justifica por qué:

- a) No es posible medir directamente masas atómicas.
- b) La primera unidad de masa atómica que se definió correspondía a la masa de un átomo.

Una vez referida la unidad a la masa de uno de los átomos, la ley de las proporciones definidas proporcionaba la posibilidad de averiguar la masa de los demás; pero para ello, era necesario conocer la fórmula correcta de los compuestos. Esto provocó que Dalton emitiese otra hipótesis que se ha llamado **de la máxima simplicidad**, ya que señalaba que la fórmula más probable de los compuestos binarios era la que tenía la relación más sencilla entre el número de átomos que formaban la molécula; es decir, la 1:1.

#### **COMENTARIOS A.21.**

*El objetivo de esta actividad es provocar una reflexión de los estudiantes sobre los conceptos previos que son necesarios comprender para poder entender los procesos que van a conducir a la elaboración de la tabla de masas atómicas.*

- A.22.** Al descomponer agua puede comprobarse que la proporción entre las masas del hidrógeno y del oxígeno es 1,8. Aplica las ideas de Dalton para proponer la masa atómica del oxígeno.
- A.23.** (Opcional). Al descomponer 0,50 g de amoníaco (compuesto formado exclusivamente por nitrógeno e hidrógeno) se obtienen 0,41 g de nitrógeno. ¿Cuál será, según Dalton, la masa atómica de este elemento?

#### **COMENTARIOS A.22 Y A.23**

*Antes de dejar que los estudiantes realicen estas dos actividades es conveniente explicar detenidamente la información dada previamente, por la que a partir del conocimiento de la relación entre las masas de los elementos que forman el compuesto, y la fórmula considerada de éste, es posible medir masas atómicas. A continuación no les debe ser difícil proponer como masas atómicas para el oxígeno y el nitrógeno las de 8 y 4,66 u que corresponden a las que propuso el propio Dalton.*

*En la resolución de estas cuestiones no es aconsejable la utilización de “reglas de tres” –método matemático utilizado en muchos textos para resolver una gran cantidad de ejercicios y problemas de química– ya que es una forma de ocultar el nivel conceptual de la cuestión. Debe realizarse utilizando las proporciones deducidas de los datos ofrecidos en los ejercicios en cuestión.*

**A.24.** (Opcional). Propón una experiencia que permita determinar la masa atómica del hierro.

#### COMENTARIOS **A.24**

*Con esta actividad se pretende comprobar si han entendido el proceso seguido en la determinación de la tabla de masas atómicas, en donde se trataba de conocer la relación entre las masas de los elementos y la fórmula de la que en principio se partía (la más sencilla posible). En este caso se trataría de que el alumnado propusiese una experiencia en donde se oxidase una masa determinada de hierro hasta obtener el óxido. Pesando éste puede calcularse la masa de oxígeno que habrá reaccionado con el hierro, dato que permitirá deducir la masa atómica del hierro, (la del oxígeno ya era conocida).*

## Evolución de la teoría de Dalton

En repetidas ocasiones se ha comentado que la ciencia no puede ser algo cerrado, ya que los acontecimientos van provocando la constante evolución de las ideas, que son utilizadas en un momento determinado y que experiencias posteriores obligan a modificar. Los acontecimientos históricos que sucedieron en la época de Dalton son un claro ejemplo de esto. Vamos, a continuación, a analizar los resultados alcanzados en distintas experiencias que van a obligar a modificar las hipótesis de Dalton ya mencionadas.

### **Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac. La hipótesis de Avogadro**

Gay-Lussac se dedicó a medir las relaciones volumétricas que se establecían en las reacciones químicas entre gases, logrando unos resultados que no podían ser justificados por la teoría de Dalton.

**A.25.** Una de las relaciones volumétricas encontradas por Gay-Lussac es la producida entre el cloro y el hidrógeno para formar cloruro de hidrógeno. La relación que encontró fue que:

*1 volumen de cloro y 1 volumen de hidrógeno, en las mismas condiciones de presión y temperatura, reaccionaban para formar exactamente 2 volúmenes del producto.*

Demuestra que estos resultados son contradictorios con la teoría de Dalton.

La solución al problema generado por los datos experimentales obtenidos por Gay-Lussac se debió a Avogadro, el cual emitió la siguiente hipótesis: “*Volúmenes iguales de gases cualesquiera en las mismas condiciones de presión y temperatura contienen el mismo número de partículas*”.

**A.26.** Propón alguna solución a las relaciones volumétricas expresadas basándose en la hipótesis de Avogadro.

#### COMENTARIOS **A.25** Y **A.26**

*Para resolver la actividad es aconsejable recordar la relación entre las distintas variables que sirven para determinar el estado de un gas. Esto permitirá relacionar el volumen con el número de partículas y comprender la imposibilidad de aceptar estos resultados experimentales, utilizando las hipótesis de Dalton ya que, según éstas, una partícula de cloro (Cl) y una de hidrógeno deberían dar una sola de cloruro de hidrógeno (HCl). La solución permite introducir el concepto de molécula diatómica.*

**A.27.** (Opcional). Deduce la fórmula del agua y del amoníaco a partir de las relaciones volumétricas siguientes:

1 vol. de nitrógeno y 3 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de presión y temperatura, 2 vol. de amoníaco.

1 vol. de oxígeno y 2 vol. de hidrógeno forman, en las mismas condiciones de P y T, 2 vol. de agua.

### Tabla de masas atómicas

Como ya se ha estudiado, la determinación de masas atómicas se realizó a partir de los datos extraídos de experiencias en las que se podía conocer la relación entre las masas de los elementos que formaban un compuesto y la fórmula de éste. En consecuencia, al modificar algunas de las fórmulas que habían sido utilizadas en la elaboración de la tabla de masas atómicas surge una necesaria revisión de ésta.

- A.28.** Determina a partir de los datos de la tabla adjunta, las masas atómicas de los elementos que intervienen en ella (tomando como unidad la masa de un átomo de hidrógeno).

Compuesto	Relación de masas	Fórmulas
Agua	1,00 : 8,00	H <sub>2</sub> O
Amoníaco	4,67 : 1,00	NH <sub>3</sub>
Monóxido de carbono	1,00 : 1,33	CO
Dióxido de azufre	1,00 : 1,00	SO <sub>2</sub>
Sulfuro de cobre	1,00 : 0,49	CuS

- A.29.** (Opcional). El fósforo reacciona con el oxígeno para formar un compuesto cuya fórmula es P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>. Si 0,248 g de P reaccionan dando 0,568 g de producto, determina la masa atómica del fósforo, tomando como dato la del oxígeno determinado en la actividad anterior.

A partir de 1920, gracias a la construcción de un aparato que se llamó **espectrógrafo de masas**, fue posible determinar masas atómicas con gran precisión. Uno de los primeros resultados que se lograron al introducir esta técnica, fue la comprobación de que no todos los átomos de un mismo elemento tienen la misma masa, ya que existen distintos valores posibles, recibiendo el nombre de **isótopos** los átomos que, perteneciendo al mismo elemento, tienen masas diferentes. Esto condujo a considerar la masa atómica del elemento como la media ponderada de todos los isótopos de un mismo elemento.

- A.30.** El hidrógeno presenta tres isótopos que reciben nombres diferentes. Busca en la bibliografía sus nombres y su abundancia relativa.

Asimismo, otro factor que hay que considerar para la elaboración de la tabla de masa atómicas es el cambio de la unidad que se produjo en 1960, al considerar a ésta la duodécima parte de uno de los isótopos del carbono. La masa asignada a éste fue 12,0000 (<sup>12</sup>C).

- A.32.** El cobre natural está compuesto sólo de dos isótopos de masas atómicas 62,929 y 64,928 u. Sabiendo que la masa atómica del cobre es de 63,540 u, determina la abundancia relativa de cada isótopo.

### Fórmulas empíricas y su determinación experimental

El conocimiento de la fórmula de las sustancias es uno de los primeros datos que el químico necesita conocer para su posible utilización. Las relaciones volumétricas de Gay-Lussac permiten, como hemos podido comprobar, determinarlas, pero únicamente para sustancias gaseosas, por lo que se hace necesario establecer algún otro procedimiento que permita averiguar las fórmulas de las que no se encuentran en ese estado.

- A.33.** Especifica claramente lo que significa que la fórmula del carbonato de calcio es  $\text{CaCO}_3$  y extrae toda la información que se deduce de su conocimiento.

#### COMENTARIOS A.33

*Por lo estudiado hasta ahora el alumnado debe comprender que la fórmula supone conocer la relación entre los átomos que constituyen la molécula del compuesto y, como ya conocen la masa atómica, la relación puede también establecerse en masa, lo que permite determinar el porcentaje de cada uno de los elementos presentes en el compuesto. Esto será muy útil para la realización de ejercicios numéricos. En el caso del carbonato de calcio, al ser la masa molecular 100, es fácil deducir el porcentaje de oxígeno (48%), carbono (12%) y calcio (40%).*

- A.34.** Deduce cuál de estos dos minerales que responden a las fórmulas  $\text{Cu}_2\text{S}$  y  $\text{CuSO}_4$  es más rico en cobre.

La elaboración de la tabla de masas atómicas permite averiguar las fórmulas de aquellas sustancias cuya composición cuantitativa es conocida.

- A.35.** Sabiendo las masas atómicas del hierro y del oxígeno, diseña una experiencia que permita averiguar la fórmula de una sustancia formada por esos dos elementos. Aplícala al caso de que se conozca que el porcentaje de hierro en la muestra es del 70%.

#### COMENTARIOS A.35

*Partiendo de que una fórmula es la relación entera más sencilla existente entre los átomos que forman la molécula, es fácil entender los pasos que deberán realizarse para alcanzarla. Éstos consistirán en convertir la relación entre masas en relación entre número de átomos, dividiendo el dato por la masa atómica de cada uno de los elementos. A continuación debe buscarse una misma relación matemática que contenga todos los números enteros, y que éstos, a su vez, sean los menores posibles, por lo que procede dividir por el menor y, en caso de que no fuesen ya enteros, multiplicar todos ellos por el mismo número hasta lograrlo.*

- A.36.** El ácido láctico que se forma en el cuerpo durante la actividad muscular consta del 40,00% de C, el 6,71% de H y el 53,29% de O. ¿Cuál es su fórmula más simple?
- A.37.** Un compuesto orgánico está constituido por carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando se produce la combustión completa de 1,570 g del mismo, se obtienen 3,000 g de dióxido de carbono y 1,842 g de agua. Calcula su fórmula más sencilla.
- A.38.** Numerosos trabajos innovadores se han propuesto para reducir la dependencia del hombre de los insecticidas clorados que pueden tener graves y prolongados efectos sobre los ecosistemas. Entre estos intentos está la esterilización de los insectos y los atrayentes sexuales químicos. Un atrayente sexual aislado de un insecto común fue identificado. El análisis de esta sustancia mostró que está compuesto de 73,42% de C, 10,27% de H y 16,30% de O. Determina la fórmula más sencilla posible de la sustancia.

## Concepto de mol y el número de Avogadro

Como ya sabemos la materia está formada por partículas, por lo que la unidad de la cantidad de sustancia contenida en una muestra puede venir determinada por el número de unidades elementales presentes en la muestra. Ahora bien, dada la extraordinaria pequeñez de las partículas componentes, el número existente es enormemente elevado, lo que obliga a definir una unidad que represente una cantidad significativa que nos permita conocer las unidades existentes sin tener que acudir a contarlas. Esta unidad de cantidad de sustancia recibe el nombre de mol y se define como La cantidad de sustancia que contiene tantas unidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de  $^{12}\text{C}$ . Esta definición permite determinar el número de moles conociendo la composición de las partículas elementales que forman la sustancia y la masa.

- A.39.** ¿En cuál de estas muestras hay más cantidad de sustancia: a) 10 g de mármol ( $\text{CaCO}_3$ ) b) 10 g de sosa ( $\text{NaOH}$ ) y c) 10 g de cal ( $\text{CaO}$ )? Justifica la respuesta.

#### COMENTARIOS **A.39**

*El aspecto más importante de esta actividad es que el alumnado comprenda que el mol es la unidad de cantidad de sustancia. Salimos así al paso de errores que aparecen en algunos libros de texto que lo definen como un número, o en otros en los que la cantidad de materia la relacionan con otras magnitudes, especialmente la masa. Esta actividad presenta otro aspecto en el que la experiencia nos dice que debemos incidir, y es el hecho de utilizar correctamente la masa molecular en los elementos que, como el hidrógeno y el oxígeno, son diatómicos.*

El número de partículas existentes en un mol fue determinado por distintos autores utilizando técnicas diversas, y tras varias modificaciones se ha aceptado que ese número corresponde a  $6,023 \times 10^{23}$  y se conoce como número de Avogadro.

- A.40.** Calcula el número de átomos de cada clase que hay en 2 g de mármol (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ).
- A.41.** (Opcional). Las moléculas de azufre en estado sólido están formadas por ocho átomos. Calcula a) el número de moles que hay en 21,8 g, b) los gramos que hay en 0,56 moles de moléculas de azufre, c) el número de átomos contenidos en 0,001 g de azufre.
- A.42.** (Opcional). Una gota de agua tiene una masa de 0,6 mg. Calcula el número de átomos presentes en la muestra. ¿Cuántos gramos de agua se necesitarán para disponer de mil millones de moléculas de agua?

#### Cálculo del número de moles

Como ya hemos mencionado la unidad para expresar la cantidad de sustancia contenida en una muestra es el mol. Por tanto, averiguar esta cantidad supone determinar el número de moles existentes en ella. Ya hemos visto como es posible calcularlo cuando se conoce la masa de la muestra y la molecular. Sin embargo, cuando la sustancia se presenta en forma gaseosa o en disolución no se dispone, en general, de estos datos, por lo que hay que establecer otro mecanismo que nos permita calcularlo.

#### *En sustancias gaseosas. La ley de los gases ideales*

En las sustancias gaseosas los datos más fáciles de medir corresponden a la presión, el volumen y la temperatura, variables éstas que, junto con el número de partículas, caracterizan el estado del gas. Como ya se ha estudiado, estas variables están relacionadas por la ecuación  $PV/T = \text{cte}$ , constante que depende del número de partículas  $N$ . El valor de esta constante se ha medido por distintos métodos, obteniéndose el valor de 0,082 cuando la cantidad de sustancia existente es un mol, por lo que las unidades correspondientes son las de  $\text{atm.l.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

- A.43.** Calcula el volumen que ocupa un mol de cualquier gas en condiciones normales ( $0^\circ \text{C}$  y 1 atm de presión).
- A.44.** Determina el número de moles de oxígeno y nitrógeno que hay en una habitación vacía.

#### COMENTARIOS

*El enunciado de esta actividad corresponde a un problema abierto en el que los datos no constituyen un "a priori", sino que deben ser solicitados por los estudiantes una vez analizado éste. De esta forma, su resolución constituye una pequeña investigación al tener que comenzar planteándose el problema y emitir una hipótesis. En este caso, el planteamiento del problema supone partir de la base de que en la habitación vacía hay aire, mezcla gaseosa formada principalmente por oxígeno y*

nitrógeno. El conocimiento sobre los gases permite señalar, a nivel de hipótesis, que el número de moles dependerá del volumen y de las condiciones de presión y temperatura. La estrategia de resolución consistirá en utilizar la ecuación de los gases. La aplicación de ésta permite determinar el número total de moles presentes. La composición del aire de la habitación permitirá averiguar el número que corresponde al oxígeno y al nitrógeno.

**A.45.** Un balón de vidrio vacío pesa 150,30 g. Se llena con oxígeno puro pesando, entonces, 151,05 g. Se elimina el oxígeno y se vuelve a llenar con un gas desconocido, en las mismas condiciones de presión y temperatura de oxígeno. El balón más el nuevo gas pesa ahora 152,36 g. Calcula la masa molecular del gas desconocido.

**A.46.** (Opcional). Si la densidad de un gas en c. n. es de 3,3 g/l, ¿cuál es su masa molecular?

Para finalizar el cálculo del número de moles vamos a estudiar el caso de que la sustancia se encuentre presente en una disolución, caso muy común en química.

**A.47.** Determina la cantidad de sustancia contenida en un volumen determinado en una disolución.

#### COMENTARIO A.47

El enunciado abierto permite reflexionar sobre los factores que influyen en la cantidad de soluto contenida en una disolución. En consecuencia, los datos necesarios para determinar el número de moles será el volumen y la concentración. A continuación, se propone una actividad de aplicación y que, además, sirve para justificar la introducción del concepto de molaridad.

**A.48.** Calcula el número de moles de sal común existentes en 150 ml de una disolución cuya concentración es de 2,5 g/l.

Como sabemos, la concentración puede expresarse de formas distintas. Dado que el conocimiento del número de moles es un dato muy usual en química, se ha definido una forma de expresar la concentración referida a éste y que se denomina **molaridad**, definiéndose como el número de moles de la sustancia por cada litro de disolución.

**A.49.** Determina la molaridad de la disolución de la actividad A.48.

La preparación de disoluciones de una determinada molaridad es una de las actividades más usuales con las que se enfrenta un químico. Vamos, a continuación, a tratar el problema.

**A.50.** Indica lo que debe hacerse en el laboratorio para preparar una disolución 2 M de hidróxido de sodio (NaOH).

**A.51.** El ácido clorhídrico concentrado corresponde a una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno. Utiliza los datos que aparecen en la etiqueta de una de las botellas del laboratorio para calcular su molaridad.

**A.52.** Señala lo que deberá hacerse, en el laboratorio, para preparar una disolución 0,5 M de ácido clorhídrico.

#### COMENTARIOS

Es conveniente que los estudiantes se ejerciten en este tipo de actividades prácticas. Cuando las realizan por primera vez surgen cuestiones técnicas que deben ser aclaradas, informándoles de cómo debe procederse. La preparación de disoluciones de ácidos, a partir del concentrado, suele resultar complicada por la dificultad que encuentran en determinar la molaridad de la disolución de partida.

#### ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

**A.53.** Haz una síntesis del tema a partir de las actividades.

- A.54.** Enuncia los aspectos de la metodología científica que se han practicado en este tema, especificando las actividades correspondientes.
- A.55.** Define los conceptos siguientes aparecidos en el tema: elemento, compuesto, mezcla, disolución, sustancia, análisis y síntesis.
- A.56.** Uno de los científicos que aportó ideas esenciales para el desarrollo de la química estudiada en este tema fue Lavoisier. ¿Sabes como murió? Comenta las razones de esa muerte situándola en el lugar y época de los hechos.

**COMENTARIOS:**

*Las actividades complementarias propuestas tienen todas carácter optativo y pretenden, esencialmente, dar una visión más de conjunto sobre los contenidos estudiados.*

*Para finalizar el tema comentar la posibilidad de que, como recurso de apoyo, puede utilizarse la visión de algunos vídeos didácticos existentes en el mercado, siendo especialmente interesantes aquellos que tratan del modelo de la materia.*

## Evaluación

Tal como ya se ha comentado, la evaluación es uno de los procesos dentro del contexto de la enseñanza que más influye en ella, condicionándola. El modelo que se elija exige una coherencia con la metodología y los objetivos programados.

En consecuencia, hay que programar actividades de evaluación que fomenten el aprendizaje significativo. Esto debe realizarse a lo largo del desarrollo del tema.

En la evaluación de este tema pueden proponerse las pruebas siguientes:

- Una, al finalizar la primera parte, correspondiente a la revisión de los conceptos estudiados.
- Otra que permita comprobar el dominio de las leyes ponderales tratadas, hipótesis de Avogadro y concepto de mol.
- Un ejercicio que permita constatar el dominio sobre los procesos que deben seguirse en el laboratorio, para preparar disoluciones de concentraciones determinadas.
- Al final del tema, una prueba globalizadora sobre conceptos ya evaluados y algún ejercicio sobre la determinación de masas atómicas y fórmulas empíricas.
- Además, debe solicitarse una memoria sobre la práctica realizada en la que se valoren: la claridad en el planteamiento del problema, la referencia al marco teórico del que se parte, la exposición del diseño experimental, el comentario sobre la fase práctica realizada y la interpretación y comentario de los resultados extraídos.

A continuación, exponemos alguna ejemplificación sobre las pruebas mencionadas.

**Prueba al finalizar la revisión de conceptos:**

1. *Al presionar el émbolo de una jeringuilla llega un momento en que no se puede apretar más. Justifica a qué se debe y propón algún método para conseguir desplazar más el émbolo ejerciendo la misma fuerza.*
2. *Emite una hipótesis sobre los factores de los que depende la evaporación. Explica el fundamento teórico en el que te has basado.*
3. *Comenta las siguientes frases:*
  - a) *Si al calentar una sustancia aumenta su masa, se trata de un elemento.*



b) Si al calentar una sustancia disminuye su masa, se trata de un compuesto.

4. Señala la opción que te parece correcta, justificando la elección.

"¿Cuál de estas fórmulas crees que corresponde al aire?"

a)  $\text{NO}$ ; b)  $\text{N}_2\text{O}$ ; c)  $\text{NO}_2$ ; d) Ninguna de ellas.

El objetivo de la primera actividad es comprobar si el estudiante es capaz de utilizar la ley de Boyle para explicar un hecho que le resulta conocido y la ley de Gay-Lussac para proponer diseños experimentales.

La segunda cuestión busca que el estudiante compruebe el poder de predicción del modelo cinético de la materia. Esta cuestión sólo puede proponerse si en el desarrollo del tema se ha comentado la existencia de velocidades diferentes para las partículas.

El ejercicio tercero pretende comprobar que el estudiante ha asimilado el concepto de elemento. Las dos cuestiones se han planteado para que en la primera se comente la posibilidad de que pueda ser verdadera o falsa; mientras que la segunda puede asegurarse que siempre será correcta.

Los estudiantes conocen que el aire está formado por oxígeno y nitrógeno, lo que conduce a muchos a asignarle una fórmula, demostrando, con ello, que no han comprendido el significado del concepto de mezcla. El objetivo de esta actividad es, precisamente, comprobar si esto ya no sucede; en caso contrario debería reincidirse sobre el tema.

La prueba correspondiente al dominio sobre las leyes ponderales y las hipótesis de Avogadro podría constar de las actividades siguientes:

1. 10,0 g de una sustancia A reaccionan con 3,2 g de otra sustancia B, para dar un único compuesto C. Se mezclan 18,3 g de A con 9,5 g de B. ¿Cuántos gramos de C se obtienen?
2. Se mezclan 20 ml de gas monóxido de nitrógeno con 30 ml de oxígeno, medidos a la misma temperatura y presión. Se comprueba que reacciona todo el monóxido de nitrógeno, sobrando 20 ml de oxígeno y que se forman 20 ml de un nuevo gas. Deduce cuál puede ser la fórmula de este gas.

El objetivo del primero es incidir en el concepto de la ley de las proporciones definidas como procedimiento que permite demostrar que se trata del mismo producto y, por tanto, insistir en el hecho real de que cuando se prepara algún compuesto, a partir de una reacción, las sustancias reaccionantes no suelen estar en la proporción exacta, por lo que el resultado global será una mezcla formada por el producto obtenido y la sustancia sobrante.

En la prueba final es aconsejable proponer algún problema abierto, coherente con los objetivos conceptuales y procedimentales expuestos, además de otras actividades relacionadas con los contenidos estudiados. Un posible ejercicio de evaluación final podría ser el siguiente:

1. *Calcula dónde hay más cantidad de átomos, en:*
  - a) 1 litro de oxígeno medido en condiciones normales.
  - b) 1 ml de metanol de densidad 0,79 g/ml.
2. *Uno de los métodos iniciales para determinar la masa molecular de las proteínas se basaba en el análisis químico. Se halló que la hemoglobina contenía 0,335% de hierro. Si la molécula de hemoglobina tiene un sólo átomo de hierro, ¿cuál es la masa molecular de la hemoglobina?*
3. *Calcula la cantidad (número de moles) que queda en una botella "de butano" que está en una estufa, cuando ésta se apaga.*



## V. Bibliografía

---

### ***Bibliografía citada***

- BULLEJOS, J.; DE MANUEL E., y FURIÓ C. (1996). «¿Sustancias simples y/o compuestos? Usos del término elemento químico en los libros de texto». En *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº 9, pp. 27-42.
- CALATAYUD, M. L.; HERNÁNDEZ, J.; SOLBES, J., y VILCHES A. (1995). *Física y Química. Primero Bachillerato. Guía didáctica*. Barcelona: Octaedro
- CARRASCOSA, J., y GIL, D. (1985). «La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias». En *Enseñanza de las Ciencias*, nº 3, pp. 113-121.
- DRIVER, R.; GUESNE, E., y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC / Morata.
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, G., y MUJICA, E. (1993). «Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud olvidada en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia». En *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 107-114.
- GIL, D. (1993). «Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación». En *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 197-212.
- HERNÁNDEZ, J., y PALACÍN, L. (1993). «La formulación en el nuevo currículum de química». En *CL&E*, pp. 101-107.
- HERNÁNDEZ, J., y PALACÍN, L. (1995). «Enseñanza de las leyes ponderales a partir del modelo de aprendizaje por investigación». En *Alambique*, 4, pp. 91-97.
- HIERREZUELO, J., y MONTERO, A. (1989). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: MEC / Laia.
- POSNER, G. J., y otros. (1982). «Accommodation of a scientific conceptions: towards a theory of conceptual change». En *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- POZO, J. I., y otros (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE - MEC.
- SOLBES, J., y otros (1987). «Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos». En *Enseñanza de las Ciencias*, 5, pp. 189-196.
- VIENNOT, L. (1976). *Le raisonnement spontanée en dynamique élémentaire*. Tesis doctoral, Université Paris 7 (Publicada en 1979 en París por Herman).

## ***Bibliografía comentada***

### **Didáctica de la física y química**

- GIL, D., y otros (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE/Horsori.

Libro que trata brevemente los problemas básicos de la didáctica de las ciencias: qué debe saber el profesor de ciencias, las prácticas de laboratorio, la resolución de los problemas, el aprendizaje de conceptos, las relaciones de las ciencias y el medio, la evaluación, el diseño de un currículum, etc.

- HIERREZUELO, J., y MONTERO, A. (1989). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: MEC/Laia.

- DRIVER, R.; GUESNE, E., y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC / Morata.

Ambos textos presentan las preconcepciones o ideas previas de los alumnos y las alumnas en una serie de dominios: las fuerzas y movimientos, el calor y la temperatura, los circuitos eléctricos, la luz, la constitución de la materia, las transformaciones químicas, etc.

- GIL, D., y MARTÍNEZ, J. (1987). *La resolución de problemas de física. Una didáctica alternativa*. Barcelona: MEC / Vicens Vives.

Una carpeta que contiene una propuesta de resolución de problemas de lápiz y papel como pequeñas investigaciones, aplicando las técnicas propias del trabajo científico: análisis cualitativo de la situación, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias de resolución, análisis de resultados, etc.

- PORLÁN, R.; GARCÍA, J. E., y CAÑAL, P. (Comp.) (1988). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada.

Se trata de una compilación de artículos que presentan las aportaciones más recientes de la investigación educativa. Resaltan que la construcción del conocimiento por los alumnos (conocimiento escolar) y por los profesores (conocimiento profesional) es uno de los principios básicos en que ha de asentarse un modelo alternativo para la enseñanza de las ciencias.

- POZO, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor. Col. «Aprendizaje».

Libro basado en la tesis doctoral del autor y que contiene elementos de psicología del aprendizaje de gran interés para el profesorado de ciencias, dada la poca formación que sobre el tema disponemos. El libro trata, entre otros aspectos, sobre el aprendizaje de los conocimientos científicos y estrategias posibles para lograr una enseñanza dirigida al cambio conceptual.

- POZO, J. I., y otros (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE - MEC.

Este libro resulta muy recomendable para el profesorado que tiene que enseñar química en la enseñanza secundaria pues, además de varios capítulos en los que se abordan los fundamentos de la teoría constructivista, hay otros dedicados a un estudio pormenorizado sobre las ideas de los alumnos y las dificultades en el aprendizaje de los conceptos químicos.

- APPLE, M. W. (1986). *Ideología y currículum*. Madrid: Akal.

Libro que critica la supuesta neutralidad de la educación y del currículum, al mostrar que no son fruto de un mejor conocimiento sobre la educación, sino que responden a motivaciones sociopolíticas asumidas, a menudo de forma inconsciente, por los propios planificadores. De particular interés para la enseñanza de las ciencias el capítulo 5.

- SOLBES, J., y VILCHES, A. (1989). «Interacciones ciencia/ técnica/ sociedad (CTS): un instrumento de cambio actitudinal». En *Enseñanza de las Ciencias*, nº 7 (vol. 1), pp. 14-20.
- SOLBES, J., y VILCHES, A. (1992). «El modelo constructivista y las relaciones ciencia/ técnica/ sociedad». En *Enseñanza de las Ciencias*, nº 10 (vol. 2), pp. 181-187.

Estos artículos muestran el papel que pueden jugar las interacciones CTS, la historia de la ciencia, etc., en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, ponen de manifiesto cómo estos aspectos se hallan ausentes en los libros de texto actualmente vigentes. En el segundo de ellos aparecen algunas consecuencias en los alumnos. En dicha revista, cuya publicación se inició en 1983, aparecen múltiples trabajos sobre la didáctica de las ciencias.

- VV. AA. (1992). *Curso de actualización científica y didáctica*. 6 volúmenes. Madrid: MEC.

Un curso muy completo que consta de los siguientes volúmenes: *Teoría y Práctica del currículo*, *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias*, *Didáctica de las ciencias de la naturaleza*, *Orientaciones teórico - prácticas para la elaboración de proyectos curriculares*, *Orientaciones teórico - prácticas para la elaboración de unidades didácticas*, y *Recursos y elementos de actualización científica*.

## Historia de la ciencia e interacciones CTS

- BERNAL, J. D. (1976). *Historia social de la ciencia*, Vol. 1 y 2. Barcelona: Península

Un texto clásico sobre las interacciones CTS a lo largo de la historia, que muestra cómo los descubrimientos científicos y técnicos están condicionados por la realidad social y, a su vez, actúan sobre ella.

- ZIMAN, J. (1980). *La fuerza del conocimiento*. Madrid: Alianza.

Presenta la evolución de la ciencia como profesión, la génesis de la gran ciencia, la economía de la investigación y el desarrollo, las conexiones entre guerra y ciencia, la política científica, la responsabilidad moral del científico, etc.

- MASON, S. F. (1986). *Historia de las ciencias* (5 vol.). Madrid: Alianza.

Reconstruye la evolución de las ciencias desde sus precedentes hasta su maduración a principios del siglo XX, prestando atención tanto a la coherencia de su desarrollo interno como a algunas de sus interrelaciones con la sociedad.

- SÁNCHEZ, J. M. (1992). *El poder de la ciencia*. Madrid: Alianza.

Un libro excelente que muestra la institucionalización de la física y la química en el siglo XIX en el primer capítulo; en el segundo y tercero presenta las grandes revoluciones de la física del siglo XX, la cuántica y la relatividad, mostrando aplicaciones de la primera (estado sólido, química cuántica, etc) y el fenómeno social que supuso la relatividad; y en los restantes libros, las relaciones de la física con el mundo socio-económico desde principios del siglo XX hasta los años posteriores a la II Guerra Mundial.

## Libros de actividades para el alumno

- CALATAYUD, M. L., y otros (1988). *La construcción de las ciencias físico-químicas. Programas-guía de trabajo y comentarios para el profesor*. Valencia: NAU.
- CALATAYUD, M. L., y otros (1990). *La construcción de las ciencias físico-químicas. Programas-guía de trabajo para el alumno*. Valencia: NAU.

El libro del alumno ofrece materiales destinados a favorecer un trabajo colectivo de equipos de estudiantes, una actividad investigadora -contando con la ayuda / dirección del profesor- a través de la cual los propios estudiantes vayan construyendo los conocimientos que los tex-

tos habituales proporcionan elaborados. El libro del profesor ofrece las bases teóricas que fundamentan los materiales y comentarios que describen los resultados previsibles de las actividades propuestas, justifican el hilo conductor, etc.

- BELLA, T., y SOLBES, J. (1992). *Las transformaciones físicas (Primer ciclo ESO)*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- HERNÁNDEZ, J., y otros (1992). *Materia y electricidad. (Tercero ESO)*. Valencia: MEC Y Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- PAYA, J., y otros (1992). *La Mecánica: una ruptura con la física preclásica. (Cuarto ESO)*. Valencia: MEC y Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- CALATAYUD, M. L.; HERNÁNDEZ, J.; SOLBES, J., y VILCHES, A. (1995). *Física y química. Primero Bachillerato*. Barcelona: Octaedro.
- CALATAYUD, M. L.; HERNÁNDEZ, J.; SOLBES, J., y VILCHES, A. (1995). *Física y química. Primero Bachillerato. Guía Didáctica*. Barcelona: Octaedro.
- SOLBES, J. (1995). *Física. Segundo Bachillerato*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- CALATAYUD, M. L.; HERNÁNDEZ, J.; SOLBES, J., y VILCHES, A. (1990). *Química. Segundo Bachillerato*. Valencia: Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.

Materiales de Reforma, algunos de los cuales han sido publicados en coedición por el MEC. Estos materiales ofrecen los programas de actividades, con los comentarios para el profesor, que desarrollan una propuesta de programación para la Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. La Física y Química de primero de Bachillerato se ajusta a esta propuesta.

- HIERREZUELO, J., y otros (1993). *Ciencias de la Naturaleza. Física y Química. Primero, Tercero y Cuarto de ESO*. Vélez-Málaga: Elzevir.

Materiales de Reforma que ofrecen los programas de actividades, con los comentarios para el profesor, que desarrollan una propuesta de programación de Ciencias de la Naturaleza para la Secundaria Obligatoria.

## Textos

- FERNÁNDEZ-RAÑADA, A., y otros (1993). *Física básica 1*. Madrid: Alianza.

Un libro que presenta las ideas básicas de la física con un uso mínimo de las matemáticas. En el volumen 1 se presentan los temas de Mecánica y Termodinámica; por tanto, se ajusta bastante a la física de este curso, si se exceptúa el tema de electricidad. Es un libro excelente, cuyo mejor elogio es el deseo de que aparezca pronto el volumen 2.

- HOLTON, G. (1976). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona: Reverté.

Un texto clásico que realiza un uso completo y eficaz de la historia y la filosofía de la ciencia para introducir los conceptos de física y química, sin aparato matemático. Trata de los orígenes de la cosmología científica, el estudio del movimiento, las leyes de Newton y su sistema del mundo, sobre la estructura y el método de la ciencias, las leyes de conservación, los orígenes de la teoría atómica, la luz y el electromagnetismo y el átomo y el universo en la física moderna.

- GIANCOLI, D. C. (1985). *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté.

Un texto que da una visión completa de los conceptos básicos de física, y con una amplia gama de ejemplos que muestran las múltiples aplicaciones de la física en la vida cotidiana y

diversos campos (medicina, arquitectura, tecnología, medio ambiente, etc). En él se utiliza el álgebra y la trigonometría elemental, pero no el cálculo infinitesimal.

- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B., y SANDS, M. (1971). *Física*. Panamá: Fondo Educativo Interamericano.

Este curso de Física no corresponde al nivel de este curso, ni siquiera de un primer curso universitario. Se trata de unas lecciones cargadas de reflexión y pensamiento, que muestran la importancia de los resultados experimentales, de las situaciones del mundo real, de los nuevos problemas asociados a dichos temas, etc. Por ello se constituyó en un texto clásico que influyó en la renovación de la enseñanza de la Física general. Aquí se recomienda como unas lecturas de Física para el profesor que quiera descubrir ideas interesantes.

- GILLESPIE, R. J. (1990). *Química*. Barcelona: Reverté.

Este es un libro de Química destinado a los primeros cursos de la Universidad, que muestra una nueva concepción del currículum norteamericano, ya que ofrece una secuencia aparentemente desordenada, sin un hilo conductor claro: encontramos temas de descriptiva entre los considerados clásicos (equilibrios, electroquímica, etc). Por su contenido, es más adecuado para el curso próximo, pero el tratamiento que hace de los temas y la información actualizada que proporciona le hace interesante también en el curso presente.

- BUTLER, I. S., y GROSSER, A. E. (1976). *Problemas de química*. Barcelona: Reverté.

Un texto clásico que plantea problemas relacionados con situaciones reales que se encuentran no sólo en la química, sino en otras ciencias e, incluso, en la vida diaria. Por ello, se incluyen problemas sobre ciencia espacial, medicina, geología, medicina dental, arqueología, bioquímica, contaminación urbana, higiene, ingeniería y energía nuclear y solar.

- ATKINS. (1992). *Química general*. Barcelona: Omega.

Libro que se está convirtiendo en uno de los clásicos de los primeros años universitarios, útil como texto de consulta y ampliación. Presenta una secuencia de contenidos tradicional, organizado en cinco bloques en los que se encuentra todos los temas del contenido del currículum del Bachillerato. Estos bloques son: *Materia y electricidad. Átomos, moléculas e iones. Velocidad de reacción y equilibrio. Los elementos y Química Orgánica*. Al final de cada tema presenta un numeroso surtido de ejercicios y problemas.

- CHANG, R. (1992). *Química*. México: McGraw-Hill.

Es un libro que además de presentar los temas tradicionales del currículum de Química General presenta, en todos los capítulos, secciones tituladas genéricamente *La Química en acción y Ejemplo de Química aplicada*. En ellas tratan de aplicaciones y usos comunes de la Química lo cual permite dar una imagen viva de la materia así como presentar actividades CTS. El último capítulo del libro está dedicada a la *Química Industrial* ofreciendo una panorámica general de ésta y abordando temas tan interesantes como la relación con el medio ambiente o los riesgos potenciales de los productos químicos.





## Anexo: Currículo oficial (\*)

---

### **Introducción**

Las ciencias de la naturaleza, desde su nacimiento, han buscado la comprensión del mundo de la experiencia en todos sus aspectos. Han tratado de hallar orden y significado en la gran cantidad de fenómenos que se presentan a la observación humana como un caos, coordinando y organizando nuestras experiencias en un sistema coherente. Desarrolladas como ciencias experimentales, la física y la química responden a estos mismos propósitos.

Las materias de Física y Química, igual que las de Biología y Geología, estaban incluidas en la Educación Secundaria Obligatoria, dentro de un área interdisciplinar, la de Ciencias de la Naturaleza. Son materias que comparten algunas características comunes, relativas a su espacio epistemológico, a sus métodos, a algunos de sus contenidos, a su valor funcional y educativo en el Bachillerato y a las conexiones con estudios superiores. Todas ellas han conocido importantes cambios en nuestro tiempo; y en todas ellas, al lado de adquisiciones científicas de otras épocas, que se configuraron en las teorías "clásicas" de las respectivas disciplinas, se han producido, en los últimos años o decenios, progresos científicos revolucionarios, que, a menudo, sin alterar los principios de la "ciencia clásica", han modificado nuestra visión del mundo, sobre todo, en una percepción más clara de la complejidad de los fenómenos de la naturaleza.

En esta materia, el estudio de la Física se centra principalmente en la física clásica, analizando las aportaciones de ésta frente a las ideas y la metodología de la física pregalileana. Este cuerpo coherente de conocimientos, articulado en torno a la mecánica newtoniana, ampliando el estudio de que ella se hace en la Educación Secundaria Obligatoria, y en el tratamiento más completo de la corriente continua constituyen el gran núcleo de la física de esta asignatura. La Química se centra en la profundización, respecto a la Educación Secundaria Obligatoria, del estudio de la constitución de la materia, del átomo y sus enlaces, y de las reacciones químicas, temas que son fundamentales para obtener una formación científica básica y desarrollar estudios posteriores. También incluye una introducción a la química del carbono.

El papel formativo de la Física y Química se orienta, por un lado, a profundizar en los conocimientos científicos necesarios para comprender el mundo que nos rodea adquiriendo una actitud fundamentada, analítica y crítica, y, por otro, a provocar la reflexión de los alumnos sobre la finalidad y utilización de modelos y teorías por las ciencias fisicoquímicas, así como sobre el papel de estas ciencias y de la tecnología en el desarrollo de la sociedad, y, recíprocamente, la influencia de ésta en el avance de aquéllas. Para el alumno de Bachillerato estas ciencias han de aparecer en su carácter empírico y predominantemente experimental, a la vez que en su construcción teórica y de modelos. Han de favorecer asimismo la familiarización con las características de la investigación científica y de su aplicación a la resolución de problemas concretos.

---

(\*) Real Decreto 1179/1992, de 26 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato. (B.O.E. nº 253, de 21 de octubre de 1992).

En la mayoría de las materias relacionadas con las ciencias de la naturaleza, los dos primeros núcleos de contenidos recogen contenidos comunes a todos los demás. Presentan principalmente contenidos procedimentales y actitudinales, que se refieren a una primera aproximación formal al trabajo científico, y a la naturaleza de la ciencia, en sí misma y en sus relaciones con la sociedad y con la tecnología.

## **Objetivos generales**

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que las alumnas y alumnos adquieran las siguientes capacidades:

1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la física y la química, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica y desarrollar estudios posteriores más específicos.
2. Aplicar los conceptos, leyes, teorías y modelos aprendidos a situaciones reales y cotidianas.
3. Analizar críticamente hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico, y valorar sus aportaciones al desarrollo de la física y la química.
4. Utilizar con cierta autonomía destrezas investigativas, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etcétera), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.
5. Mostrar actitudes que suelen asociarse al trabajo científico tales como la búsqueda de información exhaustiva, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas.
6. Integrar la dimensión social y tecnológica de la física y la química, interesándose por las realizaciones científicas y tecnológicas y comprendiendo los problemas que plantea su evolución a la naturaleza, al ser humano, a la sociedad y a la comunidad internacional.
7. Comprender el sentido de las teorías y modelos físicos y químicos como una explicación de los fenómenos naturales, valorando su aportación al desarrollo de estas disciplinas.
8. Explicar expresiones "científicas" del lenguaje cotidiano según los conocimientos físicos y químicos adquiridos, relacionando la experiencia diaria con la científica.

## **Contenidos**

### **Aproximación al trabajo científico**

- Procedimientos que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, estimación de la incertidumbre de la medida, utilización de fuentes de información.
- Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.
- Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.
- Hábitos de trabajo e indagación intelectual.

### **Ciencia, tecnología y sociedad**

- Análisis de la naturaleza de la ciencia: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.

- Relaciones de la ciencia con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad: consecuencias en las condiciones de la vida humana y en el medio ambiente. Valoración crítica.
- Influencias mutuas entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. Valoración crítica.

## Cinemática

- Movimiento. Sistemas de referencia inerciales.
- Revisión del movimiento rectilíneo uniforme. Estudio de los movimientos circular uniforme y rectilíneo uniformemente variado. Iniciación al carácter vectorial de las magnitudes que intervienen y determinación de las ecuaciones.
- Aplicaciones. Caída de graves. Composición de movimientos: tiro horizontal y parabólico.

## Dinámica

- Concepciones pregalileanas de las relaciones entre fuerzas y movimientos.
- Los principios de la dinámica en función del concepto de cantidad de movimiento y de la idea de fuerza como interacción.
- Principio de conservación de la cantidad de movimiento en un sistema aislado.
- Estudio de algunas situaciones dinámicas, fuerzas gravitatorias en las proximidades de la superficie terrestre, de fricción y elásticas, en sistemas de referencia inerciales.

## La energía y su transferencia: trabajo y calor

- Revisión de los conceptos de energía, trabajo y calor como formas de transferencia de energía, del principio de conservación de la energía y su degradación.
- Definición operativa del concepto de trabajo cuando el módulo de la fuerza y su dirección respecto al desplazamiento son constantes. Energías cinética y potencial gravitatoria en las proximidades de la superficie terrestre. Relación entre trabajo y energía.
- *Energía interna. Equivalencia entre trabajo y calor. Primer principio de termodinámica.*
- Estudio de algún caso de relaciones ciencia-tecnología-sociedad, como por ejemplo, máquinas térmicas y revolución industrial, crisis energética y energías alternativas, etc.

## Electricidad

- Principio de conservación de la carga eléctrica. Principio de conservación de la energía en un circuito: ley de Ohm. Asociación de resistencias. Manejo del polímetro.
- Estudio energético de la corriente eléctrica. Efecto Joule. Aplicaciones.
- Utilización de la corriente eléctrica en el mundo actual.

## Teoría atómico-molecular

- Teoría de Dalton y leyes básicas que dan lugar a su formulación: ley de la conservación de la masa y de las proporciones definidas.
- Evolución de la teoría de Dalton: relaciones volumétricas de Gay-Lussac. Hipótesis de Avogadro.
- Concepto de mol. Ley de los gases perfectos. Masas atómicas y moleculares. Molaridad de una disolución.

## El átomo y sus enlaces

- Papel de los modelos atómicos en el avance de la química: Modelos de Thomson y Rutherford. Masa y número atómico. Distribución electrónica en niveles energéticos.
- Sistema Periódico. Justificación del Sistema Periódico corto.
- Enlaces iónico y covalente. Su explicación en los compuestos binarios utilizando la regla del octeto y los diagramas de Lewis. Introducción al enlace metálico. Justificación de las propiedades de las sustancias iónicas, covalentes y metálicas.
- Diferencias entre el enlace intramolecular y el intermolecular. Enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals.
- Formulación y nomenclatura de los compuestos más importantes. Reglas de la I.U.P.A.C. Justificación de algunas fórmulas binarias.

## Cambios materiales y energéticos en las reacciones químicas

- Estudio de las transformaciones químicas, usando un modelo de choques entre moléculas. Significado de las ecuaciones químicas. Ajuste de reacciones. Estequiometría. Importancia de las reacciones químicas en la sociedad.
- Explicación de la existencia de reacciones endo y exo-térmicas mediante la rotura y formación de enlaces.
- Importancia del oxígeno en la vida a través del estudio de reacciones de combustión.

## Química del carbono

- Posibilidades de combinación del átomo de carbono para justificar la gran cantidad de compuestos orgánicos. Concepto de grupo funcional.
- Nomenclatura y formulación de hidrocarburos, funciones oxigenadas (aldehído, cetona, ácido, éster y éter) y nitrogenadas (amina y amida). Isomería.
- Estudio del petróleo como fuente natural de obtención de productos por destilación y cracking.
- Aplicaciones materiales y energéticas del petróleo. Medio ambiente y aspectos socioeconómicos.

## Criterios de evaluación

1. *Aplicar las estrategias propias de la metodología científica a la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados (uniforme rectilíneo o circular y rectilíneo uniformemente acelerado).*

Se trata de comprobar que en la resolución de problemas relativos a los movimientos estudiados y a la combinación de éstos, como es el caso de encuentros de móviles, se plantea el estudio cualitativo de la situación, se precisa el problema, se prueban en su resolución vías o estrategias coherentes con el cuerpo teórico de conocimientos, se analizan los resultados, etc.

2. *Identificar las fuerzas reales que actúan sobre un cuerpo, y relacionar la dirección y el sentido de la fuerza resultante con el efecto que produce en él.*

Se trata, con este criterio, de comprobar que el alumnado reconoce las fuerzas que actúan sobre móviles, tales como un ascensor, un tren que toma una curva, una pelota lanzada hacia arriba que sube o que baja, un cuerpo colgado o apoyado, etc., y sabe predecir, por

su comportamiento, hacia dónde actúa la resultante, en el caso de que el cuerpo lleve alguno de los movimientos estudiados.

3. *Aplicar el teorema de la conservación de la cantidad de movimiento para explicar fenómenos cotidianos, identificando el sistema en el que se aplica.*

Se pretende evaluar si el alumnado es capaz de justificar hechos como el retroceso de las armas de fuego, las aceleraciones o deceleraciones en los motores a reacción, etc., como aplicación del principio de conservación de la cantidad de movimiento. Se trata, también, de comprobar que sabe elegir el sistema adecuado para poder aplicar dicho principio, y que sabe reconocer que, si el sistema no está aislado de fuerzas exteriores, como es el arma sin proyectil o el motor a reacción sin los gases que expulsa, no se conserva la cantidad de movimiento.

4. *Interpretar, diseñar y montar circuitos, determinando teórica y experimentalmente el valor de la intensidad en sus diferentes ramas, si las tuviese, y la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera.*

Este criterio pretende comprobar si los alumnos son capaces no sólo de realizar cálculos sobre circuitos eléctricos elementales (que incluyan generador, resistencias y en algunos casos un motor), sino también de efectuar sus montajes y de traducir circuitos reales a esquemas eléctricos.

5. *Observar y describir las transferencias de energía que tienen lugar en montajes tecnológicos sencillos, a la luz del principio de conservación de la energía.*

Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de observar y describir procesos como: la utilización del gato de un coche, de la pértiga en el salto, de una batidora funcionando, etc., dentro del marco teórico de la conservación de la energía. Se pretende que en la descripción se considere el calor como transferencia de energía.

6. *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas físicos y químicos relevantes de la sociedad.*

Se pretende saber si los alumnos y alumnas son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como las demandas energéticas o la elaboración de materiales de importancia tecnológica, y de estructurar el trabajo bibliográfico de manera adecuada.

7. *Justificar las sucesivas elaboraciones de modelos atómicos valorando el carácter abierto de la ciencia.*

Se pretende con este criterio conocer si el alumnado es capaz de identificar cuales fueron los fenómenos relevantes para abandonar determinados modelos y adoptar otros, y de valorar la ciencia como un proceso dinámico, cambiante y sometido a continua revisión.

8. *Determinar masas atómicas a partir del análisis de los resultados producidos en reacciones químicas destinadas a este fin, así como determinar el número de moles presentes en una cierta cantidad de sustancia.*

Se trata con este criterio de conocer si las alumnas y alumnos son capaces de sacar conclusiones cuantitativas de experiencias, en las que se utilicen compuestos con interés en la vida real, ya sea porque se les hayan aportado los datos de ellas o porque se hayan realizado en el laboratorio. También se trata de saber si son capaces de calcular el número de moles de una determinada cantidad de sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso.

9. *Ante el comportamiento que presentan ciertas sustancias, emitir hipótesis sobre el tipo de enlace que une sus átomos, diseñar experiencias que permitan contrastar dichas hipótesis y realizarlas.*

Se trata de comprobar si el alumnado es capaz de emitir hipótesis sobre el enlace que presentan algunas sustancias, como la sal, el azúcar, el benceno, etc., a la luz de su comportamiento, de diseñar experiencias para comprobar sus hipótesis, de dar al menos una explicación de su diseño y de utilizar correctamente el material del laboratorio para su realización.

*10. Resolver ejercicios y problemas teóricos y aplicados, utilizando toda la información que proporciona la correcta escritura de una ecuación química.*

Se trata de comprobar que los estudiantes saben extraer de una ecuación química información sobre el estado físico de las sustancias, las relaciones entre moles, la energía de reacción, etc., y que saben deducir, a partir de ellas, la cantidad de los productos y reaccionantes que intervienen, sin que estos se tengan que encontrar necesariamente en proporciones estequiométricas. Se utilizarán, en la medida de lo posible, ejemplos de reacciones que pueden realizarse en los laboratorios escolares y en distintos tipos de industrias.

*11. Valorar la importancia del carbono, señalando las principales razones que hacen de él un elemento imprescindible en los seres vivos y en la sociedad actual.*

Con este criterio se pretende comprobar si los estudiantes conocen la presencia del carbono en la mayor parte de los objetos que nos rodean, incluyendo los seres vivos. Sí justifican esta presencia por el carácter singular que tienen sus átomos de unirse fácilmente consigo mismo y con otros, y sí valoran el carbono por sus posibilidades tecnológicas, al permitir la fabricación de una gran cantidad de nuevos materiales.











CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR

DIRECCIÓN GENERAL DE RENOVACIÓN PEDAGÓGICA  
CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR