

3.ª edición

Didáctica
de las Ciencias
para Educación
Primaria

I. Ciencias del espacio
y de la Tierra

Coordinador

JOSÉ MIGUEL VÍLCHEZ GONZÁLEZ

PROFESOR CONTRATADO DOCTOR. DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA Y PERTENECIENTE AL GRUPO
DE INVESTIGACIÓN HUM 613. «DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y DE LA
TRANSVERSALIDAD»

3.ª edición

Didáctica de las Ciencias para Educación Primaria

I. Ciencias del espacio
y de la Tierra

EDICIONES PIRÁMIDE

COLECCIÓN «PSICOLOGÍA»

Sección: «Pedagogía»

Director:

Francisco J. Labrador

Catedrático de Modificación de Conducta
de la Universidad Complutense de Madrid

Diseño de cubierta: Anaf Miguel

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier otro medio, sin la preceptiva autorización.

© José Miguel Vilchez González (Coord.)
© Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S. A.), 2014, 2015, 2016, 2017, 2018
Juan Ignacio Luca de Tena, 15. 28027 Madrid
Teléfono: 91 393 89 89
www.edicionespiramide.es
Depósito legal: M. 13.174-2018
ISBN: 978-84-368-3952-4
Printed in Spain

Relación de autores

José Miguel Vilchez González (coord.)

Profesor contratado doctor. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Pertenece al Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad».

Alicia Benarroch Benarroch

Titular de universidad. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Pertenece al Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad».

Francisco Javier Carrillo Rosúa

Profesor contratado doctor. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Pertenece al Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad» y al Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra.

Agustín Cervantes Madrid

Titular de universidad. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Pertenece al Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad».

Manuel Fernández González

Titular de universidad. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Pertenece al Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad».

Francisco Javier Perales Palacios

Catedrático de universidad. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Investigador principal del Grupo de Investigación HUM 613, «Didáctica de las Ciencias Experimentales y de la Transversalidad».

Índice

Introducción	11
Sesión preliminar	15

PARTE PRIMERA

1. Introducción a la didáctica de las ciencias experimentales	21
Introducción	21
1. Dificultades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias	23
2. Los modelos didácticos	26
3. Estrategias constructivistas de enseñanza	31
4. Las actividades de enseñanza/aprendizaje	34
5. La evaluación del aprendizaje	42
Anexo 1. Actividades de aula	49
Anexo 2. Taxonomía de Shayer y Adey y taxonomía de Lillo y Redonet	52
Anexo 3. Ejemplo de secuencia de enseñanza-aprendizaje por investigación ..	56
Anexo 4. Cuadro resumen de modelos didácticos.....	59
2. La materia y sus transformaciones	61
Introducción	61
1. La materia	63
2. Los cambios en la materia. Tipos	69
3. Cambios físicos	70
4. Cambios químicos	75
Anexo. Actividades de aula	78
3. La energía y sus transferencias	91
Introducción	91
1. La energía	93
2. Circuitos eléctricos	107

3. Luz y sonido	109
Anexo. Actividades de aula	116
4. Los sistemas de la Tierra	135
Introducción	135
1. La atmósfera terrestre	137
2. La hidrosfera	146
3. La geosfera	152
4. El relieve: producto de la interacción entre atmósfera, hidrosfera y geosfera	162
5. El suelo: procesos de formación e importancia para la vida en la Tierra ...	167
Anexo. Actividades de aula	170
5. La Tierra en el Universo	183
Introducción	183
1. El Universo	185
2. Nuestra galaxia: La Vía Láctea	190
3. El Sistema Solar	191
Anexo. Actividades de aula	200
PARTE SEGUNDA	
Seminarios	
Seminario temático 1. Real Decreto de mínimos de Educación Primaria ..	213
Seminario temático 2. Análisis de los contenidos de un libro de texto	215
Seminario temático 3. El diseño de unidades didácticas	221
Referencias bibliográficas	227

Introducción*

El presente manual, *Didáctica de las Ciencias para Educación Primaria, Tomo 1. Ciencias del espacio y de la Tierra*, se orienta a la formación científica y didáctica del profesorado de Educación Primaria. Junto con el *Tomo 2. Ciencias de la vida*, recoge todo el contenido científico necesario para afrontar la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en la etapa de Educación Primaria, además de orientaciones didácticas actualizadas para impartirlas.

Se diseña atendiendo a las estructuras de los nuevos planes de estudio del grado de Maestro, para su desarrollo durante un semestre, en sesiones de gran grupo —parte primera— y sesiones de grupo reducido (seminarios) —parte segunda—.

En la parte primera se abordan cinco temas:

- El primero constituye una introducción a la didáctica de las ciencias. En él se orienta sobre las estrategias y recursos óptimos para enseñar (y aprender) ciencias.
- Los otros cuatro (dedicados a la materia, la energía, el planeta Tierra y el universo) se presentan en forma de plan de trabajo

autónomo. En ellos se abordan contenidos ya estudiados en etapas educativas anteriores, que se habrán de trabajar de modo no presencial, dedicando las sesiones presenciales a resolver las dudas surgidas en las actividades propuestas y al tratamiento de cuestiones didácticas relacionadas con estos contenidos.

En estos planes de trabajo autónomo la tarea del alumno consiste en ir leyendo (muy tranquilamente) el texto y detenerse en las actividades intercaladas (a las que llamaremos **actividades autónomas** y que aparecen numeradas y sombreadas, sin recuadro), reflexionar sobre ellas hasta darles respuesta (buscando toda la información necesaria) y continuar la lectura. Las respuestas a muchas de las actividades están en el propio texto, después de los enunciados, pero si no se reflexiona sobre ellas antes de leer las soluciones el aprendizaje será menos significativo y de poca estabilidad temporal. Las actividades cuyas respuestas no están en el texto, si se estima conveniente, se resolverán al comienzo de cada sesión de gran grupo.

Al final de cada uno de los cinco temas, en sus anexos correspondientes, se recogen las **actividades de aula** (cuyos títulos aparecen recuadrados e intercalados en los diferentes apartados del texto), enfocadas, a diferencia de las anteriores, para ser desarrolladas en sesiones presenciales de gran grupo.

* En este manual se siguen las recomendaciones de la RAE en cuanto al uso genérico del masculino para designar a los dos sexos, respetando los aspectos gramaticales y léxicos de nuestro sistema lingüístico (http://www.rae.es/sites/default/files/Sexismo_linguistico_y_visibilidad_de_la_mujer_0.pdf).

Además de las actividades autónomas y de las actividades de aula, en la parte segunda del manual se exponen los **seminarios**, diseñados para ser realizados en sesiones presenciales de grupo reducido.

En esta edición se ha procedido a desligar el texto de cualquier referencia concreta a legislación educativa. Los continuos cambios de leyes que se vienen produciendo hacen más operativo hablar en términos generales, acudiendo en cada ocasión a los documentos del momento.

También el hecho de poner en práctica la propuesta ha ocasionado la modificación de algunos apartados y actividades, o la introducción de nuevos apartados no tratados en ediciones anteriores.

Por último, dada la variedad de trabajos prácticos que se pueden realizar con los contenidos del libro, se ha considerado más conveniente eliminar propuestas cerradas para los mismos, de modo que el docente pueda organizar los que estime oportunos en cada momento. En la propuesta de planificación semanal que se ofrece a continuación se recogen sugerencias de temáticas y momentos para trabajar los contenidos de modo práctico.

En la siguiente tabla se sintetizan los distintos tipos de actividades, junto con su localización en el manual y el enfoque organizativo recomendado para su desarrollo.

Tipos de actividades	Localización	Enfoque recomendado
Actividades autónomas	Parte 1. Sombreadas sin recuadro	No presenciales. Trabajo autónomo
Actividades de aula	Parte 1. Anexos de los temas. En el texto se indica cuándo abordarlas con recuadros sombreados	Presenciales, gran grupo
Seminarios	Parte 2	Presenciales, grupos reducidos

Planificación semanal orientativa para la distribución de contenidos durante el semestre (16 semanas)

Semanas	Sesiones de gran grupo	Sesiones de grupo reducido	
		Seminarios	Trabajo práctico
1, 2, 3	Sesión preliminar y tema 1	Seminario temático 1 Seminario temático 2	
4, 5, 6	Tema 2	Seminario temático 3	
7, 8, 9	Tema 3		1
10, 11, 12, 13	Tema 4		2, 3
14, 15, 16	Tema 5		4

Por su relación con los contenidos de ciencias que se suelen trabajar en Educación Primaria, se recomienda que los trabajos prácticos se dediquen a:

- Trabajo práctico 1. Medida de densidades a partir de la medida de masa y volumen (uso de balanza y probeta).
- Trabajo práctico 2. Circuitos eléctricos.

Estudio de asociaciones de lámparas en serie y paralelo.

- Trabajo práctico 3. Medidas de meteorología con pluviómetro (casero, a ser posible), termómetro de máxima y mínima, barómetro y psicrómetro (o higrómetro).
- Trabajo práctico 4. Identificación de minerales y rocas a partir de sus propiedades físicas, con muestras en mano.

Sesión preliminar

En muchas ocasiones vuestros compañeros, al llegar a la escuela a hacer sus prácticas, se quejan de que «*lo que se les enseña en la facultad les sirve muy poco cuando han de enfrentarse por primera vez a dar clase*». Las generalizaciones no suelen ser objetivas, pero tampoco hay que descartar un fondo de razón.

Por ello, en estas páginas se pretende adoptar un enfoque innovador pensando siempre en un planteamiento profesionalizador, es decir, qué necesita un futuro maestro cuando tiene que enfrentarse a dar clase. Este enfoque entroncaría con el método por proyectos o por resolución de problemas, entendido como forma de dar respuesta a las necesidades docentes. Asimismo se pretende dar respuesta a la filosofía del Grado de Maestro de Educación Primaria, que posee igualmente un perfil profesionalizador.

Para ello, nos ponemos en el papel de cualquier maestro que se incorpora a la escuela y debe comenzar a dar clase. La secuencia de acciones a realizar podría ser la siguiente:

- a) Nivel educativo, materia, contenidos mínimos, competencias → *Qué enseñar.*
- b) Acceso a la información: dónde → libro de texto, Internet, otros recursos → *Dónde informarme.*
- c) Profundización en los contenidos que se han de enseñar: organización, selección,

secuenciación, niveles de dificultad → *Aprender lo que hay que enseñar.*

- d) Cómo enseñarlo: logística de aula, secuencia de enseñanza, actividades, recursos → *Aprender cómo hay que enseñar.*
- e) Qué y cómo evaluarlo: cuándo, por qué, con qué → *Conocer lo que han aprendido.*

De cada uno de estos pasos irían surgiendo de forma «natural» lo que precisamos trabajar en esta asignatura. Por ejemplo:

- a) El currículo de Ciencias Experimentales en Educación Primaria (estructura y contenidos por niveles).
- b) Análisis de libros de texto, búsqueda en Internet, revistas útiles, etc.
- c) Mapas conceptuales, naturaleza e historia de la ciencia, CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), transversalidad, conceptos-procedimientos-actitudes-competencias, ideas previas. Propuesta de contenidos a enseñar.
- d) Modelos didácticos en la acción, tipos y enfoques de actividades, recursos escolares, tanto cotidianos como extraescolares.
- e) Evaluación del aprendizaje y de la enseñanza.
- f) Etcétera.

En definitiva, se trataría de actuar, desde el primer momento, como diseñadores de secuencias de enseñanza-aprendizaje (E/A) que habríamos de desarrollar con posterioridad.

Tarea 1. Jerarquización de finalidades del aprendizaje científico

En esta actividad vamos a ahondar en cuáles son, o deberían ser, las finalidades del aprendizaje de la ciencia. Lee la siguiente lista de posibles finalidades del aprendizaje científico (Sanmartí, 2002):

1. Adquirir conocimientos sobre teorías y hechos científicos.
2. Despertar la conciencia respecto a la necesidad de conservar el medio natural y la salud.
3. Adquirir conocimientos sobre aplicaciones de la ciencia en la vida cotidiana.
4. Preparar a los estudiantes para poder seguir sin dificultades los estudios posteriores.
5. Aprender a disfrutar haciendo ciencia.
6. Desarrollar actitudes científicas como la curiosidad, el espíritu crítico, la honestidad, la perseverancia, etc.
7. Aprender técnicas de trabajo experimental como medir, filtrar, utilizar la lupa y otros instrumentos, hacer montajes para la experimentación, etc.
8. Aprender a trabajar en equipo, a organizar el trabajo, a buscar información y, en general, aprender a aprender.
9. Desarrollar el pensamiento lógico y racional (por ejemplo: clasificar, comparar, inferir, deducir, etc.).
10. Ayudar a aprender a utilizar los diferentes lenguajes utilizados en la expresión de las ideas científicas.

Se pide:

- a) En primer lugar, ordénalas según la importancia que, en tu opinión, deberían tener en el proceso de E/A.
- b) Seguidamente vuelve a ordenarlas, pero esta vez, por tu experiencia como estudiante, según su aplicación real en las aulas de ciencias.
- c) Compara los resultados. ¿Qué conclusiones puedes extraer de esta actividad?

Tarea 2. Reflexiones sobre la ciencia y su didáctica

En pequeños grupos, dad respuesta a las siguientes cuestiones:

1. Describir una serie de actividades cotidianas que requieran un conocimiento científico-tecnológico¹.
2. Confeccionar un listado de rasgos identificativos que, a vuestro juicio, presenta el conocimiento científico frente al que se genera en otras disciplinas.
3. Está muy extendida la creencia de que para ser buen docente basta con saber mucho de la disciplina a enseñar. Realmente es una condición necesaria, pero, ¿es suficiente? ¿Se debería saber, y saber hacer, algo más para ser buen docente? Pensad en vuestra experiencia como estudiantes; seguro que os habrán dado clase personas que se notaba que sabían «mucho» pero «no sabían explicarse». ¿Qué les faltaba? ¿Se les podría enseñar a ser buenos docentes?

¹ No confundir con actividades rutinarias (por ejemplo, usar un ordenador, conducir...), sino incluir aquellas que requieran conocer el fundamento de las mismas.

4. Lee el siguiente texto (Hernández, 2011, pp. 25-26) y comentad cómo podríamos, como docentes, responder a las demandas que se plantean:

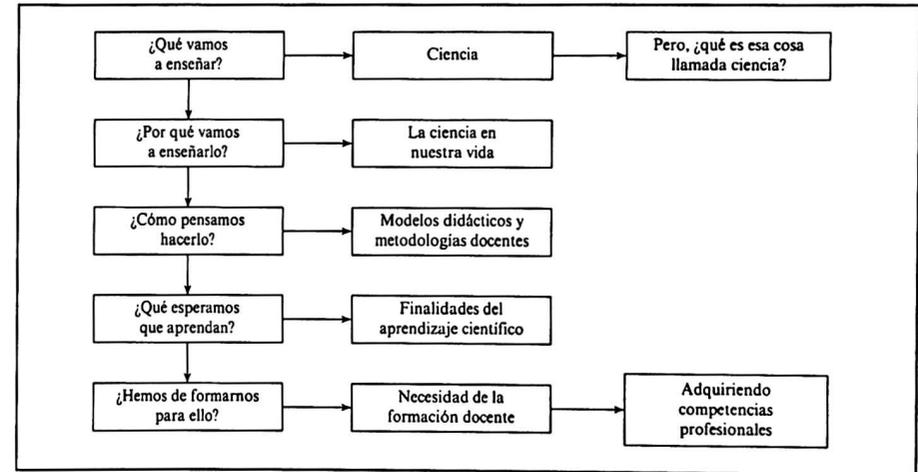
«Los alumnos llegan a la escuela con teorías implícitas sobre el mundo, que en el aula se ven cuestionadas cuando el profesor comienza a hablar sobre "algo" llamado ciencia que se rige por sus propios principios y métodos. Entonces surge la dificultad que supone para el profesor convencer a ese alumno de que lo que va a aprender será útil para su vida. Pero otra dificultad radica en los objetivos que cada sujeto implicado tiene en el contexto de la clase, porque mientras el alumno sólo quiere aprobar un curso, el profesor quiere que el alumno aprenda contenidos científicos. Por tanto, la pregunta que cabe hacerse en este punto

sería: ¿de qué forma se puede acercar la ciencia al alumno para que su interés por ella vaya más allá de las evaluaciones?».

El propósito de esta tarea es promover la reflexión en torno a: ¿por qué o para qué enseñar ciencias en Educación Primaria? (cuestión 1); ¿qué imagen tenemos de la ciencia? (cuestión 2); ¿es necesario enseñar a enseñar ciencias? (cuestión 3), y ¿cómo enseñar ciencias? (cuestión 4).

Se pretende, en definitiva, que penséis en aplicaciones cotidianas de la ciencia, la concibáis como una parte más de la cultura general, reconozcáis la necesidad de formación didáctica específica y expreséis vuestra concepción inicial sobre los métodos idóneos de enseñanza de las ciencias.

Para finalizar, vamos a recoger en un mapa conceptual una visión general de lo que hemos tratado hasta ahora.



Organigrama de los tópicos tratados en las actividades anteriores.

PARTE PRIMERA

Introducción a la didáctica de las ciencias experimentales **1**



Este primer tema nos va a servir para introducir la didáctica de las ciencias, objeto central de estudio en esta asignatura. Para ello hemos tomado como referente la elaboración de unidades didácticas (UD), tarea que se afronta en el seminario temático 3.

La adquisición de competencias para el diseño de UD es clave para la formación inicial del profesorado, dado que le debe permitir adaptarse a las circunstancias cambiantes de cada centro y curso,

así como someter a las UD elaboradas a una mejora permanente a través de su evaluación sistemática.

Un maestro en ejercicio no puede circunscribirse exclusivamente a lo que las editoriales de libros de texto puedan prescribir, por cuanto su potencial educativo es limitado e ignoran las circunstancias que rodean y condicionan cada aula en particular. Al margen de su utilidad, el maestro debe ser capaz de elaborar, preferentemente en equipo, la

programación docente basándose en un conjunto de parámetros que doten a esta herramienta educativa del mayor rigor y calidad posible.

Tampoco se puede caer en el mito de la UD rígida e inquebrantable. El desarrollo profesional ha de ir dotando al maestro de herramientas para la necesaria flexibilidad y adaptación a las condiciones de la docencia, muchas veces imprevisibles y cambiantes.

En este tema pretendemos plantear los parámetros que deben guiar el diseño de UD y la necesaria coherencia con que debe dotarse al conjunto de decisiones que la configuran. Dicha UD irá

realizándola fundamentalmente en los seminarios de la asignatura, en paralelo a las clases teóricas (véase cronograma orientativo, p. 12).

Previamente vamos a abordar algunos aspectos teóricos que van a complementar las directrices a seguir en el diseño de la UD, y que tienen que ver fundamentalmente con los procesos de enseñanza y aprendizaje del alumno de Primaria.

Inicialmente, en la primera sesión de seminario, se tendrá una primera toma de contacto con los contenidos oficiales de Ciencias de la Naturaleza, analizando la legislación vigente sobre enseñanzas mínimas de Educación Primaria.

1. DIFICULTADES DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Las principales dificultades para la enseñanza de las ciencias (aparte de otras variables de contexto) se pueden atribuir, por una parte, a la falta de conocimientos sobre los contenidos a enseñar (sólo se puede enseñar algo si antes se ha aprendido) y, por otra, a la falta de conocimientos sobre el modo de enseñarlos (relacionado con lo que ha venido a llamarse el *conocimiento didáctico del contenido*). Uno de los objetivos principales de esta asignatura es, precisamente, el de ayudarte en estas dos cuestiones. Esperamos conseguirlo.

El primer inconveniente que encontramos a la hora de identificar las dificultades de aprendizaje en Educación Primaria es la escasa atención prestada en nuestro país a la investigación al respecto. Una revisión bibliográfica de las revistas especializadas del área nos permite encontrar fácilmente estudios sobre temas diversos en los ámbitos de la Educación Secundaria y Universitaria, pero escasean los centrados en la Educación Primaria. Cada vez se hace más necesaria la incorporación del profesorado de Primaria a las investigaciones educativas (ánimate a investigar, es gratificante... ¡y muy útil!).

Se han realizado, no obstante, sólidas investigaciones, centradas, por una parte, en las etapas piagetianas del desarrollo cognitivo (Shayer y

Adey, 1986), y, por otra, en la identificación de las *concepciones alternativas del alumnado*¹ (Driver, Guesne y Tiberghien, 1992; Hierrezuelo y Montero, 1991). Comentémoslas.

1.1. Las etapas del desarrollo cognitivo y el aprendizaje de las ciencias

En muchas ocasiones se piensa que el alumnado de Primaria, sobre todo el de los primeros cursos, no puede aprender ciencias al no ser capaz de hacer abstracciones, plantear hipótesis o manejar variables. Sin embargo, bajo las perspectivas actuales del aprendizaje (que trataremos en apartados posteriores) puede defenderse que desde las primeras edades se van construyendo maneras de ver los fenómenos del entorno, que pueden ir evolucionando hacia interpretaciones más cercanas a las de la ciencia.

Podemos afirmar, pues, que en la etapa de Educación Primaria, y desde los primeros cursos, el planteamiento de determinadas actividades puede favorecer el desarrollo de capacidades necesarias para avanzar en la construcción del conocimiento científico. Debemos fomentar en esta etapa, al igual que en las que le siguen, una cien-

¹ Son muchas las denominaciones utilizadas para las mismas, tales como ideas previas, preconcepciones..., que, por simplificar, utilizaremos indistintamente.

cia que enseñe a pensar, a hacer, a hablar, a regular los propios aprendizajes y a trabajar en interacción (Pujol, 2003).

Para ello será necesaria una transposición didáctica reflexionada para adecuar los contenidos al nivel cognitivo del alumnado. Salvando inconvenientes que puedan derivar de las características de la muestra y época de la investigación, puede sernos de gran ayuda para este propósito los trabajos realizados por M. Shayer y P. Adey (1986) o J. Lillo y L. F. Redonet (1985), quienes proporcionaron una taxonomía de competencias del alumnado en el aprendizaje de nociones de ciencias en función de las distintas etapas del desarrollo cognitivo (anexo 2).

Las orientaciones dadas por estos autores, teniendo en cuenta que la edad del alumnado de Educación Primaria (6-12 años) coincide aproximadamente con el período de crecimiento y consolidación de las operaciones concretas², pueden ser un buen punto de partida para la reflexión sobre la transposición didáctica más idónea en relación con los contenidos a trabajar.

1.2. Las concepciones alternativas y el aprendizaje de las ciencias

Otra fuente para identificar las dificultades del alumnado de Educación Primaria para el aprendizaje de las ciencias son las investigaciones sobre sus ideas previas. Es muy importante conocerlas durante la elaboración de cualquier propuesta didáctica, pues así podremos diseñar actividades directamente orientadas a reforzar las adecuadas y reconducir las inadecuadas.

Hasta no hace mucho (puede que en la actualidad haya quienes aún lo piensen) el aprendizaje de las ciencias se concebía como algo que sucede

² Sólo una pequeña fracción dispondrá al finalizar la etapa de algún grado incipiente de desarrollo de las operaciones formales.

a partir de una mente en blanco en la que el profesorado podía escribir, trasladando a ella su conocimiento de un modo acumulativo y lineal. Según este modelo de adquisición de conocimientos, toda persona está dotada, en mayor o menor grado, de unas capacidades, a cuyo conjunto llamamos *inteligencia*, que le permiten hacer suyo el conocimiento ya elaborado que otras personas le transmiten. Para explicar los problemas de aprendizaje, siempre atribuidos a la falta de interés y dedicación al estudio, se recurre a factores sociales y familiares.

El conocimiento científico se concibe, pues, como un producto prefabricado que puede ser incorporado a estas mentes en blanco sin más que transmitirlo. Según este modelo, para aprender se han de dar dos condiciones: tener las capacidades mínimas, y que alguna otra persona presente el conocimiento de forma adecuada. El fracaso se explica porque ha fallado alguna de ellas. Esta es la perspectiva de lo que se ha llamado la *enseñanza tradicional*.

En el marco de esta enseñanza tradicional, cuando las ideas previas de los alumnos son diferentes a las asumidas por la comunidad científica, se piensa que son, simplemente, «ideas mal aprendidas». Cuando sean bien explicadas serán finalmente comprendidas, y a partir de entonces no se volverán a cometer las mismas equivocaciones. Tampoco hemos de preocuparnos, en este sentido, de que los alumnos sean conscientes de ellas, pues para resolver el conflicto basta con ofrecerles una buena explicación.

En la actualidad se tiene una imagen muy diferente del proceso de aprendizaje, considerando que la forma en que los alumnos perciben e interpretan la información que reciben está condicionada por su experiencia y conocimientos previos, así como por influencias sociales y culturales del entorno en el que se desarrolla, tanto a nivel escolar como personal. Desde esta perspectiva, el aprendizaje no consiste en una adquisición arbitraria de hechos, principios y leyes, sino en una transformación de los conocimientos que ya se

poseen en otros más complejos y coherentes con el conocimiento científico. Se aprende, pues, *construyendo* el conocimiento a partir de lo que ya se conoce.

Esta *visión constructivista* del aprendizaje, o *socioconstructivista* si tenemos en cuenta el papel del entorno social, se basa en la construcción de significados, para lo que se establecen cuatro premisas fundamentales (Driver, 1986):

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
- Encontrar sentido supone establecer relaciones.
- Quien aprende construye activamente significados.
- El alumnado es responsable de su propio aprendizaje.

Las ideas previas, que no eran más que meras curiosidades en el marco tradicional, pasan a tener un papel fundamental en la visión constructivista del proceso de aprendizaje de las ciencias, pues han de constituir su punto de partida. Por tanto, el proceso de E/A debe comenzar por su identificación, reforzando y ampliando las correctas y fomentando el cambio cuando no lo sean. Además, el aprendizaje, que debe ser construido por el alumnado, debe tener sentido y ser útil para la vida cotidiana.

Muchas veces, en el estudio de los modelos científicos, las ideas previas actúan como obstáculos, pues son ideas muy arraigadas en el alumnado. En algunos casos, la investigación didáctica ha llegado a acuerdos sobre aspectos que las definen, aunque en otros aún existe controversia. Podríamos destacar (Sanmartí, 2002):

- Generalidad.** La mayoría de las ideas previas se encuentran en individuos de diferentes capacidades, géneros y culturas. Esto conduce a pensar que en la construcción de las concepciones alternativas deben influir las formas de percibir y de organizar la in-

formación del sistema cognitivo humano, pues son comunes a toda la especie.

- Persistencia.** Con la enseñanza hay algunas concepciones que varían, pero otras permanecen prácticamente inalteradas, principalmente las de origen sensorial, ya que para ellas la explicación científica contradice la percepción cotidiana.
- Estructuración.** El estudio del posible carácter estructurado y coherente de las concepciones alternativas es el que presenta mayor controversia. Desde un principio se supuso que las concepciones del alumnado constituían un cuerpo estructurado de conocimientos que se aplicaba en diferentes dominios, pero la existencia de estas estructuras aún no se ha demostrado. Aunque existen líneas de trabajo que intentan describir estas posibles estructuras, también hay quienes piensan que no tiene sentido buscar indicios de coherencia, y que las concepciones del alumnado son un conjunto fragmentado de ideas.
- Dependencia del contexto.** Dado que se han observado cambios en las ideas expresadas por el alumnado al cambiar el enunciado de las cuestiones, hay quienes piensan que las concepciones son construcciones ad hoc, o improvisadas, para atender a las demandas de una tarea, en un intento de interactuar con éxito con cada tipo de escenario.

De cualquier modo, y como reflexión final de este apartado, es conveniente señalar que ni desde la Psicología ni desde la Biología existe en la actualidad un modelo único explicativo de cómo se aprende. El aprendizaje de la especie humana es algo extremadamente complejo en el que intervienen multitud de variables y factores.

ACTIVIDAD 1: Interpretar las características de las ideas previas sobre un tópico científico descritas en un artículo de investigación.

2. LOS MODELOS DIDÁCTICOS

Evidentemente, hay muchas formas de enseñar. Tratar de agruparlas en algunos modelos es sin duda un atrevimiento. Aquí se usa el término «modelo» como un esquema teórico que trata de simplificar una realidad compleja, y, por tanto,

un modelo didáctico es un esquema simplificado del proceso de E/A.

Comencemos con un ejemplo. Imaginemos que tratamos de enseñar las disoluciones a estudiantes de 6.º de Primaria. En el cuadro 1.1 se muestran tres posibilidades.

CUADRO 1.1

Breve descripción de alternativas de enseñanza para las disoluciones en 6.º de Primaria³

1. El docente explica los conceptos que vienen en el libro de texto y los estudiantes, a continuación, realizan las actividades.
2. El docente lleva a los estudiantes a un aula-laboratorio y allí éstos han de seguir un guión de trabajo en el que han de realizar mezclas de sustancias en varios tubos de ensayo y diferenciar por su aspecto las que son disoluciones de las que son mezclas heterogéneas. Posteriormente, según el guión, han de preparar disoluciones sencillas de concentraciones conocidas.
3. La docente plantea un problema sucedido en una finca rural donde seis amigos solían ir a pasar los fines de semana. Un precioso pez, al que habían bautizado con el nombre de Nemo y al que todos adoraban, apareció muerto con un ligero tono azulado en el estanque de agua subterránea que había en la finca. Este hecho los dejó profundamente impresionados y decidieron investigar el motivo. Los estudiantes forman pequeños grupos de trabajo cooperativo para ayudar a los seis amigos a solucionar el problema. Propusieron las siguientes alternativas:
 - a) Causas naturales (la edad o una enfermedad).
 - b) Causas ambientales (contaminación del agua).
 - c) Accidente (un accidente fortuito).
 - d) Alimentación (escasez o exceso de comida, comida en mal estado).
 - e) Causas emocionales (se muere de pena o angustia).

Los estudiantes solicitan a la profesora la información requerida para contrastar sus propuestas. Ella les proporcionó información acerca de los contaminantes del agua y así fue como conocieron el «síndrome del bebé azul», provocado por la contaminación de bebés con nitratos en el agua. Decidieron entonces comprobar si había nitratos en el agua y compraron un test donde figuraban las instrucciones «valores superiores a 50 mg/l son inaceptables desde el punto de vista de la salud». Indagaron en el significado de 50 mg/l y así aprendieron los conceptos de disolución, soluto y disolvente. Los resultados del test fueron de 250 mg/l, lo que les llevó a concluir que ésta era la causa de la muerte de Nemo. Decidieron también analizar el agua del estanque del vecino y comprobaron que también estaba contaminada por nitratos. Pero, ¿cómo habían llegado los nitratos a las aguas subterráneas? Concluyeron que era la actividad agrícola la originaria del problema y decidieron informar de su descubrimiento al alcalde de la localidad.

³ La alternativa 3 está adaptada de: Lacosta, I. (2011). *El estudio de casos como metodología para abordar la contaminación del agua subterránea en la ESO*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

2.1. El modelo de transmisión/recepción

El modelo por transmisión-recepción, también llamado tradicional, pese a no ser de los más defendidos explícitamente, es el más utilizado en la actualidad. El peso de la tradición es grande, y, además, es el que proporciona mayor seguridad al profesorado, pues requiere menor planificación, es compatible con una mayor disciplina en el aula y le permite enseñar más contenidos conceptuales en menos tiempo.

En él se considera que la *mente del estudiante* es como una «caja vacía» o receptáculo que se puede ir llenando progresivamente repitiendo contenidos y memorizándolos. La *Ciencia* es concebida como el conjunto de contenidos que se halla en el libro de texto, por lo que cualquier opción al margen de él sería incorrecta. Es una concepción de ciencia absoluta y verdadera. Los *objetivos* son muy claros: los estudiantes deben reproducir textualmente los contenidos enseñados. Y estos *contenidos* son, dado su carácter declarativo, principalmente conceptuales. Para ello, hay dos fases fundamentales que describen la *secuencia didáctica*: en primer lugar, el docente deberá explicar con claridad los conceptos y, tras ello, los estudiantes realizarán actividades individualmente. Estas explicaciones se realizan en gran grupo, de modo que la mejor *organización del aula* es la que permite que haya una buena comunicación entre el docente y cada uno de los estudiantes. Los *recursos* más utilizados son el libro de texto y la pizarra. La *evaluación* consiste en un examen final, habitualmente de reproducción memorística de lo trabajado en clase. El *rol del docente* es ser un buen comunicador e impartir buenas clases magistrales.

En este modelo enseñar es idéntico a explicar. Aprender es lo mismo que reproducir contenidos.

Conviene aclarar que el modelo sigue siendo tradicional, en cualquiera de los siguientes casos:

1. Probablemente surjan muchas dudas tras la lectura del cuadro 1.1. Por ejemplo, te podrías plantear si el contenido que aprenden los estudiantes es el mismo en las tres alternativas, y la respuesta es negativa. Sabiendo que los contenidos pueden ser conceptuales, procedimentales y actitudinales, desde tu perspectiva, ¿cuáles se potencian en cada una de las propuestas?
2. Un docente ha oído decir que «las ideas previas son importantes» y decide iniciar su enseñanza de disoluciones con una lluvia de ideas en gran grupo con preguntas como ¿qué le pasa al Cola-Cao cuando se agrega a la leche? o ¿qué le ocurre al aceite cuando se añade al gazpacho? Reflexiona acerca de las modificaciones que estas preguntas generan respecto a la primera propuesta del cuadro 1.1.

A continuación se identificarán las principales características de algunos de los modelos mejor diferenciados en la investigación didáctica. En todos los casos, se utilizarán para ello sus fundamentos y sus elementos curriculares.

Los fundamentos se refieren al modelo de ciencia y al modelo de aprendizaje asociados a cada modelo didáctico. Esto es, aun a veces de modo inconsciente, cuando se diseña o se lleva a la práctica una propuesta de enseñanza, se está transmitiendo una imagen específica acerca de la naturaleza de la ciencia y de cómo aprenden nuestros estudiantes. Son por tanto, respectivamente, sus fundamentos epistemológicos y psicológicos.

Los elementos curriculares son los componentes de la propuesta que dan respuesta a ¿qué objetivos se pretenden?, ¿qué contenidos se enseñan?, ¿qué etapas o fases se identifican en la estrategia didáctica?, ¿cómo se organiza el aula?, ¿qué recursos estamos utilizando?, ¿cómo se evalúa?, ¿cuál es el papel que adopta el profesor?, los cuales se sintetizan en objetivos, contenidos, metodología, organización del aula, recursos, evaluación y rol del docente.

- Cuando el docente hace uso de las TIC (videos, presentaciones, etc.) en sus explicaciones.
- Cuando el docente, en lugar de impartir clases magistrales en el sentido estricto del término, lo hace mediante explicaciones interactivas, esto es, aquellas en las que trata de incrementar la atención de los estudiantes mediante preguntas directas (¿qué acabo de decir? Repítelo. ¿Cuál es la consecuencia de esto? ¿Qué pensáis?...).
- Cuando alguna de las actividades realizadas por los estudiantes, tras la explicación, es de carácter práctico, siempre que sirva para comprobar lo dicho en la teoría.

Las anteriores son alteraciones que no modifican las características fundamentales del modelo, aunque sí pueden ayudar a incrementar su efectividad.

En el cuadro 1.2 se sintetizan las características que se acaban de describir.

2.2. El modelo por descubrimiento autónomo

Este modelo surge fundamentalmente en la segunda mitad del siglo XX en Norteamérica, como reacción pendular al modelo de transmisión-recepción. A veces, cuando los profesores buscan alternativas metodológicas a los modelos transmisivos, suelen acudir a secuencias inductivas que inician las tareas de aprendizaje a través de la observación y el contacto con la realidad, basándose en la creencia de que los alumnos podrán llegar a abstraer y alcanzar de modo inductivo el conocimiento necesario.

En la actualidad el modelo por descubrimiento, entendido como un descubrimiento empírico e inductivo, es otro modelo superado por la investigación en DCE; pero conviene conocerlo en profundidad sobre todo para saber identificarlo y diferenciarlo de muchas tendencias que se llaman constructivistas y que en realidad son más cercanas al descubrimiento autónomo. Además, veremos que es un modelo idóneo cuando se trata de enseñar contenidos procedimentales.

Sus fundamentos psicológicos enraizan en el llamado «aprendizaje por descubrimiento de Bruner», según el cual se aprende mejor todo lo que se descubre por sí mismo, o, como recoge la famosa frase de Piaget (1970, pp. 28-29 de la traducción cast.), «cada vez que se le enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir solo, se le impide a ese niño inventarlo y en consecuencia entenderlo completamente».

Los fundamentos epistemológicos son los de una ciencia empírica, inductiva y positivista, que tuvo su momento álgido durante la primera mitad del siglo XX con el Círculo de Viena. Según esta concepción, la verdad científica existe y la mejor forma de llegar a ella es mediante la metodología científica, caracterizada por un conjunto sucesivo e inflexible de procesos científicos que son: O (Observación); H (Hipótesis); E (Experimentación); R (Resultados); I (Inferencias), y C (Conclusiones).

Los objetivos de este modelo son que los estudiantes aprendan los procesos científicos (OHERIC, acrónimo que surge de la primera letra de los procesos anteriores). Los contenidos son los procedimentales, identificados con los procesos

científicos, a través de los cuales se pretende que se alcancen, de modo similar a lo que ocurrió en la historia de la ciencia, los conceptos, modelos y teorías científicas. La estrategia didáctica consiste en enfrentar a los estudiantes a problemas, preguntas, experiencias, etc., ante las que han de observar, formular hipótesis, experimentar, obtener unos resultados, extraer inferencias y conclusiones. El laboratorio se constituye en el recurso imprescindible. Las relaciones comunicativas no son importantes, pues al fin y al cabo el aprendizaje es fundamentalmente un proceso de desarrollo individual. Por tanto, el aula podrá estar estructurada en pequeños grupos (pues hay que tener en cuenta que se trabaja con material experimental en el laboratorio), pero en las actividades no se fomenta que los estudiantes intercambien sus ideas y formas de pensar. La evaluación se centra en la obtención del resultado esperado con las experiencias realizadas y en el proceso que lleva a él. El rol del profesor será el de organizar y diseñar los guiones de trabajo de laboratorio.

En el cuadro 1.3 se sintetizan las características del modelo por descubrimiento autónomo.

CUADRO 1.2

Síntesis del modelo de transmisión/recepción

<p>Fundamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos psicológicos: el estudiante aprende escuchando, repitiendo y memorizando. • Fundamentos epistemológicos: la ciencia es un cuerpo cerrado (absoluto) de conocimientos indiscutibles (ciencia verdadera).
<p>Elementos curriculares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos: reproducir los contenidos conceptuales. • Contenidos: contenidos conceptuales. • Estrategia didáctica: el docente explica mientras que el estudiante escucha, repite y memoriza. A continuación, los estudiantes realizan actividades de aplicación. • Organización del aula: gran grupo exclusivamente. • Recursos: destacan el libro de texto y la pizarra. • Evaluación: evaluación final, con intención sumativa. • Rol del docente: explicar y ser un buen comunicador.

CUADRO 1.3

Síntesis del modelo por descubrimiento autónomo

<p>Fundamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos psicológicos: el estudiante aprende haciendo. • Fundamentos epistemológicos: la ciencia es empirista y hay objetividad en la observación.
<p>Elementos curriculares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos: aprender procesos científicos. • Contenidos: contenidos procedimentales. • Práctica didáctica: el estudiante debe seguir los pasos del método científico, esto es, hacer OHERIC, ante experiencias, problemas o preguntas que se le planteen. • Organización del aula: no es importante, vendrá determinada por la disponibilidad de material. • Recursos: laboratorio escolar. • Evaluación: evaluación continua, con intención formativa, y la evaluación final, con intención sumativa. • Rol del docente: diseñar los guiones de trabajo en el laboratorio escolar.

La crítica más poderosa que se le hace al aprendizaje por descubrimiento es que parte del supuesto de que los alumnos de todas las edades pueden aprender y actuar como pequeños científicos. Pero la investigación ha demostrado que los estudiantes (y todos los seres humanos) se enfrentan a los problemas usando unas reglas heurísticas que están bastante alejadas de los llamados procesos científicos, de modo que una buena parte de los contenidos, sobre todo, conceptuales, quedarían muy alejados de lo que se podría aprender a través de este inductivismo ingenuo.

2.3. Los modelos constructivistas

Las propuestas constructivistas surgen en el último tercio del siglo XX en un relativo consenso (Driver, Guesne y Tiberquien, 1992; Gil, 1993) englobando unas prácticas didácticas o formas de acción muy variadas entre sí, pero que comparten un conjunto básico de principios inspiradores. Éstos son los siguientes:

Desde su *perspectiva psicológica*, aprender es *reconstruir* estructuras cognitivas. Esto es, para que un aprendizaje sea posible, deben existir esquemas previos de conocimiento que puedan ser enlazados con el nuevo contenido de aprendizaje. Aun en los casos en los que el contenido de enseñanza sea muy novedoso para el estudiante, si quiere aprenderlo siempre deberá activar algún esquema (posiblemente analógico) que le permita conectar con el nuevo contenido. Las ideas, esquemas, conocimientos previos, preconceptos, etc., conforman el sustrato sobre el que se construye el aprendizaje y dirigen el proceso de construcción del conocimiento.

En cuanto a los *fundamentos epistemológicos*, los modelos constructivistas abrazan los nuevos enfoques filosóficos de la Ciencia, según los cuales son posibles muchas interpretaciones del mundo y los criterios para definir la mejor interpretación son unas veces racionales y otras so-

ciales. La historia de la ciencia está repleta de ejemplos en los que han existido distintas interpretaciones científicas y no siempre han primado ni persistido los criterios racionales. Un ejemplo bastante paradigmático son las interpretaciones aristotélicas en muchos campos científicos y el fuerte arraigo que tuvieron hasta bastante después de que existieran fuertes evidencias contrarias a las mismas.

Los *objetivos* de estos modelos son ambiciosos, pues pretenden la formación integral del estudiante, lo que implica atender a *contenidos* conceptuales, procedimentales y actitudinales que son inseparables en el enriquecimiento de las estructuras cognitivas. La *práctica científica* podrá ser muy variada, dependiendo del modelo constructivista concreto abordado, pero toda práctica científica que se estime constructivista debe dar oportunidades para que los estudiantes hagan, piensen, hablen sobre lo que piensan, regulen sus propios aprendizajes y trabajen en interacción con sus compañeros. El *aula debe organizarse* de modo que sean posibles las interacciones de cada estudiante con su pequeño grupo de trabajo, con el gran grupo de aula y por supuesto con el docente. Asimismo, los *recursos* deben ser variados, y no pueden faltar las experiencias prácticas, los materiales escritos y los recursos tecnológicos. En cuanto a la *evaluación*, ésta se convierte en un instrumento de indagación en el proceso de E/A, por lo que su objetivo no se limita a evaluar los aprendizajes sino que va encaminado sobre todo a la mejora de los procesos de E/A. Por tanto, la evaluación hay que plantearla como un proceso continuo en el que intervienen los propios estudiantes a través de la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación. Por último, el *rol del profesor* en estos modelos es bastante complicado, pues ha de ser *diagnosticador* de las ideas previas de las que parten sus estudiantes, *motivador* para conseguir que los estudiantes se impliquen en sus propios aprendizajes, *guía* de la acción didáctica e *investigador en la acción* para evaluar los procesos de E/A.

Una vertiente importante del constructivismo es el socioconstructivismo o constructivismo social, que incluye entre los fundamentos del modelo, además de los psicológicos y los epistemológicos, los propios de la sociología de la ciencia. De ella, incorpora la importancia que los criterios contextuales, externos y sociales, tienen sobre los individuales, internos y racionales, en la toma de decisiones. En este paradigma se ha integrado el movimiento CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), que trata de llevar al aula los problemas sociales más relevantes de la actualidad y promover la alfabetización científica, mostrando la ciencia como una actividad humana de gran importancia social.

En el cuadro 1.4 se sintetizan las características que acabamos de señalar para los modelos constructivistas.

En definitiva, el constructivismo debe entenderse como una perspectiva o modo de trabajo, más que como una solución o receta para resolver los problemas y dificultades de las clases de ciencias. Situado en una posición intermedia entre la transmisión-recepción y el descubrimiento, le adjudica importancia tanto al conocimiento verbal

como a las experiencias prácticas, pues de ambos se alimenta el intelecto humano.

En el apartado siguiente veremos algunas de las estrategias didácticas asociadas al constructivismo.

3. ESTRATEGIAS CONSTRUCTIVISTAS DE ENSEÑANZA

3.1. El cambio conceptual

Una idea básica del constructivismo, «lo que hay en la mente del estudiante es importante», ha originado un amplio cuerpo de investigaciones sobre las llamadas ideas previas, preconcepciones, ideas alternativas, esquemas previos, etc., durante los últimos treinta años del siglo pasado. Muchas de estas investigaciones han tratado de ir más allá, y no se han detenido en identificar las ideas previas sino sobre todo en indagar cómo y bajo qué condiciones es posible el acercamiento de estas ideas a las aceptadas académicamente, dando lugar a la línea de investigación sobre el cambio conceptual.

CUADRO 1.4

Síntesis de los modelos constructivistas

<p>Fundamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos psicológicos: el estudiante aprende reconstruyendo sus ideas o esquemas previos. • Fundamentos epistemológicos: la ciencia avanza reconstruyendo interpretaciones científicas.
<p>Elementos curriculares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos: formación integral del estudiante, como ciudadano y futuro docente. • Contenidos: contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. • Estrategia didáctica: el estudiante debe hacer, pensar, hablar, regular sus propios aprendizajes e interaccionar —compartiendo y discutiendo sus ideas— con sus compañeros y con el docente. • Organización del aula: flexible. Pequeños grupos y gran grupo. • Recursos: no pueden faltar los recursos escritos y los experienciales. • Evaluación: comprende la evaluación del aprendizaje del estudiante y la del proceso de E/A. • Rol del docente: diagnosticar, motivar, guiar e investigar en la acción.

Inicialmente propuesto en 1982 por Posner, Strike, Hewson y Gertzog, en el enfoque de enseñanza por cambio conceptual se pretende el cambio o sustitución de las ideas previas de los estudiantes por otras más cercanas a las académicas. El gran reto de estas investigaciones ha sido encontrar las condiciones favorables para dicho cambio. Uno de los mecanismos más defendidos para ello es el *conflicto cognitivo*, que en términos generales viene a significar que el estudiante sienta insatisfacción con sus ideas previas. Se supone que en estos momentos estaría más preparado para aceptar las nuevas ideas.

En este enfoque se han propuesto muchas estrategias docentes. Una de las más conocidas es la de Driver (1988), que contempla cuatro etapas (figura 1.1):

1. **Identificación de ideas previas.** Su finalidad es que los estudiantes sean conscientes de sus ideas previas y las plasmen en algún medio escrito ya sea mediante dibujos, textos, mapas, esquemas, etc., en sus libretas, pósteres, pizarra...
2. **Reestructuración de ideas.** Pretende el reemplazo de las ideas previas por las

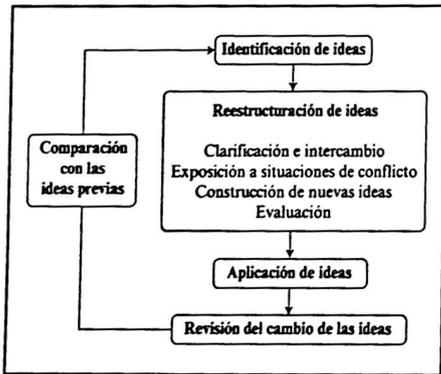


Figura 1.1.—Propuesta de R. Driver para el desarrollo de secuencias de actividades y unidades didácticas.

ideas académicas. Para ello, el docente primero debería clarificar las ideas previas que han surgido en el aula; a continuación, busca crear el conflicto cognitivo a través de experiencias o situaciones que hagan sentir al estudiante la insatisfacción con sus ideas previas. En este momento, potencia la construcción de las nuevas ideas, como alternativas que permiten explicar las nuevas situaciones. Antes de pasar a la fase siguiente, se asegura de evaluar el grado de inteligibilidad que las nuevas ideas tienen para sus estudiantes.

3. **Aplicación de ideas.** Su propósito es que los estudiantes vean que las nuevas ideas son fructíferas, esto es, que permiten resolver de modo satisfactorio un amplio conjunto de fenómenos.
4. **Revisión del cambio de ideas.** Etapa en la que se fomenta la metacognición del estudiante a través de preguntas: ¿Qué pienso ahora y qué pensaba antes de empezar? ¿Qué he aprendido?

Este enfoque por cambio conceptual ha recibido muchas críticas relacionadas con:

- a) El propio proceso de cambio, que para muchos autores es más bien una evolución gradual y paulatina en el estatus de las concepciones.
- b) El fuerte reduccionismo que supone confinar la E/A de las ciencias únicamente a los contenidos conceptuales.
- c) El efecto desmotivante que puede originar en el estudiante explicitar sus ideas para después comprobar sistemáticamente que son erróneas, etc.

Sin embargo, también ha generado muchas y loables propuestas de enseñanza, como la de la enseñanza basada en modelos. En la figura 1.2 se muestra un ejemplo a modo de esquema para la enseñanza de la luz (propagación y reflexión de la luz).

1. El docente baja las persianas del aula, dejando una pequeña rendija de entrada de luz. Comprueba con los estudiantes que algo se ve, aunque más en unas zonas que en otras del aula. Abre entonces las persianas y plantea la siguiente cuestión:

¿Qué ocurre con un rayo de luz cuando entra por una pequeña rendija de la habitación?

Los estudiantes hacen sus dibujos primero en sus libretas y, a continuación, en la pizarra, donde con ayuda del docente se van agrupando dando lugar a las siguientes propuestas, que se acompañan del número de estudiantes que las vota.

Luisa (6)

Mohamed (5)

Adrián (8)

Pedro José (7)

2. El docente realiza con un maletín escolar de óptica la demostración de que la luz se desplaza en línea recta. Discute con los estudiantes qué modelo de los iniciales no responde a esta observación (modelo de Luisa) y se acuerda rechazarlo.
3. El docente realiza con el mismo maletín escolar de óptica la experiencia en la que la luz choca contra una pared para analizar su comportamiento. En primer lugar, supone que dicha pared sea un espejo y se analiza para este caso la reflexión especular. A continuación, refiere lo que ocurre cuando es una pared no tan pulida como la del espejo, a la que llama reflexión difusa. Los estudiantes concluyen que ninguno de los dibujos iniciales responde a este comportamiento y realizan nuevas propuestas en sus libretas.
4. El docente se asegura de que todos los estudiantes han realizado dibujos conformes con la reflexión difusa. Les pide además que escriban junto a ellos la explicación correcta.
5. Finalmente, el docente solicita que comparen los nuevos dibujos con los iniciales y expliquen los cambios.

Figura 1.2.—Ejemplo de propuesta didáctica por cambio conceptual para la propagación y reflexión de la luz.

3. Identifica, en la propuesta didáctica de la figura 1.2, las etapas del modelo de cambio conceptual de Driver (1988) esquematizadas en la figura 1.1.

3.2. La enseñanza por investigación en torno a problemas

La enseñanza por investigación en torno a problemas persigue el desarrollo de capacidades

de razonamiento y actitudes científicas y hacia las ciencias, a la vez que el de estructuras conceptuales propias de la ciencia escolar, de forma significativa, mediante procesos de investigación y toma de decisiones por parte del alumnado.

Se fomenta de este modo el aprendizaje de aspectos metodológicos relacionados con el trabajo científico, además de la inmersión del alumnado en la cultura científica, utilizando para ello estrategias propias de la ciencia a la hora de abordar problemas (Gil, 1993; Gil y Vilches, 2005a). Además, se participa en proporcionar al alumnado una imagen de ciencia y del trabajo de la comunidad científica más cercana a la que se asume en la actualidad.

En estas estrategias, en las que la resolución de problemas constituye el hilo conductor de las secuencias de E/A, hay que prestar especial atención al significado del término «problemas»⁴. No han de entenderse como ejercicios estereotipados en los que se aplica un determinado algoritmo de resolución, sino como actividades problemáticas, que no tengan una solución evidente e inmediata, orientadas a promover la investigación (quizá sería más oportuno el término *indagación*, entendido como pequeña investigación) por parte del alumnado. Serían la transposición didáctica de la investigación científica.

Asimismo, hemos de ser precavidos en el uso del término «investigación» en el enunciado de actividades que realmente no lo son, para intentar darles un sentido innovador. Así, actividades como «*investiga*», de entre estas sustancias (se da una lista), cuáles son ácidos y cuáles bases», o «*investiga* sobre los movimientos que observes y di si son rectilíneos o curvilíneos», realmente no son investigaciones, pues basta para la primera una consulta bibliográfica, y para la segunda, un ejercicio de observación y registro.

Si queremos desencadenar un proceso de inmersión del alumnado en el trabajo científico, hemos de plantear problemas contextualizados en

situaciones cotidianas, preferentemente de naturaleza abierta y que, en consecuencia, requieran una toma de decisiones argumentada.

La terminología común para referirse a este modelo en el ámbito anglosajón es *Inquiry Based Science Education* (IBSE), y conviene advertir que para muchos autores e informes internacionales como el encargado por la Comisión Europea (Rocard y otros, 2007) es la metodología alternativa a la tradicional por la que los estudiantes podrían llegar a adquirir las competencias científicas y no científicas demandadas en las actuales reformas educativas.

En el Anexo 3 de este tema se muestra un ejemplo de secuencia de E/A por investigación, y en el Anexo 4, una panorámica general de todos estos modelos.

4. Identifica los modelos didácticos a los que se adecuan las propuestas de enseñanza del cuadro 1.1.

ACTIVIDAD 2: Comparar los modelos didácticos con el que subyace en un libro de texto.

4. LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE

El diseño de toda estrategia didáctica implica, entre otras actuaciones, la selección y secuenciación de las actividades de E/A que se consideren más adecuadas para la consecución de los objetivos planteados. Quizá sea una de las decisiones más importantes de la planificación docente, pues de ella depende en gran medida que se alcancen, o no, estos objetivos.

En didáctica, las actividades pueden definirse como «un conjunto de acciones planificadas por el profesorado que tienen como finalidad

promover el aprendizaje de los alumnos en relación con determinados contenidos». Sólo tienen sentido si provocan la actividad mental del alumnado. Son las que, finalmente, concretan las intenciones educativas, favoreciendo la comunicación entre el alumnado, el profesorado y la materia a enseñar.

Las actividades pueden ser de tipologías muy distintas, y es muy importante, como medida de atención a la diversidad⁵, que toda propuesta docente recoja actividades variadas de distintos tipos, ya que así se favorece que cada estudiante pueda desarrollar sus capacidades en función de su estilo cognitivo y de su motivación.

De hecho, una actividad concreta no ha de tener la finalidad de promover un determinado conocimiento, sino de plantear situaciones propicias para que el alumnado actúe y sus ideas evolucionen en función de cada situación personal. Es el conjunto de actividades seleccionadas (que depende, en última instancia, del modelo didáctico que se asuma), debidamente organizadas y secuenciadas, el que posibilita el aprendizaje.

En relación con los tipos de actividades, es tal el abanico de posibilidades con las que contamos a la hora de diseñarlas, delimitar sus finalidades, tareas a realizar, tiempo a emplear o recursos a utilizar, que no es fácil elegir un criterio para proceder a su clasificación. Tal vez el que permita una categorización más clara es la orientación que se da a la actividad en su diseño. Aunque en una misma actividad pueden subyacer varias de estas orientaciones, o una misma actividad puede tener más de una, podemos hablar entonces de las actividades enumeradas en la tabla 1.1.

⁵ No entendida, como en muchas ocasiones se plantea, como la elaboración de materiales diversos orientados a los distintos niveles cognitivos del alumnado (lo que ocasiona que el profesorado haga caso omiso, por la dificultad que ello plantea), sino en el sentido de emplear diversas metodologías para cubrir todas sus formas de aprender (Vilchez y Perales, 2009).

Aunque, como ya se ha comentado, es necesario diversificar las actividades como modo de ofrecer al alumnado mayores oportunidades para la construcción de conocimientos, los tres tipos más utilizados en las clases de ciencias son, en este orden, las exposiciones magistrales, la resolución de problemas y los trabajos prácticos (aunque estos últimos, desgraciadamente, estén perdiendo protagonismo). Profundicemos brevemente en sus características y posibilidades.

4.1. Las exposiciones magistrales

En relación con las exposiciones magistrales, bien es sabido que, normalmente, el protagonista es el profesorado, que acostumbra a pensar que su explicación es la actividad más importante para promover el aprendizaje del alumnado. En este sentido, resulta curioso que, en general, el profesor es consciente de que entiende algo precisamente cuando lo explica en el aula, ya que tiene que organizar un discurso coherente y con sentido. Del mismo modo, el alumnado empieza a comprender cuando tiene que explicar, ya que esta comunicación le exige un esfuerzo metacognitivo y de autorregulación a la hora de expresarse.

Para el alumnado no es fácil aprender a elaborar explicaciones científicas. De ahí la necesidad de promover el desarrollo de esta capacidad en las clases de ciencias. Algunos de los géneros lingüísticos que pueden facilitar este aprendizaje son: la descripción, la definición, la explicación, la justificación y la argumentación (Sanmartí, 2002).

En el contexto escolar quizá sea la argumentación el más globalizador, pues se puede considerar sinónimo de justificación y, en cierta medida, una buena (completa) argumentación suele necesitar el uso de descripciones, definiciones y explicaciones. Es por ello por lo que se le da tanta importancia desde las perspectivas constructivistas de la E/A de las ciencias.

⁴ Véase más adelante el apartado 4.2

TABLA 1.1
Clasificación de actividades de enseñanza-aprendizaje

Actividades orientadas a construir el conocimiento...			
... mediante la percepción directa de hechos	... con materiales	... interactuando con otras personas o fuentes de información	... reflexionando de modo individual
<ul style="list-style-type: none"> - Trabajos prácticos. - Trabajos de campo, visitas a servicios municipales, industrias, museos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de maquetas. - Realización de murales, cómics, etc. - Realización de montajes o exposiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exposiciones magistrales, por parte del profesorado, persona invitada o el propio alumnado. - Conversaciones colectivas, coloquios, lluvias de ideas, juegos de rol, etc. - Recogida de datos mediante entrevistas, conferencias, etc. - Visionado de videos, películas, programas de televisión, etc. - Observación de pósters, fotografías, diapositivas, etc. - Lectura de documentos. - Análisis de casos, biografías, etc. - Actividades de análisis y discusión realizadas en pequeños grupos. - Actividades de coevaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resolución de problemas. - Respuesta a cuestionarios. - Elaboración de resúmenes, diarios de clase, informes de laboratorio, etc. - Elaboración de esquemas, mapas conceptuales, etc. - Actividades de autoevaluación.

4.2. La resolución de problemas

El segundo tipo de actividad más utilizado en las clases de ciencias es la resolución de problemas académicos, que presentan claras diferencias con la acepción que damos al término en nuestra vida cotidiana («el coche me da problemas», «tal persona tiene problemas con las drogas», «tengo un problema con mi amigo», etc.). Por una parte, los primeros no surgen espontáneamente, sino de un modo intencionado que persigue objetivos didácticos. Por otra, los académicos incluyen datos

iniciales explícitos y su solución se conoce de antemano, aspectos no presentes en los cotidianos.

La resolución de problemas es «una actividad educativa que ha ocupado, ocupa y ocupará sin duda un lugar central en el proceso de enseñanza-aprendizaje» de las ciencias y que, «hasta hace bien pocos años, se solía ver constreñida a jugar un papel de mera aplicación del contenido teórico impartido (sea en actividades de aula o en los exámenes), sin que suscitara un excesivo interés la posible renovación en profundidad de sus planteamientos didácticos, a todas luces necesaria»

(Perales, 2000b, p. 9). Como ya se ha comentado, actualmente la situación ha cambiado y se proponen estrategias en las que la solución de problemas se considera el eje central sobre el que debe girar todo el proceso de E/A.

De acuerdo con los criterios comúnmente bajados, los problemas académicos se pueden clasificar según se muestra en la figura 1.3.

Como propuestas generales para mejorar el proceso de resolución de problemas en el aula, podemos destacar (Perales, 2000a):

- a) El uso de la diversidad de problemas (figura 1.3).
- b) Establecer una conexión continua entre la resolución del problema y la indagación en el contenido teórico.
- c) Utilizar en el enunciado un lenguaje cercano al alumnado (muchas de las dificultades que se suelen encontrar proceden precisamente del enunciado).
- d) Prestar atención a la metodología de resolución del problema (resolución individual o en pequeños grupos, enmarcada en procedimientos de carácter general, solventar deficiencias matemáticas y esta-

blecer secuencias de trabajo cuando la resolución es colectiva).

- e) Transformar los enunciados de los problemas numéricos en problemas cualitativos que se afronten como pequeñas investigaciones. El uso de estas estrategias, obviamente, debe comenzar por una auto-crítica por parte del profesorado en relación con su práctica en el aula de esta actividad docente.

4.3. Los trabajos prácticos

Por último, como tercera actividad de entre las más utilizadas en las clases de ciencias, destacan los trabajos prácticos, entendidos como cualquier actividad realizada por el alumnado, con un grado variable de participación en su diseño y ejecución, que comporte la manipulación de materiales, objetos u organismos con la finalidad de observar y analizar fenómenos (Sanmartí, 2002).

Normalmente se realizan fuera del aula (laboratorio, campo, etc.) y son más complejas de organizar que las que se realizan dentro. Requieren el uso de un material específico, por lo que pueden implicar ciertos riesgos, e implican el uso de

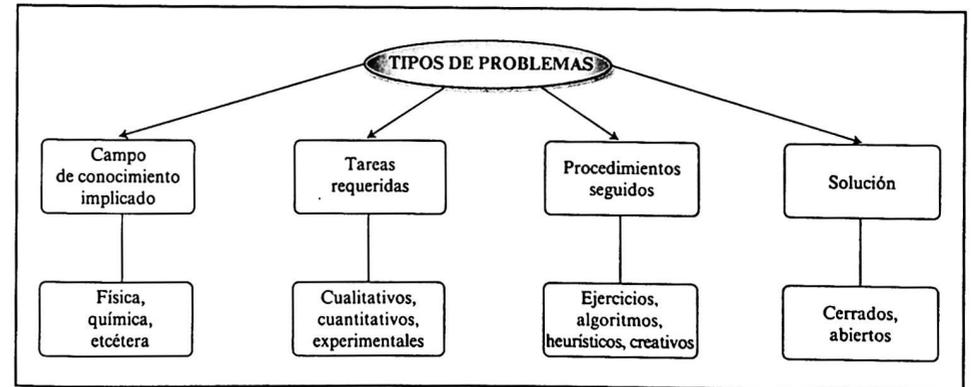


Figura 1.3.—Clasificación de los problemas académicos.

procedimientos científicos de diferentes características. Por otra parte, son el tipo de actividades que caracterizan más la enseñanza de las ciencias, diferenciándola de otras disciplinas.

La figura 1.4 muestra una clasificación de los que se utilizan con más frecuencia (Perales, 1994).

Este tipo de actividades tienen gran importancia para la E/A de las ciencias, pues mejoran la motivación del alumnado, ayudan a la comprensión de los planteamientos teóricos de la ciencia y al desarrollo del razonamiento científico del alumnado, facilitan la comprensión de cómo se elabora el conocimiento científico y de su significado, son insustituibles para el aprendizaje de procedimientos científicos y mejoran las actitudes del alumnado hacia las disciplinas científicas (del Carmen, 2000).

Sin embargo, y por desgracia, por motivos de infraestructuras, ratio o limitación temporal, sin olvidar la posible falta de preparación del profesorado para el diseño de estas prácticas, cada vez se les está prestando menos atención en las clases de ciencias.

Diversos estudios muestran que en España sólo un tercio del profesorado de Secundaria pla-

nifica la realización de algún trabajo práctico, que suele ser de comprobación de la información suministrada en las clases magistrales (Sanmartí, 2002). En el caso de la Educación Primaria, este tipo de actividades normalmente se desestiman, por considerar que «el esfuerzo y la complejidad a ellas asociados no se corresponde con una notable mejora del rendimiento escolar o al entender que desestabilizan la “tranquilidad” del ritmo de la clase» (Pujol, 2003).

Además, en la mayoría de las ocasiones se le da excesiva importancia al resultado del trabajo práctico. Ha de «salir bien», sin percibir que una experiencia de este tipo puede ser interesante precisamente para discutir por qué los resultados no son los esperados, lo que puede proporcionar información muy importante y relevante sobre los procedimientos adoptados. Esto conduce ineludiblemente a que el alumnado que se enfrenta a la realización de prácticas de laboratorio, sobre todo en niveles educativos superiores, desprecie el proceso y únicamente persiga el resultado esperado.

De seguir así, continuaremos desatendiendo algunas de las finalidades educativas, objetivos y

competencias básicas de los currículos oficiales de Primaria y Secundaria, además de no utilizar el potencial didáctico de los trabajos prácticos para la E/A de las ciencias, tanto en aspectos disciplinares como en los relacionados con la Naturaleza de la Ciencia.

Debemos esforzarnos por mejorar el diseño y utilización de este tipo de actividades en el aula. En la educación obligatoria, además, se deben enfocar, siempre que sea posible, utilizando materiales cotidianos fáciles de conseguir y que estén en contacto permanente con el quehacer diario del alumnado, como estrategia fundamental para la alfabetización científica, por acercar la ciencia a sus vidas.

4.4. Criterios para la secuenciación de actividades

Como se ha dejado entrever durante la exposición de este apartado, lo que da sentido a las actividades y las convierte, potencialmente, en útiles para aprender, es su secuenciación durante el proceso de E/A. Como criterios generales, para la organización de las actividades se propone la siguiente estructura temporal (Sanmartí, 2002):

1. **Actividades de exploración iniciales.** Tienen como objetivo que el alumnado se plantee el problema y explicité sus representaciones. Han de ser concretas y cercanas a su vida cotidiana.
2. **Actividades de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización.** Orientadas a que el alumnado pueda construir sus ideas mediante el reconocimiento de formas de mirar, de razonar y de argumentar, mediante la identificación de variables no consideradas hasta el momento, el uso de analogías, etc.
3. **Actividades de síntesis.** Orientadas a que el alumnado tome conciencia del modelo

construido hasta el momento y de cómo expresarlo de la forma más adecuada. Pueden ser diarios de clase, mapas conceptuales, resúmenes, etc.

4. **Actividades de aplicación y generalización.** Orientadas a ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo construido. Pueden ser actividades en las que el alumnado plantee nuevos problemas o pequeñas investigaciones en las que aplicar el modelo construido.

De este modo rompemos con la tradición de la estructura tradicional, en la que, después de explicar el contenido del libro de texto y aclarar los aspectos no comprendidos mediante la respuesta directa a las preguntas planteadas por el alumnado (cuando las haya), se procede a la resolución de los ejercicios propuestos en el mismo texto, que suelen consistir en repetición literal de frases del mismo o en la resolución de «problemas puzzle de papel y lápiz».

4.5. Recursos

En la actualidad se dispone de una gran cantidad de recursos para la enseñanza y el aprendizaje, y su uso variado puede fomentar la motivación del alumnado y facilitar su aprendizaje, en el sentido dado anteriormente a la atención a la diversidad. Podemos distinguir (Sanmartí, 2002):

- **Organizadores gráficos.** Son representaciones visuales utilizadas para la organización y comunicación de las ideas. Su utilidad en el aprendizaje es que a través de ellos se promueve la metacognición. Entre los más utilizados destacan los mapas conceptuales.
- **Maquetas, analogías y metáforas.** Facilitan la observación de algún objeto o fenómeno y promueven la inferencia y génesis de mo-

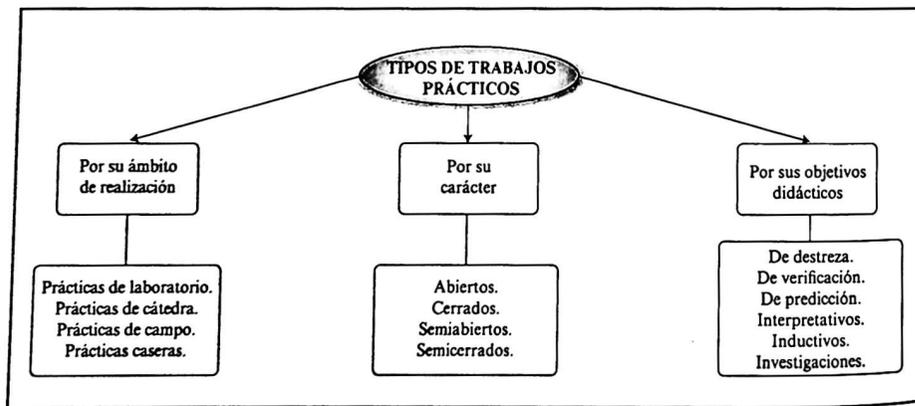


Figura 1.4.—Distintos tipos de trabajos prácticos.

delos teóricos. Tienen la función de desarrollar el pensamiento por analogías, tan importante en la construcción del conocimiento científico.

- **Recursos bibliográficos.** Aparte de los libros de texto, sin duda el referente principal para alumnado y profesorado, existen multitud de recursos bibliográficos a nuestra disposición. Así, el uso de prensa, revistas científicas, enciclopedias, biografías, libros de ciencia ficción o los libros de experimentos, entre otros, favorecen la motivación del alumnado y la construcción de conocimientos.
- **Recursos audiovisuales.** En la sociedad actual la imagen y el sonido son un medio fundamental para la comunicación entre personas, y también para la recogida de datos. Entre ellos, destacan los vídeos didácticos, la televisión, el cine, las diapositivas y los murales. Su uso en la escuela cumple un amplio abanico de funciones, como motivar, informar, visualizar hechos, promover la comprensión de la teoría, sintetizar y evaluar.
- **Recursos informáticos.** También conocidos por TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación), son un recurso muy importante tanto para el profesorado como para el alumnado. Sus aplicaciones son muy diversas, destacando la recogida, tratamiento e intercambio de datos, las simulaciones o la comunicación de ideas. También pueden utilizarse para la evaluación o autoevaluación. No son por sí mismas garantía de aprendizajes significativos, aunque bien utilizadas pueden favorecerlos.

La influencia de los medios de comunicación sobre los conocimientos científicos (y cotidianos, en general) de la población actual es creciente. Los sucesivos ecobarómetros y eurobarómetros ponen de manifiesto que los entornos formales de aprendizaje constituyen, tanto en el ámbito

nacional como europeo, la principal fuente de conocimientos científicos y medioambientales durante la juventud. Y, más en concreto, la fuente televisiva, en frecuencia y en preferencia (Perales, 2006). No es de extrañar, pues, que los medios de comunicación de masas se consideren una de las más importantes fuentes de aprendizaje informal de la ciencia.

El sistema educativo no puede ignorar a los medios de comunicación, sino que ha de integrarlos didácticamente y obtener de ellos todo lo que de positivo pueden ofrecer. La legislación educativa así nos lo recuerda, desde hace tiempo, indicándonos que debemos fomentar en las aulas el uso crítico de las distintas tecnologías de la información y la comunicación, actuando el alumnado tanto de receptor como de emisor de mensajes.

4.6. Los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales son muy útiles para representar el conocimiento sobre un contenido y para evaluarlo. A los alumnos de últimos cursos de Educación Primaria puede enseñárseles cómo utilizarlos, lo que les servirá para organizar cognitivamente los contenidos que estudien, y al profesor para evaluarlos. Por ello, el futuro maestro de Educación Primaria debe estar entrenado en su uso.

Los mapas conceptuales ayudan al aprendizaje a hacer más evidentes los conceptos clave o las proposiciones que se van a aprender, a la vez que permiten establecer conexiones entre los nuevos conocimientos y los que ya se poseen. A continuación (cuadro 1.5) proporcionamos algunas indicaciones extraídas de Internet para tal fin⁶.

⁶ <http://www.talentosparalavida.com/aula/13-2.asp> (última consulta el 4 de abril de 2018).

CUADRO 1.5

Descripción de los mapas conceptuales

<p>Los elementos que constituyen el mapa conceptual</p> <p>El mapa conceptual contiene tres elementos fundamentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los conceptos: hacen referencia a acontecimientos y a objetos. No se consideran conceptos los nombres propios, los verbos, los adjetivos ni las fechas. • Las proposiciones: forman una unidad semántica que consta de dos o más conceptos relacionados por palabras enlace. • Palabras-enlace: son las palabras que se utilizan para relacionar los conceptos.
<p>Las características del mapa conceptual</p> <p>El mapa conceptual es una manera de representar gráficamente la información —o los conceptos—, que se diferencia de otras por las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selección: antes de construir el mapa conceptual hay que seleccionar los conceptos más importantes. • Jerarquización: los conceptos se ordenan según la importancia o inclusividad. Los de mayor jerarquía se ubican en la parte superior. • Impacto visual: en la medida en que el mapa conceptual esté bien elaborado, será más claro. Por tal motivo, la distribución espacial de los conceptos es fundamental para la comprensión.
<p>¿Por dónde empezar?</p> <p>En primer lugar, los alumnos tendrán que identificar y reconocer conceptos. Luego tendrán que identificar su nivel de importancia (cuáles son los inclusores y cuáles son los incluidos) y las relaciones lógicas que existen entre ellos.</p>
<p>Algunas actividades que pueden realizar los docentes para promover la identificación de conceptos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escribir un concepto en la pizarra. • Realizar una lluvia de ideas, de tal manera que los alumnos propongan otras palabras asociadas con el concepto elegido y escribirlas en la pizarra (aceptar también las propuestas incorrectas). • Orientar a los alumnos a reflexionar sobre los conceptos que propusieron: buscar las semejanzas, encontrar elementos en común, hallar las diferencias, etc. • Diferenciar conceptos de atributos (o cualidades). • Explicar la idea de concepto. • Diferenciar conceptos de otro tipo de palabras. Por ejemplo: los verbos, las cualidades y las fechas.
<p>Algunas actividades que pueden realizar los docentes para identificar conceptos inclusores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proponer la lectura de un texto sencillo, claro y breve, y pedir a los alumnos que identifiquen conceptos y los presenten en un listado. • Solicitar a los alumnos que, en grupos de a dos, organicen los conceptos más amplios y que incluyen a otros. • Proponer la realización en un solo listado de los conceptos seleccionados de manera individual. Sugerir que los escriban de arriba hacia abajo.

CUADRO 1.5 (continuación)

Algunas actividades que pueden realizar los docentes para establecer palabras-enlace

- Pedir a los alumnos que, con el listado de la actividad anterior, formen pares de conceptos.
- Sugerirles que expresen en forma oral o escrita la vinculación de un concepto con el otro y, si es necesario, que incluyan otros conceptos que figuran en el listado anterior.
- Explicar el concepto de palabra-enlace.
- Proponer la lectura de un texto sencillo y claro, la búsqueda de conceptos inclusores y la elaboración de palabras-enlace que den cuenta de la relación entre ellos.

Para ampliar la información sobre este tema:

- Mancini, L. (1996). *Los mapas conceptuales*. Serie: Cuadernos de apoyo didáctico. Buenos Aires: Santillana.
- Ontorio, A. (1995). *Mapas conceptuales: una técnica para aprender*. Madrid: Narcea.
- Pozo, J. I. et al. (1999). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Santillana, Aula XXI.

Programa cmaptools

Existe un programa gratuito muy conocido y utilizado que se denomina «cmaptools», que facilita mucho la labor técnica de elaboración de los mapas conceptuales. Se puede descargar de: http://cmap.ihmc.us/download/dlp_CmapTools.php⁷.

ACTIVIDAD 3: Leer un texto de un libro de Primaria y elaborar un mapa conceptual.

5. LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La evaluación es uno de los principales componentes de toda propuesta didáctica. Pero no siempre se le ha dado esta importancia, y hasta no hace mucho se limitaba a una valoración cuantitativa del rendimiento del alumnado, en base a una prueba final de contenidos. En otras palabras, «evaluación» y «calificación» se consideraban sinónimos.

⁷ Descarga del manual: <http://cmap.ihmc.us/Support/help/Espanol/index.html> (última consulta el 4 de abril de 2018).

En la actualidad se ha superado esta visión reduccionista, y el concepto de «evaluación» se ha transformado en un instrumento de investigación que proporciona información acerca de todos los componentes del proyecto educativo. Se presenta en este apartado la visión general que de ella se tiene en DCE, intentando dar respuesta a las preguntas que surgen de una reflexión profunda sobre el modo de entenderla.

5.1. ¿En qué consiste la evaluación?

Si, como docentes, nos hiciésemos esta pregunta, las posibles respuestas serían tan amplias como nuestra formación y concepción sobre la E/A permitiera. Sin duda, algunas de tales respuestas vendrían representadas por verbos como: *calificar, clasificar, informar*, etc. Pero si dicha pregunta se planteara al alumnado, seguramente podrían agruparse en torno a: *aprender y/o aprobar*.

Como contraste, presentamos la definición de evaluación dada por A. M. Geli (2000, p. 189): «evaluar es recoger información sobre los procesos y los resultados del proyecto educativo, desde el inicio hasta el final de su desarrollo, y analizar-

la e interpretarla respecto al proceso de E/A de los alumnos y respecto de todos los factores que inciden en la calidad del mismo».

De esta definición se pueden inferir algunas de las finalidades propias de la evaluación, entendida como *motor del aprendizaje*:

- Promover y mejorar el aprendizaje.
- Valorar el grado de cumplimiento de los objetivos educativos.
- Diagnosticar inicialmente las ideas previas, concepciones alternativas, habilidades o actitudes del alumnado.
- Analizar el cambio conceptual, de habilidades o de actitudes.
- Estudiar las posibles causas de un aprendizaje deficiente y modificarlas (actividades, sistema de trabajo, criterios de evaluación, etc.).

Como en tantas ocasiones, el papel que juega la evaluación en el proceso educativo depende del modelo didáctico que se asuma. Así, en los modelos de enseñanza tradicional la evaluación se reduce a controlar los conocimientos del alumnado al final del proceso de E/A; en los de enseñanza por descubrimiento se amplía el campo de la evaluación a otros elementos como las actividades didácticas, materiales de aula, el rol del profesorado, etc.; y en los modelos de corte constructivista la evaluación se incorpora al proceso de E/A, controlando el aprendizaje del alumnado a lo largo de todo el proceso didáctico (Gil, 1983).

Enseñar, aprender y evaluar son tres procesos inseparables en los modelos didácticos más innovadores, en los que la evaluación es útil tanto para el profesorado como para el alumnado. Al primero le sirve para comprobar la eficacia de su método, y al segundo le permite conocer la evolución de su propio aprendizaje y le ayuda a identificar las mejores estrategias para aprender. En estos modelos la evaluación queda caracterizada por cuatro factores (Geli, 2000):

- a) Está **integrada en el proceso didáctico** de E/A y contribuye a mejorarlo. No se re-

duce a un diagnóstico y sólo completa su sentido cuando se concreta en propuestas que mejoran la práctica educativa.

- b) Es **continua**. La información que proporciona la evaluación se obtiene del seguimiento de todas las actividades de aprendizaje, y no sólo de determinadas actividades específicas de evaluación.
- c) Es **global**. No se trata únicamente de evaluar los conocimientos, evolución y actitudes del alumnado, sino que abarca todos los factores que inciden en el proceso de E/A (actividades, metodología, criterios de valoración, etc.).
- d) Es **individual**. Se realiza sobre la base del desarrollo de cada persona en particular.

En cualquier proceso de reflexión sobre la evaluación se intenta dar respuesta, al menos, a las preguntas: ¿para qué evaluar?, ¿cuándo, qué y cómo evaluar?, y ¿quién debería evaluar? Exponemos a continuación las respuestas que se han dado desde la DCE.

5.2. ¿Para qué evaluar?

En relación con la cuestión «¿para qué evaluar?», ya se han mencionado en los párrafos anteriores algunas de las finalidades de la evaluación. Profundizando en esta cuestión, estas finalidades quedan agrupadas en tres ámbitos (Geli, 2000):

- De **seguimiento** del proceso de E/A. La evaluación cumple distintas funciones en los distintos momentos de este proceso:
 - Informar al profesorado acerca de la situación inicial del alumnado (**evaluación inicial o diagnóstica**).
 - Informar al profesorado de la progresión del aprendizaje a lo largo de todo el proceso (**evaluación formativa**). Esta

información es imprescindible para la planificación y (re)orientación del proceso de E/A.

- Facilitar, a profesorado y alumnado, información sobre los resultados finales del proceso de E/A. Esta función corresponde a la **evaluación final o sumativa**, cuya función es, más que pronunciarse sobre el grado de éxito del alumnado (que también), hacerlo sobre el éxito o fracaso del proceso didáctico.
- Regular el proceso de aprendizaje del alumnado. La evaluación formativa permite al profesorado regular sobre la marcha el proceso de E/A. Sin embargo, dando un paso más, en las estrategias en las que se pretende que sea el propio alumnado el que se responsabilice de su propio aprendizaje (modelos didácticos de autorregulación del aprendizaje), la evaluación puede ayudar a ello mediante estrategias de autoevaluación y coevaluación. Se habla en estos casos de **evaluación formadora**.

- De **control** de la calidad de todos los elementos del proyecto educativo. Son objetos de evaluación los siguientes aspectos:

- El proceso de enseñanza, con todos sus componentes: contenidos, planificación, desarrollo docente, resultados, actuación del profesorado, características del alumnado, etc.
- El proceso de aprendizaje: interacción social, estilos de aprendizaje, ideas previas, actitudes, percepción de la ciencia, etcétera.
- El contexto: contexto social del centro, ambiente de aprendizaje, infraestructuras, recursos materiales y humanos, implicación y colaboración de instituciones externas, etc.

- De **promoción** del alumnado en el sistema educativo. Se trata de calificar y acreditar los conocimientos del alumnado en relación con su situación en el currículo escolar. Con frecuencia es el único elemento de referencia para la familia y para la sociedad acerca del progreso del alumnado en su aprendizaje escolar.

En resumen, en relación con las finalidades relacionadas con el seguimiento del proceso de E/A se distinguen cuatro acepciones de evaluación (diagnóstica, formativa, sumativa y formadora), que proporcionan información en distintos momentos de la actuación docente. Se encuentran estrechamente relacionadas y no se conciben aisladas unas de otras. Las informaciones que aportan son complementarias y cubren las distintas funciones de la evaluación.

Por otra parte, la información proporcionada por la evaluación de control de la calidad contribuye a dibujar el escenario docente y a identificar los puntos débiles y fuertes del proyecto educativo. Finalmente, la función de promoción del alumnado en el sistema educativo es la que les posibilitará afrontar estudios superiores o, en su caso, la incorporación al mundo laboral.

5.3. ¿Cuándo, qué y cómo evaluar?

La segunda cuestión que nos planteamos es ¿cuándo, qué y cómo evaluar? En realidad, la pregunta consta de tres interrogantes, y el primero ya se ha respondido en los párrafos anteriores. Como resumen de esta respuesta, la figura 1.5 muestra los tres tipos de evaluación comentados en función del momento en que se realizan y del objetivo que persiguen (adaptada de Sanmartí, 2002, p. 304).

Respecto a qué y cómo evaluar, hemos de distinguir el momento de la evaluación en el que nos encontremos. Así, en la evaluación inicial, cuyo

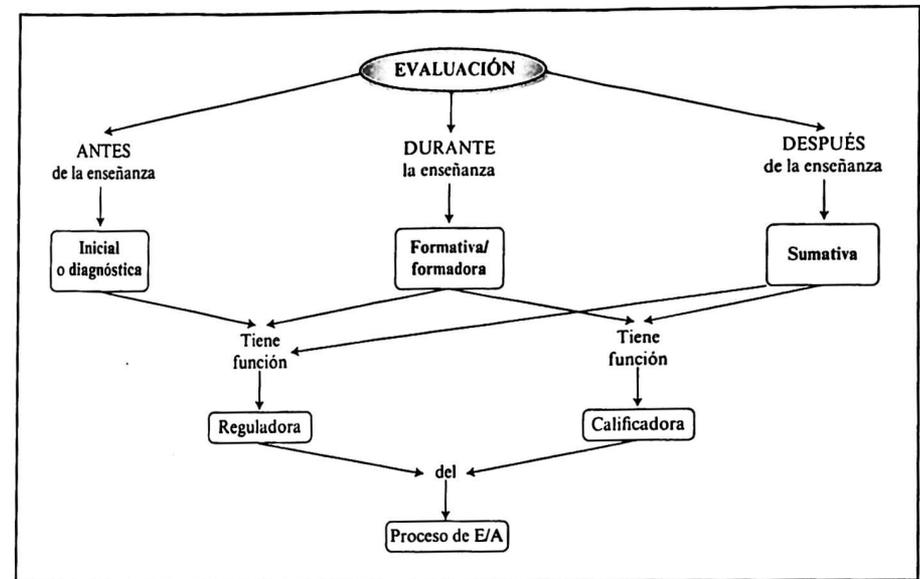


Figura 1.5.—Tipos de evaluación.

objetivo fundamental es analizar la situación del alumnado antes del proceso de E/A para poder adaptar el proyecto educativo a sus necesidades, podemos diagnosticar los conocimientos previos, las concepciones alternativas, sus estrategias de razonamiento, el vocabulario, la actitud hacia la asignatura y los hábitos adquiridos.

Para la evaluación a lo largo del proceso de E/A, la más importante para los resultados del aprendizaje, se habrán de fomentar los procesos de autorregulación. Para ello, si pretendemos que aparte de formativa sea también formadora, nos debemos centrar en evaluar si el alumnado comparte los motivos y objetivos de las actividades propuestas, si las afrontan adecuadamente y si comparten los criterios de valoración.

Podemos utilizar diversas actividades, como el diario de clase, cuestionarios de progreso, ma-

pas conceptuales, diagramas de flujo, contratos de evaluación, etc. Todos estos documentos y reflexiones han de formar parte de sus cuadernos de aprendizaje, como elemento importante para su posterior valoración, tanto por parte del profesorado como del propio alumnado.

Finalmente, después del proceso de E/A se ha de evaluar el nivel de los aprendizajes adquiridos. Una de las funciones de la evaluación sumativa es la de asegurar que las características del alumnado responden a las exigencias del sistema educativo y social, pero también ha de contribuir a su formación (permitiéndole conocer los puntos fuertes y débiles de su aprendizaje) y a la regulación de las secuencias de E/A (identificando los aspectos de las mismas susceptibles de mejora).

Se suele realizar a final de curso (se habla entonces de *evaluación final*), coincidiendo con una

sobresaturación de tareas por parte del profesorado y del alumnado, lo que, unido a la habitual escasez de tiempo disponible para su valoración, viene a provocar periodos de tensión y ansiedad en ambos colectivos, y entre ellos. Para evitar estas situaciones, se puede fragmentar en varios momentos del curso, con carácter acumulativo y complejidad creciente. De este modo, además, se puede atender mejor la función formativo-reguladora.

En esta fase de la evaluación se han de definir los criterios e instrumentos a utilizar, elementos importantes de los que depende, en gran parte, la fiabilidad de los datos recopilados.

Los criterios de evaluación, que deben hacer alusión tanto a contenidos conceptuales como a procedimentales y actitudinales, son los que nos permitirán proceder al análisis de los resultados finales. Deben comprender tanto criterios de realización como de resultados (Sanmartí, 2002). Los primeros se refieren a los aspectos u operaciones que se espera que el alumnado aplique al realizar una determinada tarea, mientras que los segundos centran la atención en la calidad de las respuestas, incluyendo aspectos como la pertinencia (la respuesta corresponde a la cuestión planteada), la completitud (la respuesta incluye todos los elementos necesarios para el análisis), la exactitud (respuesta correcta), la originalidad y los conocimientos aplicados (relaciones con otros conocimientos).

En cuanto a los instrumentos de evaluación, se pueden utilizar actividades de aplicación de lo aprendido a nuevos contextos o a pequeñas investigaciones, exposiciones orales y realización de pruebas escritas (exámenes). En cualquier caso, las tareas que se propongan se han de plantear con la menor ambigüedad posible en lo que se solicita, a ser posible manejando el alumnado su propia documentación y con cierta analogía con situaciones futuras, con cuestiones reproductivas, aunque preferentemente productivas (de respuesta novedosa), y con coherencia con lo abordado durante el curso (*principio de coherencia*).

Una vez decididos los instrumentos a utilizar, los criterios de evaluación se han de traducir, en cada caso, a criterios de corrección, que son los que finalmente proporcionan la calificación de la prueba.

Como colofón de todo el proceso de evaluación del aprendizaje, al finalizar el curso el profesorado ha de proporcionar la calificación global de la asignatura, habitualmente en forma numérica. Se trata, en resumidas cuentas, de reflejar en un número todo el trabajo realizado durante el proceso de E/A.

Para ello es necesario establecer los criterios de calificación, con los que se ponderan todas las actividades didácticas y de evaluación realizadas durante el curso, asignándoles un peso en esta nota final. Además, es conveniente tener en cuenta otros aspectos, como la asistencia a clase, la participación en las actividades grupales de clase, la puntualidad en la presentación de trabajos y el interés mostrado por la mejora del aprendizaje. Será necesario, pues, un diario de anotaciones que recoja todas estas variables.

Todo lo comentado en los párrafos anteriores se refiere a la evaluación del aprendizaje, pero también se ha de proceder a una evaluación final de la enseñanza. Podemos utilizar cuestionarios propios en los que el alumnado refleje las posibles causas de su aprendizaje deficiente, o valore en conjunto la asignatura.

5.4. ¿Quién debe evaluar?

Por último, queda por responder a la tercera de las preguntas, ¿quién debería evaluar? Desde una perspectiva tradicional de la evaluación la respuesta es obvia: ¿que quién va a evaluar?... ¡pues el profesorado, que es quien reconoce las dificultades y errores del alumnado, y puede decidir cuáles son las estrategias más adecuadas para superarlas! Desde esta perspectiva, todo el peso de la evaluación cae en el colectivo docente,

lo que se refleja en un alto coste de tiempo y esfuerzo si se quiere llevar a cabo con la fiabilidad que requiere.

Además, de hacerse así, el *aprender a aprender* quedaría desatendido, el progreso del alumnado dependería esencialmente del profesorado, y serían pocas las oportunidades brindadas para fomentar su autonomía y aprendizaje permanente por los que tanto se aboga. A ello hay que sumar que una sola persona no puede atender a todas las necesidades y dificultades del alumnado, e incluso muchas veces puede llegar a no detectarlas. Se hace necesario, pues, recurrir a otras estrategias.

Estas estrategias pasan, en esencia, por implicar a los alumnos en el proceso de evaluación, enseñándoles a autoevaluarse y autorregularse (detectando sus dificultades, comprendiendo por qué las tienen y tomando decisiones para superarlas). En otras palabras, la evaluación del profesorado debería facilitar, fundamentalmente, la

autoevaluación del alumnado. En consecuencia, la evaluación-regulación continua de los aprendizajes se sustenta en tres pilares: la autoevaluación (autorregulación), la coevaluación (regulación mutua) y la evaluación del profesorado (figura 1.6, Sanmartí, 2002, p. 301).

En nuestro caso, los dos primeros adquieren especial relevancia, pues la evaluación, como ya hemos comentado, es uno de los elementos más importantes del currículo escolar, por lo que el profesorado debe enfrentarse a ella durante su formación inicial.

5.5. La evaluación por competencias

Hasta el momento, en este apartado se han presentado aspectos generales sobre el proceso de evaluación-regulación, como respuestas que la investigación didáctica ha dado a los principales

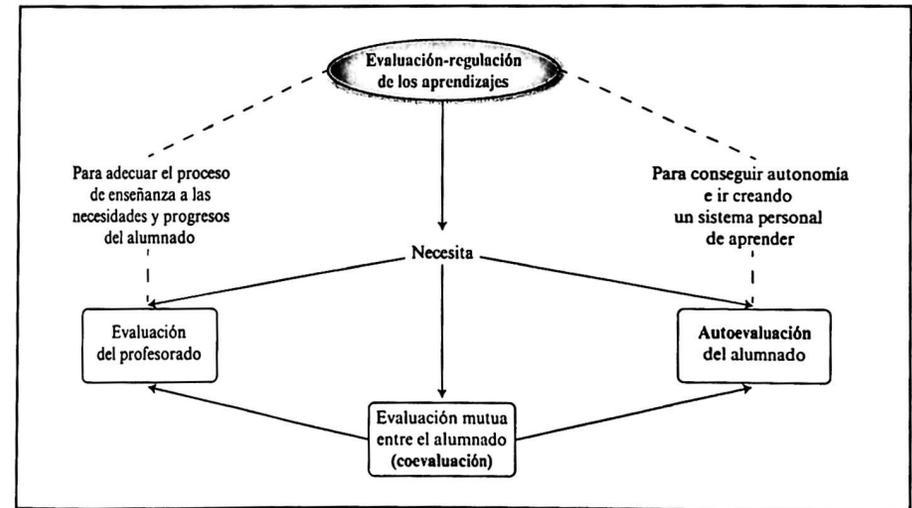


Figura 1.6.—Esquema de la evaluación-regulación continua.

interrogantes que surgen cuando el profesorado se enfrenta a esta fase del proceso de E/A. Pero el apartado no quedaría completo si no se habla de una nueva forma de enfocar dicho proceso: la EJA por competencias.

El término «competencia» es relativamente nuevo en la jerga educativa (en la normativa española de Educación Primaria y Secundaria aparece por primera vez en la *Ley Orgánica de Educación de 2006*⁸). El término competencia se utiliza indistintamente en la legislación para referirse a competencias jurídicas, administrativas, básicas (relacionadas con el alumnado) o profesionales (relacionadas con el alumnado y con el profesorado). Nos centraremos en las dos últimas acepciones.

Resulta curioso que, aunque la palabra «competencia» sea una de las más utilizadas actualmente en las conversaciones del ámbito educativo, su significado no esté claro, como se pone de manifiesto en la literatura especializada. Podríamos decir que se trata de un conjunto de conoci-

mientos, procedimientos y actitudes combinados, coordinados e integrados para «saber hacer».

En cualquier caso hay algo claro: ya no tenemos que evaluar los conocimientos adquiridos por el alumnado, sino la aplicación de los mismos en situaciones cotidianas. Las competencias se asocian con la movilidad de los conocimientos recursos psicosociales en contextos determinados, y con la aplicación de los saberes adquiridos para conseguir un desarrollo pleno, tanto a nivel personal como social y profesional.

Hemos pasado de tener que evaluar los conocimientos a tener que evaluar las competencias, ello implica cambios profundos y generalizados en todo el proceso de E/A. ¿Estamos preparados para ello? Parece claro que estos cambios no se pueden provocar mediante un Real Decreto, pero, si alguien intenta llevarlos a cabo, «es preciso “algo más”, porque el arraigo de una determinada cultura docente hace leer las reformas con unos “anteojos profesionales” muy diferentes al de los diseñadores curriculares» (Pro, 2007).

la Educación (BOE n.º 307, de 24 de diciembre de 2002) donde aparecen por primera vez las «competencias básicas», pero no llegó a aplicarse al sistema educativo.

⁸ Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (BOE n.º 106, de 4 de mayo de 2006). Realmente es en la Ley Orgánica 10/2002, de 23 de diciembre, de Calidad de

ANEXO 1. ACTIVIDADES DE AULA

ACTIVIDAD 1: Interpretar las características de las ideas previas sobre un tópico científico descritas en un artículo de investigación.

Leer el artículo cuyo link es: http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen1/Numero_1_3/Revisi%F3n_modelos_estaciones.pdf.

Indique qué frases del artículo guardan relación con las características de las ideas previas recién estudiadas.

ACTIVIDAD 2: Comparar los modelos anteriores con el que subyace en un libro de texto⁹.

El objetivo de esta actividad es encontrar una forma de analizar sistemáticamente la estructura didáctica de un libro de texto, a fin de poder relacionarla con los modelos didácticos estudiados en este tema. Para ello vamos a partir de enunciar las funciones didácticas del texto escrito de un libro de texto (también es posible su aplicación a las ilustraciones del mismo) que se representan en la tabla inferior. Dichas funciones se podrían contrastar de un modo secuencial a cualquier tema que elijamos (o a una parte del mismo suficientemente extensa), simplemente leyéndolo y seleccionando las frases consecutivas que cumplan alguna de las funciones definidas. Una vez identificadas tales funciones, podríamos representarlas gráficamente de modo análogo a como se hace en la figura adjunta. Ello nos permitirá comparar de una forma genérica el perfil didáctico del texto con las características de los modelos didácticos estudiados.

Funciones para el análisis didáctico de un libro de texto

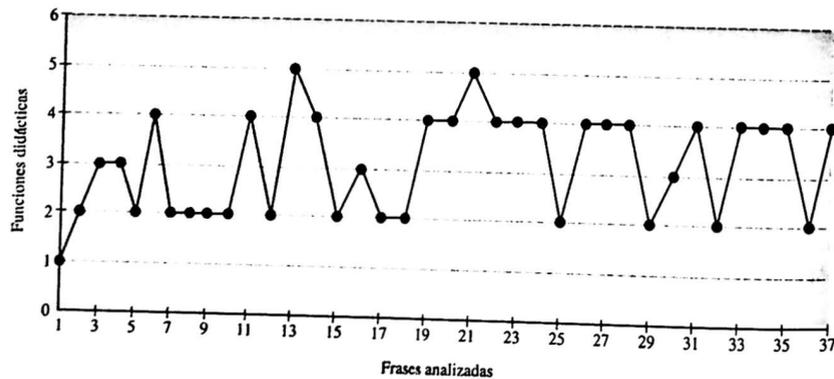
Denominación	Descripción
1. Evocación	Se hace referencia a un hecho de la experiencia cotidiana o concepto que se supone conocido por el alumno. Ejemplo: «sobre el hielo es muy difícil caminar...».
2. Definición	Se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico. Ejemplo: «se habla de equilibrio estático cuando la suma de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es cero, lo que no quiere decir que esté en reposo».
3. Aplicación	Es un ejemplo que extiende o consolida una definición. Ejemplo: «la flotación de los barcos constituye un ejemplo de equilibrio estable».

⁹ Para ampliar información sobre el procedimiento utilizado puede consultarse: Jiménez, J. D. y Perales, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito y las ilustraciones de los libros de Física y Química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 3-19.

Funciones para el análisis didáctico de un libro de texto (continuación)

Denominación	Descripción
4. Descripción	<i>Se refiere a hechos o sucesos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario para su comprensión. Ejemplo: «cuando un conductor aprecia un obstáculo sobre la carretera no puede detener su vehículo de forma instantánea... distinguimos entre el tiempo de reacción y el tiempo de frenado».</i>
5. Interpretación	<i>Son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales. Ejemplo: «en la mayor parte del camino la velocidad se mantiene constante, lo que implica que, según la primera ley de Newton, la fuerza resultante debe ser cero».</i>
6. Problemатización	<i>Se plantean interrogantes que no pueden resolverse directamente con los conceptos ya definidos. Su finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas o estimular el interés por el tema presentando problemas que posteriormente propician una interpretación o un nuevo enfoque. Ejemplo: «¿Por qué los suelos brillantes suelen propiciar caídas?».</i>

La siguiente gráfica presenta un ejemplo de aplicación de la tabla anterior a un libro de texto. En el eje Y se representan las seis funciones didácticas y en el X el total de frases analizadas. Podemos observar cómo predominan las funciones de definición (2) y de descripción (4). ¿Cuál será el modelo didáctico dominante?



ACTIVIDAD 3: Leer un texto de un libro de Primaria y elaborar un mapa conceptual.

Se repartirá un texto común de Primaria y todos los grupos deben elaborar un mapa conceptual.

Finalmente, se compararán los trabajos de todos los grupos.

ANEXO 2 A) TAXONOMÍA DE SHAYER Y ADEY (FÍSICA Y QUÍMICA)

Se presentan algunos ejemplos de las categorías que consideran estos autores para mostrar evolución del pensamiento de los alumnos según su desarrollo cognitivo. Se refieren tanto a competencias generales como a los contenidos científicos específicos (extracto de la tercera parte del libro; Shayer, M. y Adey, P. [1986]. *La Ciencia de enseñar Ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Madrid: Narcea).

Competencia: interacción del alumnado con el mundo	
Interés y actividad investigadora	2A. Concreto inicial. Registrará mentalmente lo que sucede, pero, para mantener el interés después de las primeras observaciones obvias, necesita un modelo asociativo o una seriación. La actitud investigadora, si no es orientada por alguien, no llegará a producir modelos concretos.
	2B. Concreto avanzado. Incluirá seriación y clasificación como instrumentos de percepción para descubrir lo que sucede, pero necesita que se le proporcione un modelo concreto, por medio del cual podrá estructurar los resultados experimentales. Encuentra interés en hacer y comprobar predicciones de causa y efecto.
	3A. Formal inicial. Encuentra un gran interés en comenzar a averiguar el <i>porqué</i> de las cosas y en deducir consecuencias a partir de un modelo formal. Experimenta confusión al tener que investigar relaciones empíricas sin un modelo interpretativo. Puede usar un modelo formal, pero requiere que se lo proporcionen otros. Puede generar modelos concretos con interés. Puede ver la razón de formular hipótesis y puede plantear experimentos sencillos, pero es probable que necesite ayuda para deducir relaciones de los resultados y para organizar la información de modo que se vayan eliminando las variables irrelevantes en cada fase.

Competencia: esquemas necesarios para la comprensión de las ciencias	
Conservación	2A. Concreto inicial. El sujeto acepta que la cantidad de sustancia no cambia, pero aún cree que el peso y el volumen sí lo hacen, excepto en situaciones muy sencillas.
	2B. Concreto avanzado. Admite la conservación del peso aun cuando las dimensiones del cuerpo se cambien. El volumen se conserva si el cuerpo al que se refiere es visible, pero no si se disuelve.
	3A. Formal inicial. Admite todas las conservaciones. Ahora comprende cómo el volumen de objetos de forma no regular puede ser determinado por el desplazamiento del agua. Noción de sustancia pura, que se conserva aunque sea mezclada con otras sustancias (puras). Se da cuenta de que el volumen del líquido desplazado por un cuerpo <i>no</i> depende de su peso.

Noción	Concreto inicial	Concreto avanzado	Formal inicial
Disoluciones	La sal o el azúcar se disuelven en el agua. La masa de la sustancia disuelta se conserva, pero su volumen no. Para el niño del nivel preoperatorio, la sustancia disuelta simplemente desaparece.	El proceso se entiende como reversible.	Las partículas se entremezclan, pero permanecen «igual» de tal forma que cada una conserva su volumen, su peso y sus propiedades químicas.
Flotación y densidad	En este nivel la masa, el volumen y la densidad están todavía <i>entremezclados</i> en un concepto global de «pesadez»; el sujeto sabe que la madera flotará y el hierro se hundirá, pero, al no tener una explicación general, sólo puede aprender hechos individualizados sobre determinados materiales.	Las teorías específicas de la flotación serán comprobadas, y el peso se diferenciará de la masa como una variable. El volumen será sólo parcialmente conceptualizado y, por tanto, la relación peso/volumen no se usará aún como un instrumento explicativo. La distinta «pesadez» de los materiales se distinguirá del «tamaño».	El volumen es conceptualizado y el desplazamiento es considerado en función del volumen, no del peso. La relación peso/volumen se utilizará para generar hipótesis sobre el problema de la flotación. No llega a una completa solución del problema, incluyendo la densidad del líquido, pero puede aprender algunas reglas sobre la densidad relativa.
Cambios de estado. Teoría cinética	Se usan informaciones parciales, como un sólido «se convierte en líquido», o un líquido «se convierte en vapor».	El hielo se convierte en agua; el humo se convierte en vapor. Cada uno de estos procesos puede volverse atrás por enfriamiento. El calor causa la fusión, y el enfriamiento, la solidificación. Imagen muy simple de teoría cinética que representa las moléculas muy juntas o muy separadas, pero no se sabe aplicar a la realidad.	Con la ayuda de alguien que le oriente, el sujeto puede aplicar la teoría cinética a la realidad y deducir que todos los materiales podrían existir como sólidos, líquidos o gases, dependiendo del estado de sus partículas. La licuefacción significa que todas las partículas se mueven con más rapidez y así pueden cambiar su posición. Se puede medir la cantidad de energía necesaria para hacer esto, por ejemplo, con un calorímetro.

B) TAXONOMÍA DE LILLO Y REDONET (GEOLOGÍA)

Se utilizan algunos ejemplos de la Taxonomía de estos autores referida a contenidos geológicos (extraída de Lillo Beviá, J. y Redonet Álvarez, L. F. (1985). *Didáctica de las Ciencias Naturales*, vol. Aspectos generales. Valencia: Ecir).

Contenidos de Geología	
Cristal mineral y roca	<p>2A. Concreto inicial. Se sorprende ante las experiencias de obtención de cristales, pero reconoce las formas geométricas obtenidas. Es capaz de observar y aprecia las diferencias entre distintas clases de minerales y rocas, pero no es capaz de utilizar categorías de clasificación. Puede agruparlas por una sola propiedad, el color, la presencia de un determinado mineral (caso de las rocas)..., pero no según su origen. Comprende las propiedades de algunos minerales pero aisladamente. Las comprueba pero no sabe a qué se deben.</p>
	<p>2B. Concreto avanzado. En el caso de los cristales se está en la misma situación que en el período anterior. Distinguen entre minerales metálicos y minerales formadores de rocas. Entiende por qué se agrupan las rocas con un criterio genético (sedimentarias, magmáticas y metamórficas). Es capaz de recordar las características que las incluyen en una clase. Pero a la vista de una muestra aislada duda en qué grupo incluirla.</p>
	<p>3A. Formal inicial. Comprende la noción de modelo y asimila la formación de cristales de evaporación como modelo propio de ambiente sedimentario, y de enfriamiento de un fundido (azufre que se funde) con procesos magmáticos. Es capaz de comprender una clasificación no química de los minerales, siempre que se presente razonada. Si se le proporcionan muestras de las rocas más representativas es capaz de separarlas en grupos de propiedades semejantes, siempre que se usen unas pocas propiedades: estructura granulada o no, color de los minerales, clastos y matriz..., y siempre que se trabajen con rocas del mismo grupo.</p>
Procesos geológicos internos	<p>2A. Concreto inicial. Comprende el vulcanismo y sus manifestaciones como hechos individuales. No los relaciona con la noción de magma.</p>
	<p>2B. Concreto avanzado. Entiende la diferencia entre vulcanismo y plutonismo. Asocia varios procesos magmáticos: erupciones = lava + gases + explosiones + bombas, cenizas..</p>
	<p>3A. Formal inicial. Comprende el papel de la presión y de la temperatura en los procesos magmáticos y también en los metamórficos.</p>

Contenidos de Geología	
Procesos geológicos externos	<p>2A. Concreto inicial. Estudia cada agente geológico (lluvia, viento, glaciares..) por separado. Comprende bien lo que hace cada agente individualmente, pero no tiene la visión global sintética de procesos externos.</p>
	<p>2B. Concreto avanzado. Distingue los procesos erosión, transporte y sedimentación. No comprende las diferencias entre meteorización y erosión. Distingue suelo de roca madre y la noción de suelo vegetal.</p>
	<p>3A. Formal inicial. Diferencia los procesos externos entre sí. Comprende los procesos de litogénesis de rocas exógenas y los distintos tipos de suelos autóctonos y transportados. Es capaz de experimentar con muestras distintas de suelos sometidos a condiciones semejantes y formular hipótesis de los resultados obtenidos.</p>
Aplicaciones	<p>2A. Concreto inicial. Observa que las rocas de su entorno se emplean en construcción y también para extraer áridos. Relaciona el carbón y el petróleo con aplicaciones de la geología. Puede seguir explicaciones sobre la explotación de un determinado producto y sus aplicaciones.</p>
	<p>2B. Concreto avanzado. Puede clasificar los principales tipos de rocas y minerales según las aplicaciones para las que sirven. Es decir, hacer una clasificación con un criterio de utilidad. Lo aplicará a ejemplares conocidos.</p>
	<p>3A. Formal inicial. Es capaz de deducir que cualquier país o región necesita explorar y explotar sus recursos por razones de relaciones económicas. Comprende el concepto de recursos renovables y no renovables.</p>

ANEXO B EJEMPLO DE SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN

LA CLASE DE MRS. GRAHAM

Fragmento extraído del capítulo 1 de National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

Algunos niños de la clase de 5.º de Mrs. Graham estaban excitados cuando, un día de otoño, regresaron al aula después del recreo. Llevaron a su maestra a una ventana, señalaron hacia afuera y le dijeron: «Hemos estado observando los árboles en el patio. ¿Qué les pasa?». Mrs. Graham no sabía qué les preocupaba, así que les dijo: «Enseñadme qué me queréis decir».

Los estudiantes señalaron entonces tres árboles alineados. Uno de ellos había perdido sus hojas, el del medio tenía hojas de muchos colores —la mayoría amarillas— y el tercero estaba frondoso con hojas verdes. Un niño preguntó: «¿Por qué los tres árboles son diferentes? Se usan para lo mismo, ¿no?». Mrs. Graham no sabía la respuesta.

Mrs. Graham tenía programado para más adelante el estudio de las plantas, pero esto era una oportunidad para que sus estudiantes investigaran preguntas sobre el crecimiento de las plantas que ellos mismos habían formulado y por ello estaban especialmente motivados para buscar la respuesta. Aunque se encontraba insegura sobre a dónde podían llevarles las preguntas de los estudiantes, Mrs. Graham decidió correr el riesgo de dejarles proseguir sus investigaciones bajo su guía. Después de todo, ellos habían realizado alguna experiencia el año anterior examinando cómo crecían las semillas bajo diferentes condiciones. La maestra colgó una gran hoja de papel donde todos los estudiantes pudiesen verla y dijo: «Vamos a hacer una lista de ideas que podrían explicar lo que le está sucediendo a los tres árboles de ahí afuera». Se alzó entonces un bosque de manos:

- Tiene algo que ver con la luz del sol.
- Debe de ser que hay demasiada agua.
- No debe de haber suficiente agua.
- Los árboles se ven diferentes. Se usan para lo mismo.
- Es la estación. Algunos árboles pierden sus hojas antes que otros.
- Hay veneno en el suelo.
- Los árboles tienen diferente edad.
- Los insectos se están comiendo los árboles.
- Un árbol es más viejo que los otros.

Cuando los estudiantes se mostraron satisfechos porque había suficientes ideas, Mrs. Graham les animó a pensar cuáles de esas ideas eran posibles explicaciones que podían ser investigadas y cuáles eran descripciones. Después invitó a cada estudiante a que eligiese una explicación que él o ella pensase que podía ser una buena respuesta. Agrupó a los estudiantes según su elección, creando así un «grupo del agua», un «grupo de estaciones», un «grupo de insectos». Pidió a cada grupo

que planificara y llevara a cabo una investigación sencilla para ver si podían encontrar alguna prueba que contestara a su pregunta. Cuando planificaron sus investigaciones, Mrs. Graham visitó a cada grupo de estudiantes y escuchó atentamente sus planes. Después le pidió a cada grupo que explicara sus ideas al resto de compañeros, dando lugar a nuevas mejoras. Mediante esta evaluación rápida y pública de dónde estaban, ella fue capaz de ayudarles a reflexionar sobre los procesos que estaban utilizando para hacer frente a su pregunta y considerar si otros enfoques podrían funcionar mejor.

Durante las tres semanas siguientes, las sesiones de ciencias se reservaron para que cada grupo realizase sus investigaciones. Los grupos usaron una variedad de recursos para conseguir información sobre las características de los árboles, sus ciclos de vida y sus entornos. Por ejemplo, el «grupo diferentes edades» respondió a su pregunta bastante rápido. Contactaron con las personas responsables de la siembra de esa parte del patio y encontraron los recibos originales de la compra de los árboles. Un contacto con el vivero les indicó que los tres árboles eran idénticos y aproximadamente de la misma edad cuando se compraron. Como algunos grupos acabaron sus investigaciones pronto, Mrs. Graham pidió a sus miembros que se incorporasen a otros grupos que todavía no habían terminado.

El «grupo del agua» decidió observar el suelo de los árboles cada hora que podían. Se turnaban y hacían un diario conjunto con sus observaciones individuales. Como algunos estudiantes vivían cerca del colegio, sus observaciones continuaban fuera del horario escolar y durante los fines de semana. Se perdieron algunas observaciones por hora, pero recogieron suficientes datos para informar a la clase. «El árbol sin hojas está casi siempre cubierto de agua, el de en medio está algunas veces cubierto de agua y el árbol verde tiene el suelo húmedo pero nunca está cubierto de agua.»

Uno de los niños recordó que unos meses antes las hojas de uno de los geranios de su madre habían empezado a ponerse amarillas. Ella le dijo que el geranio tenía demasiada agua. Mrs. Graham le dio entonces al grupo un folleto titulado «Cultivar Plantas Sanas» que había elaborado un vivero local. El «grupo del agua» leyó el folleto y averiguó que cuando las raíces de las plantas están enterradas en agua no pueden coger aire del espacio que las rodea y «se ahogan». Basándose en sus observaciones y en la información que obtuvieron del folleto, los estudiantes concluyeron que el árbol sin hojas se estaba ahogando, el árbol de en medio se estaba ahogando «un poco» y el tercero estaba «en lo justo».

El «grupo del agua» continuó su trabajo investigando la fuente del agua. Averiguaron que el conserje del colegio encendía un sistema de aspersores tres veces a la semana para regar el césped, pero lo dejaba funcionando más tiempo del que era necesario y el exceso de agua desbordaba la hierba y se almacenaba en la base de los árboles. Como el terreno estaba inclinado, la mayor parte del agua se almacenaba en el último árbol. Igual que los otros grupos, informaron de sus resultados al resto de la clase.

Cuando los diferentes grupos presentaron sus informes, la clase aprendió que algunas observaciones e informaciones —como la del grupo que investigó si los árboles eran diferentes— no explicaban lo sucedido. Los resultados de otras investigaciones, como la idea de que los árboles podían estar enfermos, apoyaban parcialmente sus observaciones. Pero la explicación que les pareció más razonable a los estudiantes, la que se ajustaba a todas las observaciones y estaba de acuerdo con lo que habían aprendido, era que había agua en exceso. Después de sus tres semanas de trabajo, la clase estaba satisfecha porque juntos habían encontrado una respuesta a su pregunta. A sugerencia

de Mrs. Graham, escribieron una carta al conserje contándole lo que habían averiguado y éste se personó en la clase, les dio las gracias y les dijo que cambiaría su procedimiento de riego, cosa que así hizo. Mrs. Graham preguntó entonces a sus alumnos y alumnas cómo podrían saber si su explicación era la correcta. Después de discutir decidieron que tendrían que esperar al año siguiente y ver si todos los árboles estaban ahora sanos.

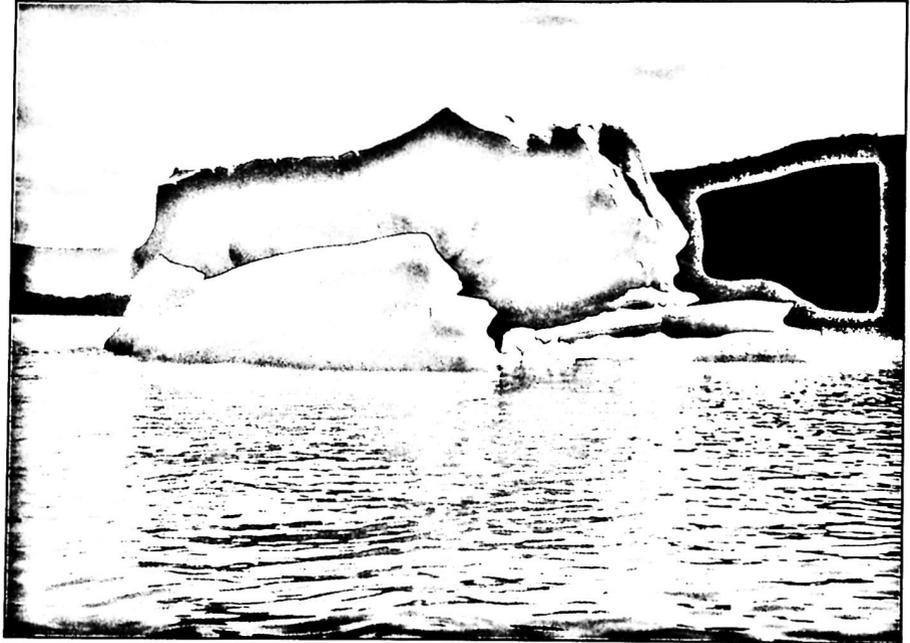
El año siguiente, durante el mismo mes en el que ellos habían observado las discrepancias, los tres árboles estaban completamente cubiertos con hojas verdes. Los antiguos estudiantes de Mrs. Graham estaban ahora más convencidos aún de que lo que ellos habían concluido era una explicación válida para sus observaciones.

ANEXO 4. CUADRO RESUMEN DE MODELOS DIDÁCTICOS (BENARROCH, 2011)

		Elementos didácticos					Fundamentos	
	Rol del profesor	Evaluación	Recursos	Metodología	Contenidos	Objetivos	Relaciones comunicativas	Concepto de aprendizaje
Modelo transmisor	Transmisor.	Final (sumativa).	Pizarra. Libro de texto.	Transmisión.	Contenidos conceptuales.	Recordar contenidos.	No existen.	Estructura cognitiva como una «caja vacía». Se aprende escuchando.
Modelo por descubrimiento	Facilitador de medios y recursos.	Continua (formativa) Final (sumativa).	Laboratorio.	Ciclos: • Observación. • Hipótesis. • Experimentación. • Reguados. • Inferencias. • Conclusiones.	Contenidos procedimentales.	Aprender procesos científicos.	No son importantes.	Se aprende mejor: lo que se descubre por sí solo mediante la propia actividad (Aprendizaje por descubrimiento de Bruner).
Modelo constructivista	Diagnostador. Motivador. Guía. Investigador en la acción.	Inicial (diagnóstica). Continua (formativa). Final (sumativa).	Recursos variados: • Escritos. • Experimentales. • Tecnológicos.	• Diagnosticar problemas. • Criticar experimentos. • Distinguir alternativas. • Investigar conjeturas. • Buscar información. • Construir modelos. • Debatir con pares. • Argumentar con coherencia.	Ideas clave con gran poder explicativo abordadas a partir del entorno.	Formación integral del estudiante (lo que implica atender a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que son inseparables en el enriquecimiento de las estructuras cognitivas).	Son importantes y diversas. <pre>graph TD; Alumno <--> PG[Pequeño grupo]; Alumno <--> GG[Gran grupo]; Alumno <--> Docente; PG <--> GG;</pre>	Se aprende reconstruyendo modelos cognitivos, y en dicha reconstrucción intervienen las interacciones físicas, vicarias y simbólicas (Constructivismo orgánico).

Hay multitud de modalidades de modelos didácticos constructivistas, desde los Inquiry-Based Science Education (IBSE) hasta la enseñanza por competencia, pero todos tienen en común las siguientes ideas: a) la enseñanza está al servicio de conseguir el aprendizaje de los estudiantes, y b) para aprender es necesario ver el sentido a lo aprendido (importancia de la motivación y la contextualización).

La materia y sus transformaciones **2**



En este tema se trabajarán contenidos que ya has estudiado en etapas anteriores, que siempre viene bien recordar y consolidar. Para ello te presentamos, como guía, este plan de trabajo autónomo.

Una vez realizadas las actividades propuestas, has de ser capaz de (compruébalo):

1. Definir materia, describir sus propiedades y diferenciar las generales de las específicas.

2. Saber el significado de magnitud física y de la operación que permite su medida. Familiarizarse con el uso de múltiplos y submúltiplos de las unidades, así como con el Sistema Internacional.
3. Distinguir las sustancias puras (elementos y compuestos) de las mezclas (homogéneas y heterogéneas). Saber utilizar distintas técnicas de separación de mezclas.

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 4. Diferenciar los cambios físicos de los químicos. 5. Identificar las fuerzas como las causas de las deformaciones y los cambios en el movimiento. 6. Reconocer la acción de fuerzas de contacto y a distancia. 7. Señalar las propiedades características de los tres estados de la materia, identificar los cambios de estado y explicar propiedades y | <p>cambios con la teoría cinético-molecular de la materia.</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Analizar el cambio químico. Expresar las reacciones químicas mediante ecuaciones. Comprender el significado de una fórmula química. 9. Conocer algunos cambios químicos frecuentes, como oxidación, combustión y fermentación. |
|--|---|

Antes de comenzar, responde al cuestionario de conocimientos previos que encontrarás en la actividad 1 del anexo de este tema, con el fin de conocer el nivel de conocimientos de partida sobre algunos fenómenos relacionados con la materia y sus transformaciones.

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La materia y sus transformaciones.

1. LA MATERIA

1.1. Propiedades de la materia

Vamos a estudiar algunas propiedades de la materia y las formas en las que podemos encontrarla a nuestro alrededor. Pero... ¿tenemos claro a qué nos referimos cuando hablamos de «materia»?

1. Reflexiona sobre tus experiencias diarias y pon dos ejemplos de algo que consideres materia, y otros dos de algo que creas que no lo sea. Describe con detalle cada uno de ellos.
2. ¿Qué te resulta más fácil describir: los ejemplos de materia o los de no materia? ¿Por qué crees que es así?
3. En base a todo esto, ¿cómo definirías la materia?

A poco que reflexiones, observarás que para describir tus ejemplos de materia puedes utilizar algunas propiedades físicas (dimensiones, masa, etc.). Sin embargo, describir algo no material puede ser más difícil.

Todos estaríamos de acuerdo en que nuestro A4 mide 297×210 mm, pero ¿también estaríamos de acuerdo en que algo sea bonito o justo? La Física se preocupa fundamentalmente de lo que podemos medir, para lo que se definen las magnitudes físicas y sus unidades. Antes de entrar con detalle en esto, demos una definición aproximada de materia (que luego ampliaremos).

Llamamos materia a todo aquello que tiene masa y volumen.

Normalmente no nos interesa estudiar la materia en general, sino una porción concreta de la misma que llamamos cuerpo (el agua de una botella, un libro, un clavo de hierro, etc.). Otras veces, cuando se trata de porciones más complejas o de diferente naturaleza, la denominamos sistema.

En cuanto a las propiedades de la materia, se diferencian dos tipos: propiedades generales y específicas (o características). Las propiedades generales nos permiten reconocerla (distinguir lo que es materia de lo que no lo es). Por ejemplo, la masa y el volumen. Las propiedades específicas nos

permiten distinguir un tipo de material (por ejemplo el cobre) de otro (por ejemplo la sal común). Así, son propiedades específicas la densidad, los puntos de fusión y ebullición, la dureza, etc.

La densidad (d) es una propiedad específica particularmente importante, que se define como la masa que tiene un cuerpo por unidad de volumen. Así, un cuerpo muy denso (por ejemplo el plomo) tiene mucha masa en un volumen pequeño. En lenguaje matemático esto mismo puede decirse¹ como: $d = m / V$.

- ¿Es el peso una propiedad general o específica? Justifica la respuesta.
- Tenemos agua en un vaso. Justifica en este caso concreto una propiedad general y otra específica (explicalo con tus palabras, sin copiar frases anteriores del texto).
- Una pieza de cobre da en la balanza 31,5 g. Determinado su volumen, resulta 3,5 cm³. ¿Cuál es la densidad del cobre? (no olvidar poner la unidad).
- Los valores que damos a las magnitudes físicas siempre llevan su unidad correspondiente. Muchas veces se dice que la densidad del agua es 1. ¿Sería correcto? ¿Cómo se debería expresar? Por la misma razón, ¿podríamos decir que la densidad del agua es 1.000? ¿Cómo se debería expresar correctamente?

1.2. La medida

Las propiedades de los cuerpos o de los fenómenos que pueden medirse reciben el nombre de **magnitudes físicas**. Son magnitudes físicas la longitud, el tiempo, la temperatura, la velocidad, etc. No son magnitudes físicas el olor, la belleza, etc.

Medir es una operación que consiste en determinar la cantidad de una magnitud (por ejemplo la masa de una roca) al compararla con otra can-

tidade de la misma magnitud (por ejemplo el kg), que se toma como unidad. Así, cuando decimos que la masa de una roca es 3 kg, esto significa que su masa es 3 veces mayor que la de la unidad (1 kg). Otro ejemplo: decir que el ancho del A4 mide 210 mm, es lo mismo que decir que caben 210 milímetros en dicha dimensión. La medida entonces el resultado final del procedimiento medir² (3 kg y 210 mm, respectivamente).

Decimos que una magnitud es **fundamental** (por ejemplo longitud, masa, tiempo, etc.) cuando no se obtiene a partir de otras. Las magnitudes **derivadas**, por el contrario, pueden expresarse función de las fundamentales, en lenguaje matemático (por ejemplo, superficie = longitud \times longitud; velocidad = longitud / tiempo, etc.). El que una magnitud sea fundamental o derivada dependerá del sistema de unidades que se considere.

También diferenciamos entre **medidas directas**, cuando se realizan directamente con un aparato de medida, e **indirectas**, cuando las obtenemos matemáticamente a partir de medidas directas. Así, las medidas del ancho y el alto de una hoja A4, realizadas con una regla, son directas, pero la medida de su superficie, si la hacemos multiplicando las dos anteriores (ancho \times alto), sería indirecta.

- En una práctica de laboratorio vamos a determinar la densidad de un cuerpo. Para ello, medimos la masa con una balanza y el volumen con una probeta, obteniendo la densidad mediante la conocida expresión $d = m/V$. Identifica las magnitudes que vas a manejar. Cada una de estas magnitudes, ¿es fundamental o derivada? ¿Y sus medidas, son directas o indirectas?

² Aquí conviene reflexionar que una cosa es la cantidad que obtenemos en la medida y otra la «cantidad real». La diferencia entre ambas será el **error de la medida**. Puede deberse al propio instrumento (por ejemplo que no sea suficientemente preciso, como una regla dividida en cm), o a la persona que realiza la medición (por ejemplo que no sepa utilizar bien el instrumento).

Es evidente que, en Física, un número sin unidad no significa nada. Pero también hay que decir que la medida de una misma magnitud se puede expresar en unidades distintas. Es exactamente igual decir que el ancho del A4 es 210 milímetros, que decir 21 centímetros o 0,21 metros; o que la clase dura una hora, 60 minutos o 3.600 segundos.

En el caso de una magnitud derivada (por ejemplo la densidad, $d = m/V$), sus unidades también se derivan de las magnitudes que entran en su definición (por ejemplo pueden emplearse como unidad de densidad el kg/m³, el g/cm³, etc.).

De todas las unidades posibles de cada magnitud, los científicos se han puesto de acuerdo en elegir una de ellas para expresar preferentemente las cantidades (por ejemplo: de longitud, el metro). En el **Sistema Internacional de Unidades (SI)** se eligen siete magnitudes fundamentales, siendo el resto derivadas.

- La comunidad científica ha decidido cuáles son las siete magnitudes fundamentales, sus unidades en el SI, e incluso los símbolos para estas unidades. Busca información sobre ellas y rellena la tabla siguiente (sé riguroso a la hora de nombrarlas y escribir sus símbolos correctamente).

Magnitudes fundamentales del SI		
Magnitud	Unidad	Símbolo

- Busca la definición de algunas de las siete unidades de la tabla anterior. ¿Crees que deberías aprenderlas? ¿Te parecen adecuadas para Primaria? En caso contrario, adapta las (*transposición didáctica*). Te puedes ayudar de las que encuentres en libros de texto de Primaria.
- ¿Cuál será la unidad en el SI de las magnitudes derivadas: superficie, velocidad y fuerza?

Junto con todas estas unidades, pueden utilizarse, además, sus múltiplos y submúltiplos. Así, la anchura de un A4 se expresa en centímetros o milímetros, pero para la de una habitación solemos utilizar el metro, y para la distancia entre dos localidades el kilómetro.

De esta manera, los números utilizados son más cómodos (por ejemplo, para el ancho del A4 decimos 21 cm, o 210 mm, en lugar de 0,21 m o 0,00021 km, ya que los dos primeros son más fáciles de manejar). No obstante, si nos piden utilizar el SI, tendríamos que decir 0,21 m). Observa en la siguiente tabla algunos de los prefijos que se emplean para los múltiplos y submúltiplos de cualquier unidad.

Prefijo	Símbolo	Valor	Notación científica
tera	T	1.000.000.000.000	10 ¹²
giga	G	1.000.000.000	10 ⁹
mega	M	1.000.000	10 ⁶
kilo	k	1.000	10 ³
hecto	h	100	10 ²
deca	da	10	10
Unidad			
deci	d	0,1	10 ⁻¹
centi	c	0,01	10 ⁻²
mili	m	0,001	10 ⁻³
micro	μ	0,000 001	10 ⁻⁶
nano	n	0,000 000 001	10 ⁻⁹
pico	p	0,000 000 000 001	10 ⁻¹²

¹ En muchos documentos puede aparecer también la densidad designada por la letra griega ρ (rho). De todos modos, lo importante es el concepto y no su notación.

12. De la utilización de la tabla anterior tendríamos los múltiplos y submúltiplos de una determinada unidad. Representa por escrito, indicando su valor, las siguientes cantidades (busca, si es necesario, cómo se representan las correspondientes unidades): kilolitro, gigahertzio, nanosegundo, decanewton, hectopascal y microculombio.
13. Una habitación tiene 5 m x 4 m. ¿Cuál será su superficie en m²? Las medidas anteriores se pueden también expresar como 50 dm x 40 dm. ¿Cuál será ahora su superficie en dm²? Compara ambas cantidades expresadas en m² y dm² y deduce de aquí la equivalencia entre el m² y el dm². Si los prefijos de las unidades lineales suelen variar de 10 en 10, ¿cómo lo hacen las cuadradas?
14. Plántate la misma situación anterior, pero para la determinación del volumen de esa habitación con una altura de 2 m. ¿Cómo varían entonces los prefijos consecutivos de las unidades cúbicas o de volumen?
15. Convierte las cantidades siguientes: a) 0,5 km en m; b) 250 mg en g; c) 5,7 hm² en mm²; d) 3 km³ en Gm³; y e) 0,75 litros en kg. ¿Hay algún caso en que la conversión no pueda hacerse? ¿Por qué?
16. La unidad de volumen en el SI es el m³, cuyos múltiplos y submúltiplos varían de 1.000 en 1.000 (por ejemplo 1 m³ = 1.000 dm³). En la práctica, y para volúmenes ordinarios, se utiliza mucho como unidad de capacidad el litro (L), cuyos múltiplos y submúltiplos varían de 10 en 10 (por ejemplo, 1 L = 100 cL). Sabiendo que 1 L = 1 dm³, ¿cuál es la relación entre el mL y el cm³? (que son dos unidades muy empleadas en el laboratorio y en la vida corriente).

13. Clasificación de la materia en sustancias puras y mezclas

17. Los objetos, y la materia en general, los podemos agrupar según cumplan unos determinados criterios de clasificación. De esta ma-

nera, elige diez objetos o sistemas materiales de entre los que te rodean y agrúpalos siguiendo dos criterios de clasificación distintos.

Aunque a nuestro alrededor existen multitud de materiales diferentes, todos están constituidos por los algo más de cien elementos de la Tabla Periódica. Atendiendo a las partículas que constituyen, las sustancias se pueden clasificar en muy pocos grupos. Observa el mapa conceptual³ de la página siguiente (figura 2.1).

18. ¿En cuál de los grupos del mapa conceptual anterior estarían los materiales que pensaste en la cuestión 17?

La base para entenderlo bien reside en dos conceptos que debes tener muy claros: **átomo** **molécula**. Para comenzar a aclararlos observa figura 2.2. Se trata de un modelo de la molécula de agua, H₂O. La molécula, que es el conjunto, está formada por tres átomos unidos por enlaces: dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

Los materiales que más abundan en la naturaleza son las mezclas, tanto homogéneas como heterogéneas (por ejemplo, el agua de mar, la del grifo o las aleaciones son disoluciones; la mayoría de las rocas, o lo que extraemos de los yacimientos minerales, son mezclas heterogéneas). estudio de la materia se hace más fácil partiendo, no de las mezclas, sino de las sustancias que las forman. Para ello hay que separarlas. De aquí importancia de las técnicas de separación de mezclas.

³ En el mapa conceptual aparece que las sustancias puras pueden ser simples o compuestas. Con respecto a las primeras, conviene advertir que no es lo mismo sustancia simple, que es un cuerpo que podemos manipular (por ejemplo, el oxígeno que respiramos, O₂), que elemento, que serían los átomos constituyentes de los cuerpos (que puedes encontrar en la tabla periódica de los elementos).

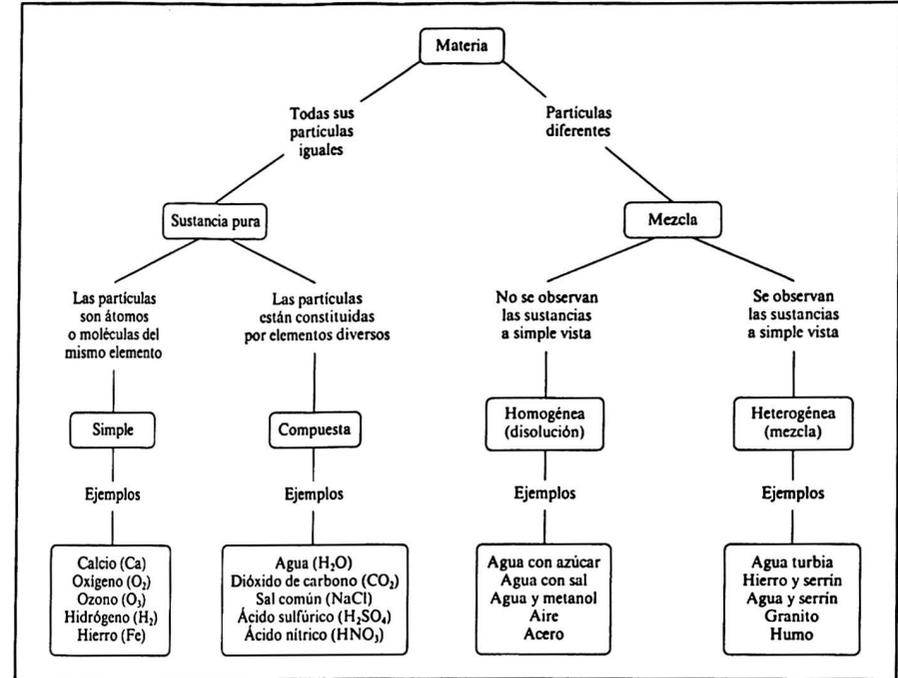


Figura 2.1.—Clasificación de la materia.

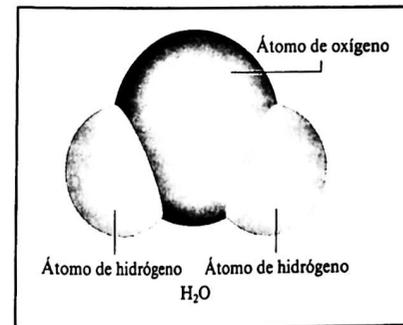


Figura 2.2.—Molécula de agua.

19. En caso de que alguno de los materiales de la cuestión 18 fueran mezclas (lo más probable), ¿sabrías identificar sus componentes y cómo separarlos? Compara tus respuestas con lo que te presentamos a continuación.

1.4. Separación de mezclas

Los procedimientos de separación de mezclas más usuales son:

- **Filtración.** Sirve para separar las partículas sólidas del líquido en que se encuentran. En el laboratorio se emplea papel de filtro; en una depuradora, arena o grava. Cualquiera de ellos permite el paso del líquido pero no de las partículas, que quedan retenidas.
- **Sedimentación y decantación.** Cuando un sólido se encuentra mezclado con un líquido, al dejarlo en reposo el sólido sedimenta y se va al fondo. La decantación es un proceso similar a la sedimentación, pero se utiliza cuando la mezcla está formada por dos líquidos inmiscibles (por ejemplo agua y aceite). Se emplea para ello el embudo de decantación (figura 2.3).
- **Evaporación.** Se emplea para separar un sólido del líquido en que se encuentra disuelto (por ejemplo sal en agua). Para ello pondremos la disolución en un recipiente de mucha base y poca altura y dejaremos que el agua se evapore durante horas o días. Es el proceso para obtener las sales marinas, dejando evaporar el agua del mar en extensos estanques de bajo fondo (*salinas*). La energía necesaria para la evaporación la suministra el Sol.
- **Destilación.** La destilación consiste en calentar una disolución de dos líquidos, y así, cuando se alcanza la temperatura de ebullición del líquido que la tiene más baja, éste se vaporiza. Ya sólo queda condensar el vapor y recogerlo en forma líquida (figura 2.4). También es un procedimiento para obtener agua pura. Al hervir el agua natural deja un residuo de diversas sales y, si ahora enfriamos el vapor hasta condensarlo, obtendremos agua pura, el agua destilada.
- **Destilación fraccionada.** Las mezclas naturales de productos orgánicos suelen tener muchas sustancias de interés industrial, y para este caso el método más adecuado es la destilación fraccionada. El petróleo es

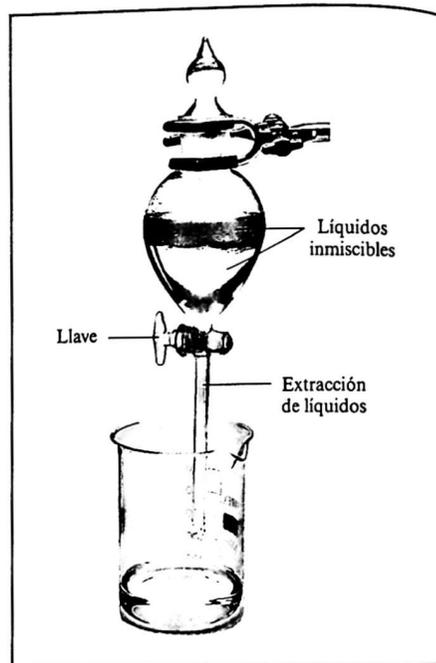


Figura 2.3.—Decantación.

una mezcla de decenas de hidrocarburos, todos ellos útiles. Para separarlos, en las refinerías se utiliza una torre de destilación. El petróleo se calienta a unos 400 °C, de modo que casi todos sus componentes hierven. Los vapores se introducen por la parte inferior de la torre, cuya temperatura disminuye con la altura debido a la menor temperatura del aire que la rodea. Cuando los vapores de una sustancia alcanzan zona correspondiente a su temperatura de condensación, condensan y, en forma líquida, salen por unas tuberías laterales. De este modo, a cada altura distinta de la torre se extrae una sustancia diferente.

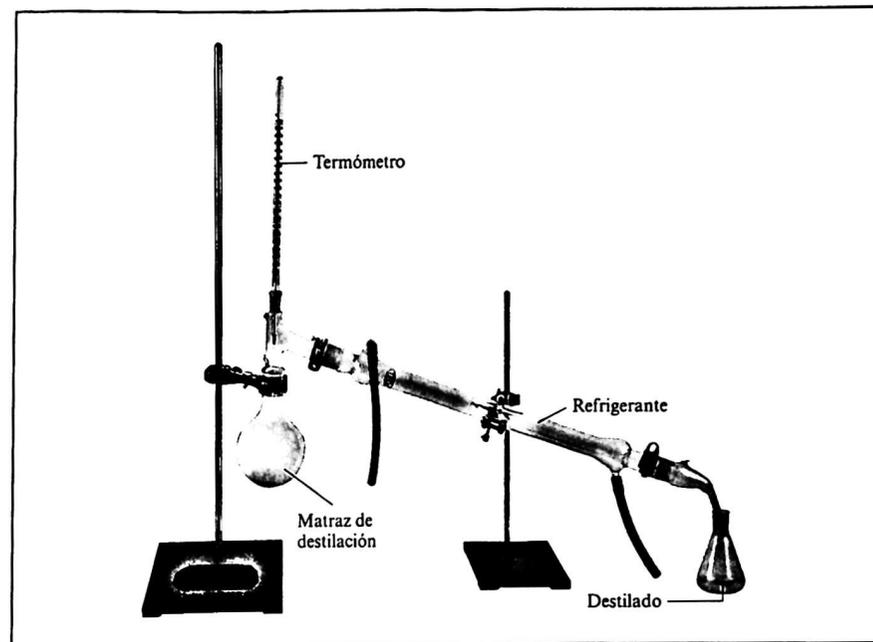


Figura 2.4.—Destilación.

ACTIVIDAD 2: El agua. Mapa conceptual.

2. LOS CAMBIOS EN LA MATERIA. TIPOS

20. ¿Piensas que en la Naturaleza existe algo que no cambia, aunque no sea de lo que te rodea?

En la Naturaleza todo cambia constantemente. Desde las estrellas, que la humanidad pensaba

que eran astros inmutables, y hoy sabemos que nacen, evolucionan y mueren, hasta las montañas y valles, que podría pensarse que han estado ahí desde la formación de la Tierra. Todo se encuentra en un continuo cambio. También la evolución de un ser vivo es un continuo cambio.

Los cambios en la materia suelen clasificarse en tres grandes grupos:

- **Cambios físicos.** Son los que se producen sin alteración en la composición química de las sustancias, como los movimientos, los cambios de estado, la atracción magnética, etcétera.

- **Cambios químicos.** Son aquellos en los que se producen cambios en la composición química de las sustancias, como la oxidación del hierro o los cambios que se producen en el interior de las células vivas.
- **Cambios nucleares.** Se producen cuando cambian los elementos químicos. Así ocurre cuando cuatro núcleos de hidrógeno se unen y forman uno de helio, como sucede en las estrellas. Estos cambios, aunque pudieran parecerlo, no son cambios químicos, pues tienen lugar en los núcleos de los átomos y no en la corteza de los mismos como les ocurre a los químicos (formación de enlaces y su ruptura).

21. Atendiendo a esta clasificación, señala dos ejemplos de cada tipo de cambio.
¿A qué tipo de cambio pertenece cada uno de estos fenómenos?: a) el agua cuando se evapora; b) la maduración de una fruta; c) la energía que emite el Sol; d) lo que ocurre al echar en agua una pastilla efervescente; e) un metal al calentarlo; f) hacer deporte.

Estudiaremos a continuación algunos de los cambios físicos y químicos más característicos. Los nucleares se salen de nuestros objetivos, aunque deberías profundizar un poco en su estudio, dada la importancia que tienen y tendrán en un futuro próximo para la obtención de energía.

3. CAMBIOS FÍSICOS

3.1. Las fuerzas y sus efectos

Muchos de los cambios físicos que se observan en la naturaleza tienen su origen en las fuerzas. Seguramente, el término «fuerza», y similares, forman parte de tu vocabulario habitual. Sin embargo, la experiencia nos dice que a la hora de definirla surgen dificultades.

23. ¿Qué es para ti una fuerza y qué contestarías a un alumno de Primaria que te preguntara sobre ella?
24. ¿Es correcto decir que un levantador de pesas tiene fuerza? ¿Por qué?

En muchas ocasiones, en Física se definen magnitudes en función de los efectos que producen. Es el caso de la fuerza.

Fuerza es toda causa que produce, o bien una deformación, o bien un cambio de movimiento en un cuerpo.

Las fuerzas se representan con unas flechitas llamadas **vectores**, que indican dónde están aplicadas, su módulo (intensidad), su dirección y sentido.

Antes de seguir adelante vamos a aclarar algunas cuestiones importantes. Reflexiona sobre lo que te expresamos a continuación:

- Las fuerzas pueden actuar por contacto o a distancia.
- Cuando se aplican varias fuerzas sobre mismo objeto, el efecto es el mismo que actuara sólo una, que llamamos *fuerza resultante*, o *neta*, la cual resulta de la *composición* (suma de vectores) de todas las que actúan.

De las fuerzas que observamos en nuestra vida cotidiana, únicamente actúan a distancia las *gravitatorias* (responsables del peso de los cuerpos) y las *electromagnéticas* (responsables de los fenómenos eléctricos y magnéticos). Todos hemos observado cómo caen los objetos debido al campo gravitatorio de la Tierra, o cómo se atraen, repelen, dos imanes. Estos fenómenos ocurren sin contacto directo entre los cuerpos que interactúan. El resto son fuerzas de contacto, también de origen electromagnético (por ejemplo, la fuerza

que ejerce el suelo para sostenernos, o la que ejercemos nosotros cuando empujamos o cogemos un objeto).

25. Observa a tu alrededor e identifica fuerzas por contacto y a distancia.
26. ¿Es posible que dos personas ejerzan sendas fuerzas sobre un bolígrafo, y que no se deforme ni varíe su estado de reposo o movimiento? ¿Por qué?

El estudio de las fuerzas y sus efectos se realiza utilizando las *leyes de Newton*, enunciadas por Isaac Newton en 1687 (reflexiona sobre ellas hasta entenderlas).

- **1.ª ley: Ley de la inercia.** Si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza, y estaba en reposo, seguirá así, y si estaba en movimiento seguirá con movimiento rectilíneo y uniforme (es el que transcurre en línea recta y sin variar su velocidad).
- **2.ª ley: Ley fundamental de la dinámica.** Cuando un cuerpo es sometido a una fuerza (F), cambia su estado de reposo o movimiento, adquiriendo una aceleración. La aceleración (a) es directamente proporcional a la fuerza aplicada, e inversamente proporcional a la masa del cuerpo (m). Matemáticamente, $F = m \cdot a$.
- **3.ª ley: Ley de acción y reacción.** A toda fuerza (acción) corresponde otra (reacción) igual y de sentido contrario. Aunque estas fuerzas de acción y reacción sean iguales y opuestas no pueden anularse, puesto que actúan sobre cuerpos diferentes (de aquí que digamos que las fuerzas siempre se encuentran «por pares»).

27. Cuando vamos de pie en un autobús y éste frena, caemos hacia delante. ¿Con cuál de las leyes de Newton explicamos este hecho? ¿Cómo?

28. La Luna gira alrededor de la Tierra. ¿Qué fuerzas actúan? ¿Qué le sucedería a la Luna si de repente desapareciera la Tierra? ¿Con qué leyes de Newton explicarías los hechos?
29. Imagina dos cuerpos, uno con el doble de masa que el otro. a) Si quieres producirles la misma aceleración, ¿qué relación debe existir entre las fuerzas aplicadas?; b) si ahora actúan sobre ellos dos fuerzas iguales ¿cómo serán las aceleraciones producidas? ¿Qué relación de proporcionalidad hay, por tanto, entre masa y aceleración?
30. Para cada una de las situaciones siguientes, identifica las fuerzas de acción y reacción y dibuja un esquema con los cuerpos en los que están aplicadas: a) empujas un coche para arrancarlo; b) te apoyas en una pared; c) tu peso.

Tras estudiar estas leyes podemos comprender bien que uno de los efectos de las fuerzas es el **cambio de movimiento** de los cuerpos. Esto quiere decir que:

1. Si un cuerpo está en reposo, comienza a moverse.
2. Si se está moviendo: o se para, o se mueve más deprisa o más despacio, o cambia de dirección.

Las fuerzas, aparte de cambios en el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, también pueden provocar **deformaciones**. Según cómo reaccionen ante una fuerza, los cuerpos pueden ser *rígidos* (no se deforman), *elásticos* (se deforman, pero cuando deja de actuar la fuerza recuperan su forma original) y *plásticos* (quedan permanentemente deformados). Igualmente, las fuerzas son también capaces de provocar **equilibrios** entre los cuerpos (mismos pesos en los platillos de una balanza de brazos iguales) o, por el contrario, de romper dicho estado de equilibrio (desplazar con un dedo una moneda de canto sobre la mesa).

31. Piensa en algunos ejemplos de cada uno de los tipos de deformación anteriores y de sistemas en equilibrio que podemos encontrar a nuestro alrededor.

ACTIVIDAD 3: Leyes físicas de los dibujos animados.

3.2. Cambios de estado

Si se deja un poco de agua en un recipiente, al cabo de un cierto tiempo desaparece de nuestra vista completamente por pasar al estado de vapor. Si se calienta agua en un recipiente, al alcanzar una determinada temperatura comienza un paso tumultuoso de líquido a vapor.

32. ¿Recuerdas cómo se llaman estos dos cambios de estado?
33. ¿Qué diferencias en cuanto a temperatura se observan entre ellos?

El primer caso es la evaporación del agua y el segundo la ebullición. Aunque en ambos se verifica el paso de un líquido a vapor, las diferencias son importantes: la evaporación se produce en la superficie libre del líquido (por ejemplo, para secar la ropa conviene extenderla) y a cualquier temperatura; la ebullición se produce en toda la masa del líquido (se forman burbujas, es decir, esferas de vapor, por todas partes, que escapan) y a una temperatura determinada.

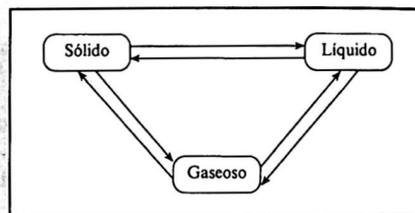
La temperatura de ebullición depende de la presión ambiente. Cuanto más baja sea la presión, antes hierve el agua (por ejemplo, a $p = 707$ mmHg, hierve a $98\text{ }^\circ\text{C}$) y, al contrario, a presión elevada el agua se mantendrá líquida a $t > 100\text{ }^\circ\text{C}$ (olla exprés). ¿Por qué se dice entonces que el punto de ebullición del agua es $100\text{ }^\circ\text{C}$? Porque, por definición, el punto de ebullición de un líquido es

la temperatura a la que hierve cuando la presión es igual a 760 mmHg (1 atm).

El cambio de estado de sólido a líquido también puede estudiarse de forma semejante y, asimismo, definir el punto de fusión. En algunas sustancias (CO_2 , I_2 , naftalina, etc.) se verifica (a presión habitual) un paso directo de sólido a gas. Es la sublimación.

Bajo el punto de vista energético, es evidente que los cambios directos (sol \rightarrow liq y liq \rightarrow vap) requieren un suministro de energía (calor). cambio, en los inversos (liq \rightarrow sol y vap \rightarrow liq) produce un desprendimiento de energía (calor), la misma cuantía que el correspondiente directo se hace entre los mismos estados inicial y final).

34. Rellena el siguiente esquema con los nombres de los cambios de estado:



35. Pon dos ejemplos de cada uno de los cambios del esquema anterior.
36. Si el punto de ebullición del agua es de $100\text{ }^\circ\text{C}$, considerando el cambio inverso, el punto de condensación de un vapor de agua que esté a más de $100\text{ }^\circ\text{C}$ será mayor/igual/menor que $100\text{ }^\circ\text{C}$. Razona la elección.

3.3. La teoría cinética de la materia

Como sabemos por nuestra experiencia, los sólidos poseen forma y volumen constantes; los líquidos tienen volumen constante, pero toman la forma del recipiente; y los gases no tienen ni forma ni volumen constante. A diferencia de sólidos

y líquidos, los gases son muy compresibles y pueden ser reducidos hasta volúmenes pequeñísimos.

Todo lo anterior puede explicarse con la teoría cinética⁴, que se basa en varias ideas fundamentales:

- La materia está constituida por partículas (ya sean moléculas, átomos o iones), que pueden disponerse (según el estado) unas veces ordenadas y otras desordenadas, unas veces juntas y otras separadas.
- Las moléculas (en general, las partículas) de la materia están en **incesante movimiento**.
- La **temperatura** es la manifestación de este movimiento.

37. Dadas las características de forma y volumen de sólidos, líquidos y gases, ¿te imaginas cómo se encuentran las partículas (moléculas H_2O) en el hielo, el agua y el vapor de agua? Representalo en un dibujo para cada caso.

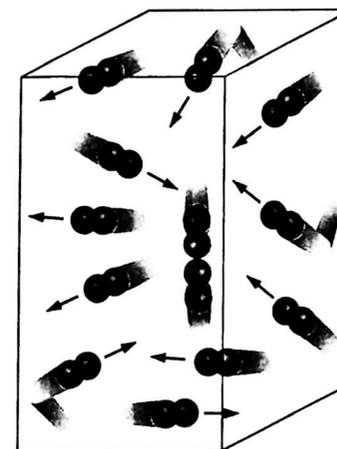


Figura 2.5.—Moléculas en estado gaseoso.

Dicho movimiento es al azar. Los incesantes choques contra las paredes del recipiente es lo que percibimos como presión del gas. La presión aumenta con el número de moléculas que golpean las paredes y con la mayor energía cinética de las mismas. Si ningún obstáculo se opone al movimiento de las moléculas, el conjunto de ellas, es decir, el gas, se expande hasta un volumen prácticamente infinito.

Por otra parte, la temperatura del gas depende de la rapidez con que se muevan sus moléculas. Más concretamente, de los cálculos de la teoría se deduce que existe una relación lineal simple entre la energía cinética media (\bar{e}_c) de las partículas de un gas y su temperatura absoluta (T , en kelvin, K). Matemáticamente:

$$\bar{e}_c = A \cdot T \quad (A \text{ es una constante})$$

De la expresión anterior se deduce que, para un mismo gas, cuando aumenta la temperatura también aumenta la energía cinética media y, por tanto, la velocidad media ($\bar{e}_c = 1/2 \cdot m \cdot \bar{v}^2$) de sus

3.4. El estado gaseoso

La gran compresibilidad de los gases apunta a una estructura en la que las moléculas⁵, independientes unas de otras, están separadas por enormes distancias en relación a su tamaño. Los valores extremadamente pequeños de las densidades de los gases en relación con sólidos y líquidos lo confirma (1 g de agua a $20\text{ }^\circ\text{C}$ ocupa un volumen de $1,04\text{ cm}^3$; en cambio, en estado de vapor a $100\text{ }^\circ\text{C}$ y 1 atm , el volumen es de 1.680 cm^3 . La densidad se ha hecho, pues, unas 1.600 veces menor).

Las moléculas que forman un gas se encuentran en movimiento continuo (véase la figura 2.5).

⁴ También denominada teoría cinético-molecular.

⁵ Las partículas que corresponden a los gases más comunes son moléculas formadas por dos o más átomos (N_2 , CO_2 , etc.). Sólo los gases nobles están constituidos por moléculas monoatómicas (He , Ar , etc.).

moléculas (se habla de valores medios porque, en un instante dado y como consecuencia de los choques, no todas las moléculas poseen la misma velocidad). Si dos gases diferentes se encuentran a la misma temperatura, la energía cinética media de sus moléculas será la misma.

De la ecuación anterior se deduce que cuando $T = 0$, $e_c = 0$. Es decir, que a 0 K el movimiento molecular cesa por completo. Por ello es la temperatura más baja que puede existir (recuérdese que 0 K = -273 °C).

38. ¿Cómo puede explicarse por la teoría cinética que olamos un perfume que se encuentra abierto en una habitación?
39. ¿Cómo puede explicarse por la teoría cinética que al calentar un gas encerrado en un recipiente rígido aumenta la presión del mismo?
40. Además de la temperatura, ¿conoces alguna magnitud cuyos valores no puedan pasar un límite (mínimo o máximo)?
41. Busca información sobre la conversión de grados centígrados (°C) en kelvin (K) y viceversa. ¿Cuál será en centígrados la temperatura de 0 K? ¿Cuál será en kelvin la temperatura de 0 °C? ¿Y de 20 °C?

3.5. El estado sólido

La forma y el volumen invariables y la débil compresibilidad conducen a suponer que en un sólido las partículas se encuentran prácticamente en contacto unas con otras y dispuestas según un determinado orden geométrico. Es lo que se llama una red cristalina (pueden existir materias amorfas, como el vidrio o los plásticos, que carecen del orden mencionado).

En un sólido la libertad de movimiento de sus partículas casi ha desaparecido. Pero éstas tampoco están completamente fijas, sino que realmente se encuentran oscilando alrededor de posiciones fijas.

Al calentar el sólido se transmite energía nética a las partículas, con lo que vibran cada más rápidamente. A una cierta temperatura (temperatura de fusión) la agitación es lo suficientemente grande como para que se aparten de posiciones medias de vibración. Se rompe el den geométrico y el sólido funde.

3.6. El estado líquido

También los líquidos poseen volumen constante y débil compresibilidad, por lo que sus partículas han de encontrarse asimismo a distancias constantes entre sí y parecidas a las que guardan en el sólido. Esta suposición se ve confirmada por el hecho de que las densidades de los líquidos son, en general, algo inferiores a las de los sólidos, aunque del mismo orden.

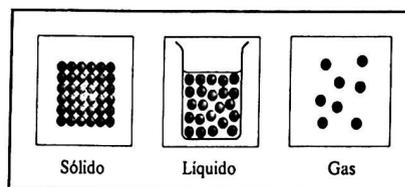
Lo que distingue a sólidos de líquidos es capacidad de flujo de los segundos, que les impide tener forma propia. Esto hace suponer que partículas que constituyen el líquido no se encuentran alrededor de posiciones fijas, sino que, al existir una mayor agitación térmica, poseen mayor libertad de movimiento y pueden desplazarse o rotar unas en relación a otras.

La evaporación se debe al efecto de las moléculas de energía cinética más alta, que pueden superar las fuerzas intermoleculares y abandonar líquido a través de su superficie. Para que continúe el proceso con la misma intensidad, el líquido ha de tomar del medio la energía necesaria para evaporación (de ahí el frío que sentimos, por ejemplo, al evaporarse un poco de alcohol sobre la piel, o al salir en verano de la piscina un día de viento).

Como la vaporización del líquido, por evaporación o por ebullición, supone la ruptura prácticamente total de las fuerzas intermoleculares, el calor de vaporización (por ejemplo, para agua es de 2.260 J/g) es una medida de la intensidad de dichas fuerzas. En cambio, el calor de fusión es normalmente mucho más pequeño que el de vaporización (por ejemplo, para el agua es

de 335 J/g), ya que en la fusión tiene lugar únicamente un debilitamiento de estas fuerzas.

42. Resume brevemente cómo utilizarías la Teoría Cinética para explicar cada uno de los cambios de estado del esquema de la cuestión 34.
43. Compara los dibujos que hiciste en la cuestión 37 con los de la siguiente figura y explica las diferencias.



ACTIVIDAD 4: Las ecuaciones en Física y su significado.

4. CAMBIOS QUÍMICOS

4.1. Ecuaciones y fórmulas químicas. Su significado

44. ¿Qué significado tiene que la fórmula de un óxido de hierro sea Fe_2O_3 ? ¿Y la del ácido sulfúrico H_2SO_4 ?

Una sustancia concreta puede designarse de dos maneras: o escribiendo su nombre (nomenclatura) o escribiendo su fórmula (formulación). Así, por ejemplo, podemos escribir «dióxido de carbono», o simplemente « CO_2 ». La fórmula tiene la ventaja que nos da la composición de la sustancia (el CO_2 está formado por carbono, C, y oxígeno, O) y la estructura de sus partículas (las

moléculas de CO_2 están formadas por un átomo de C unido a dos de O).

45. Al consultar un documento, vemos en la misma página las tres ecuaciones siguientes: a) $H_2O \rightarrow H_2 + O_2$; b) $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$; c) $2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$. ¿Representan la misma reacción? ¿Qué significa cada una de ellas? Marca las diferencias. Razona todas las respuestas.

En un cambio químico, también llamado reacción química, las sustancias iniciales (reactivos) se transforman en otras finales (productos). Todas las reacciones obedecen la ley de conservación de la masa dada por Lavoisier (final del siglo XVIII): la masa total de los productos que aparecen es igual a la masa total de los reactivos de partida.

Una reacción se representa mediante una ecuación química, que tiene la siguiente forma⁶:

Reactivos → Productos

Así, por ejemplo, la reacción de síntesis del agua puede escribirse:

Hidrógeno + Oxígeno → Agua

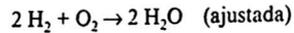
o bien con fórmulas:

$H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$ (sin ajustar)

Habitualmente las ecuaciones químicas se escriben *ajustadas*, para señalar que el número de átomos de cada clase es el mismo en los dos miembros. La anterior está sin ajustar porque hay 2 átomos de O a la izquierda y 1 a la derecha. Para ajustar una ecuación se escriben delante de

⁶ A diferencia de una ecuación matemática o una ecuación física, que utilizan el signo = para indicar la igualdad entre ambos miembros, una ecuación química prefiere emplear el \rightarrow para indicar el sentido del cambio de unas sustancias a otras diferentes.

las fórmulas unos números llamados coeficientes (por ejemplo, «2 H₂O» significa que tenemos dos moléculas de agua). La ecuación anterior ajustada sería:



Ahora está ajustada porque hay en total 2 átomos de O a la izquierda (formando una molécula O₂) y 2 a la derecha (formando dos moléculas H₂O), e igualmente de H hay 4 y 4, respectivamente⁷.

La ecuación anterior significa que 2 moléculas de hidrógeno, H₂, reaccionan con 1 de oxígeno, O₂, para dar 2 de agua, H₂O.

- 46 ¿Cómo se interpreta la ecuación $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$? (Compara con la respuesta que diste en la cuestión anterior). ¿Por qué se dice que está ajustada?

ACTIVIDAD 5: Una analogía para la teoría atómica y formulación.

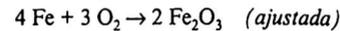
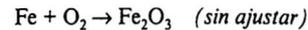
4.2. Reacciones de oxidación y combustión

47. ¿Qué pesa más: un clavo, o el mismo clavo oxidado?
48. Al quemar carbón, las cenizas que resultan pesan menos que el trozo de carbón original. ¿Cómo se cumple entonces la ley de conservación de la masa?

⁷ Si comparamos las ecuaciones sin ajustar y ajustada de la síntesis del agua, la primera señala sólo la materia implicada, mientras que la segunda añade a esto que, además, la materia se conserva. La primera tiene, pues, carácter cualitativo, y la segunda, cuantitativo.

La **oxidación** es un cambio químico que produce cuando algún material reacciona con oxígeno. Los metales son buenos candidatos oxidarse. Así, si dejamos un trozo de hierro a intemperie, pronto se observará la herrumbre, que es óxido de hierro. Óxido, en general, es compuesto formado por un elemento y oxígeno. La ecuación química que describe el cambio tado es:

Hierro + Oxígeno → Óxido de hierro

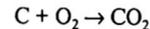


49. ¿Cómo se interpreta esta última ecuación?

Aunque O₂ ya se ha mencionado antes, aclaramos aquí que el oxígeno (por ejemplo el oxígeno que respiramos) se encuentra en forma de moléculas constituidas por 2 átomos; por eso su fórmula es O₂ (y no O).

En ocasiones, la oxidación se produce de forma violenta, desprendiendo gran cantidad de energía en poco tiempo (produciendo una llama). En estos casos hablamos de **combustión**, y a sustancia que reacciona con el oxígeno (carbón, madera, etc.) la llamamos combustible. La ecuación química general de la combustión del carbón (carbono con impurezas) es, en esencia:

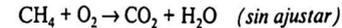
Carbono + Oxígeno → Dióxido de carbono



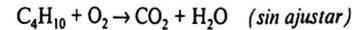
En las reacciones en que intervienen gases (por ejemplo, O₂) hay que tener en cuenta que los gases también pesan, lo que confirma que el principio de conservación de la materia siempre se cumple.

Los hidrocarburos, sustancias formadas por C e H, se utilizan frecuentemente como combustibles. Así por ejemplo, tenemos:

Metano + Oxígeno → Dióxido de carbono + Agua



Butano + Oxígeno → Dióxido de carbono + Agua



50. ¿La oxidación es una combustión, o la combustión es una oxidación? ¿Qué diferencia hay entre una y otra?
51. Observa con detalle las ecuaciones de las reacciones de combustión estudiadas. ¿Qué sustancias se encuentran en todas ellas?
52. Un alumno comenta: «Aunque me dicen que en la combustión de cualquier hidrocarburo se produce H₂O, yo, al mirar la hornilla de casa donde se quema el butano, nunca he visto que salga agua». ¿Qué podrías decirle al respecto a este compañero?
53. El gas natural está constituido por el hidrocarburo más sencillo, el metano, de fórmula CH₄. ¿Sabrías escribir la reacción de combustión ajustada?
54. El butano es C₄H₁₀, que también se escribe como CH₃CH₂CH₂CH₃ (comprueba que es lo mismo). ¿Sabrías escribir la reacción de combustión ajustada?

4.3. Reacciones de fermentación

La **fermentación** es una reacción natural que suele estar provocada por bacterias y levaduras. Mediante ella los azúcares se transforman en alcohol ordinario y dióxido de carbono.

Añadamos que los **hidratos de carbono** o azúcares y los **alcoholes** son dos familias de compuestos orgánicos constituidos por C, H y O, pero los segundos más simples que los primeros. Aunque el azúcar más conocido es la sacarosa (azúcar común), el de mayor importancia biológica es la

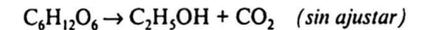
glucosa (C₆H₁₂O₆). Por su parte, el alcohol más usual es el alcohol ordinario (etanol o alcohol etílico, C₂H₅OH).

La ecuación general de la fermentación es:

Azúcar → Alcohol (etanol) + Dióxido de carbono

El **vino** se hace a partir del zumo de las uvas, que llevan en la piel sus propias enzimas (catalizadores naturales) y levaduras. En estas condiciones se produce la reacción de fermentación, en la que la glucosa (un azúcar) se transforma en etanol:

Glucosa → Alcohol (etanol) + Dióxido de carbono



Hay que prestar atención al desprendimiento de CO₂. Por ello, el lugar (bodega) ha de estar ventilado.

La fermentación suele pararse por sí misma cuando el vino alcanza unos 16 grados alcohólicos (16 partes de alcohol en cada 100 partes de vino).

La fermentación que da origen al vino es una fermentación anaerobia, es decir, en ausencia de aire (los toneles se llenan completamente), pues en caso contrario el proceso iría seguido de una oxidación, provocada por las bacterias del aire, que produciría **vinagre** (cuando en casa se deja abierta la botella un cierto tiempo el vino «se agria»). Pero, otras veces, es precisamente esto mismo lo que se busca para fabricar, a partir de vino, el vinagre⁸ de mesa.

55. ¿Sabrías escribir, ajustada, la reacción de fermentación por la que se produce alcohol?

⁸ El vinagre está constituido por un 5% de ácido acético, un ácido orgánico débil (CH₃COOH). El sabor agrio se debe precisamente a este ácido.

56. El alcohol ordinario, C_2H_5OH o CH_3CH_2OH , es muy inflamable y por ello se emplea hoy día como complemento a la gasolina (bioalcohol). Sabiendo que la combustión de un alcohol produce las mismas sustancias que la de los hidrocarburos, escribe la ecuación de combustión del alcohol ordinario, con nombres y con fórmulas.
57. Recoge información sobre las consecuencias en el organismo humano del exceso de alcohol, como causa de trastornos muy apa-

rentes como «flojera», falta de reflejos» y «visión doble». Haz lo mismo, pero revisando las consecuencias sociales que puede acarrear el consumo excesivo de alcohol en las personas mayores y entre los jóvenes: agresividad, violencia doméstica, accidentes de tráfico...

ACTIVIDAD 6: Evaluación y calificación: aplicación a la materia y sus transformaciones.

ANEXO: ACTIVIDADES DE AULA

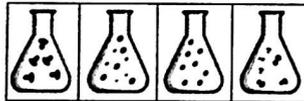
ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La materia y sus transformaciones.

Apellidos y nombre _____ Fecha _____

Señala la opción correcta en cada una de las siguientes cuestiones.

(Extraídas de: Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (eds.). (2000). *Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Praxis.)

Dados los siguientes erlenmeyers, señala cuál representa:



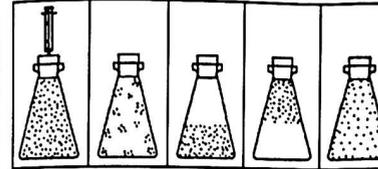
- | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Un compuesto | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Un elemento | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Una mezcla de elementos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



Un hombre situado en el campanario de una iglesia sostiene dos bolas iguales de diferente material y, por tanto, de distinta masa. Si en un determinado momento el hombre suelta las dos bolas al tiempo y suponiendo despreciable el rozamiento con el aire, ¿cuál de ellas llegará antes al suelo?

- A. La de más masa.
 B. La de menos masa.
 C. Las dos llegarán al suelo al mismo tiempo.
 D. Depende de la altura del campanario.

De un erlenmeyer que inicialmente está lleno de aire se extrae una parte de este y se deja en reposo durante unos minutos. Si pudiéramos ver sus moléculas, ¿cómo estarían distribuidas?



- A.
 B.
 C.
 D.

Una vez lavado un vaso de plástico se deja invertido sobre una mesa durante algún tiempo, al cabo del cual se comprueba que el vaso está seco. ¿Qué es lo que ha sucedido?



- A. La mesa ha absorbido los restos del agua del vaso.
 B. El agua ha sido absorbida por el plástico del vaso.
 C. El agua se ha evaporado y ha pasado a formar parte del aire.
 D. El agua se ha descompuesto en sus elementos.

Hemos cortado un trozo de una manzana. La zona de la que hemos cortado se oscurece por el tiempo. ¿Qué tipo de proceso ha tenido lugar?



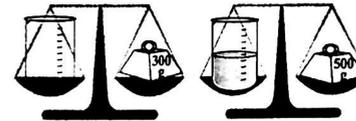
- A. Químico.
 C. Los dos.
 B. Físico.
 D. Ninguno de ellos.



Se enciende una vela en un recipiente cerrado. ¿Qué ocurre?

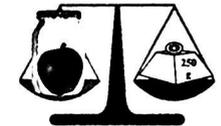
- A. Sigue luciendo, pero brillará menos que si no estuviese cerrado.
 B. Se apaga inmediatamente.
 C. Se consume el oxígeno y se apaga.
 D. Sigue luciendo hasta que se consuma la vela.

Al introducir arena en el vaso de precipitado de la imagen izquierda, ocurre lo que se observa en la derecha. ¿Cuál será la masa de la arena introducida?



- A. 500 g
 C. 200 g
 B. 800 g
 D. Ninguno de las anteriores

Introducimos una manzana en un recipiente herméticamente cerrado y lo pesamos. Dejamos pasar los días hasta que la manzana se pudre. ¿Qué sucederá entonces?



- A. La balanza se habrá inclinado hacia el lado de la manzana.
 B. La balanza se habrá inclinado hacia el lado de la pesa.
 C. La balanza no se habrá movido.
 D. Depende del tiempo que haya pasado.

Dadas las figuras del dibujo de las mismas dimensiones y fabricadas en distintos materiales: A) plomo; B) corcho, y C) madera, indica cuál de ellas tiene más:



Igual

- | | | | | |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Volumen | A | B | C | D |
| Masa | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Dados dos globos iguales, hinchamos uno de ellos con aire y los colocamos sobre una balanza, ¿qué ocurrirá?



- A. El globo con aire pesa más y se inclinará hacia ese lado.
 B. El globo con aire pesa menos y se inclinará hacia el otro lado.
 C. Los dos globos pesan igual y la balanza se queda igual.
 D. Depende de la presión de hinchado del globo.

Una vez realizado el cuestionario de ideas previas, reflexionad y responded a las siguientes preguntas (en pequeños grupos):

- ¿Qué conclusiones podemos sacar?
- ¿Influye el sistema educativo a la hora de provocar cambios conceptuales permanentes en las mentes de los alumnos?
- Entonces, ¿cómo podría plantearse el docente el fomento de aprendizajes significativos en su alumnado?

Sobre el tema que acabas de estudiar, el alumno posee numerosas ideas previas profundamente arraigadas que van a interferir con las ideas científicas que les transmite el profesor, dificultando de esta manera el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Idea previa	Idea correcta
Un movimiento constante requiere una fuerza en la misma dirección y sentido del movimiento.	Un cuerpo puede moverse sin que actúe sobre él fuerza alguna (1.º Principio de Newton).
Si un cuerpo está en reposo, no actúa ninguna fuerza sobre él.	Si un cuerpo está en reposo, pueden actuar fuerzas sobre él, aunque la resultante de ellas, $R = 0$.
Entre dos cuerpos puede ocurrir que: a) no se ejerzan F ; b) uno ejerza F sobre el otro; c) cada uno ejerce una F sobre el otro (que puede ser diferente).	b) Falsa (3.º Principio de Newton); c) Verdadera sólo si las dos F son iguales (y contrarias).
La materia es continua. El vacío no existe.	La materia está formada por partículas. Entre ellas quedan huecos vacíos.
Si la materia está formada por partículas, éstas no se mueven.	Las partículas de la materia están en incesante movimiento.
Los gases no pesan.	Toda la materia pesa.
Gas y aire son sinónimos. Aire = viento.	Hay muchos tipos de gases. El aire es uno de ellos. El viento es aire en movimiento.
Confusión mezcla-compuesto: las propiedades de un cuerpo recuerdan a las de sus elementos.	Un compuesto tiene propiedades diferentes a las de sus elementos componentes.

Idea previa	Idea correcta
En una reacción química las sustancias reaccionantes no desaparecen del todo sino que adoptan otras formas.	En una reacción química aparecen sustancias nuevas y desaparecen las iniciales.
Una disolución es lo mismo que una reacción química.	Una disolución es un proceso físico. Al evaporarse el disolvente, se recupera el soluto.
Una reacción química sólo puede darse en un laboratorio y con productos químicos.	En el mundo cotidiano hay reacciones químicas por todas partes.
La ley de conservación de la masa no siempre se cumple. Por ejemplo, en las combustiones las cenizas pesan menos que el carbón.	La ley siempre se cumple. En las combustiones hay que considerar también el peso de los gases desprendidos.

ACTIVIDAD 2: El agua. Mapa conceptual.

El uso de mapas conceptuales es un buen recurso para la organización de contenidos. Además, son herramientas muy útiles para el diseño de actividades de carácter diagnóstico, de desarrollo e incluso de evaluación. En esta actividad se os propone la realización de un mapa conceptual sobre las características y propiedades del agua. Debéis afrontar, en pequeños grupos, las siguientes tareas:

1. Leer tranquilamente el texto que se proporciona más adelante sobre las propiedades y características del agua.
2. Elaborar un listado de los conceptos que consideréis más importantes.
3. Organizarlos en un mapa conceptual.
4. Enumerar los contenidos mínimos que se han de trabajar en Educación Primaria en relación con el agua y ubicarlos en el mapa elaborado, de manera que nos facilite su tratamiento por ciclos.
5. Proponer una actividad basada en el uso del mapa conceptual elaborado, indicando el ciclo al que correspondería (de diagnóstico, de construcción de conceptos, de aplicación o de evaluación).

Finalmente, se comentarán los resultados de los distintos grupos, prestando atención a las dificultades que se han encontrado durante la realización de la actividad.

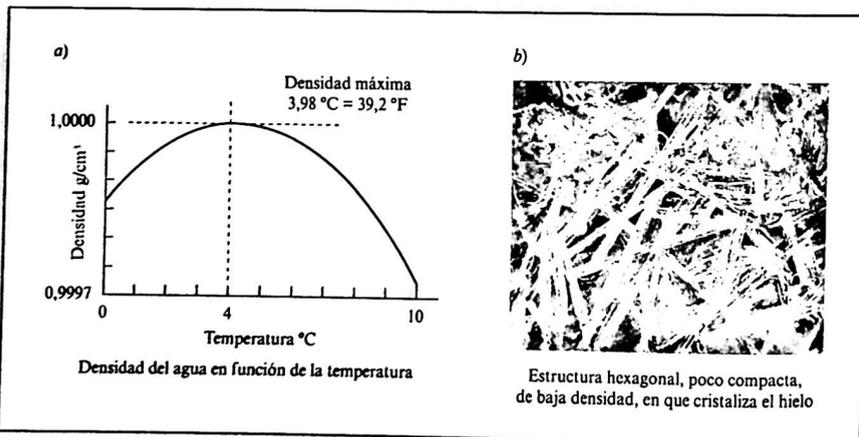
EL AGUA. UNA SUSTANCIA MUY PARTICULAR

Aunque el agua sea una sustancia muy abundante y te parezca tan familiar, tiene unas propiedades muy peculiares que la hacen única. Destacamos para ello las siguientes:

Su dilatación es anómala

En general, cuando un líquido se calienta se dilata y, por tanto, disminuye su densidad; cuando se enfría ocurre lo contrario. El agua no se comporta así, al menos en todo el tramo de temperatura en la que permanece líquida:

- Al calentarla entre 0 °C y 4 °C se contrae y, por tanto, aumenta su densidad (gráfica inferior izquierda). El agua alcanza su densidad máxima a 4 °C. Sólo a partir de entonces cumple la regla general. Al ser más densa, el agua a 4 °C se desplaza hacia el fondo. Por eso, en invierno, aunque la temperatura de una masa de agua sea muy baja, el fondo estará próximo a los 4 °C, temperatura a la que viven perfectamente un gran número de especies, lo que ha permitido la evolución de éstas.
- Cuando se enfría y se solidifica, el sólido que resulta (el hielo) ocupa un volumen mayor que el líquido del que proviene. Esto se debe a que, al solidificarse, las moléculas de agua se ordenan formando estructuras hexagonales, que dejan muchos huecos entre unas moléculas y otras (imagen inferior derecha), disminuyendo así su densidad. Como consecuencia, el hielo flota en el agua líquida.



Tiene un gran poder disolvente

El agua es capaz de disolver más sustancias que cualquier otro líquido. Exceptuando las sustancias oleaginosas (grasas, aceites, ceras...), puede decirse que disuelve a todas las demás, en mayor o menor proporción. Por ejemplo: sólidos, como los minerales; líquidos, como el alcohol; y gases, como el oxígeno o el dióxido de carbono de la atmósfera.

Gracias a esto último, los seres acuáticos pueden utilizar todas estas sustancias disueltas en sus procesos vitales (respiración, fotosíntesis, etc.). También interviene, directa o indirectamente, en todas las reacciones químicas que se producen en los seres vivos.

El gran poder disolvente del agua hace que sea difícil encontrar agua pura en la naturaleza (incluso ni el agua de lluvia lo es); lo normal es que contenga sustancias en disolución. Así, cada kg de agua de mar contiene unos 965 g de agua y unos 35 g de sales disueltas, en los que hay: 19,35 g de cloro, 10,76 g de sodio, 2,71 g de sulfatos, 1,29 g de magnesio, y el resto, 0,88 g, de calcio, potasio, bicarbonatos, bromo, estroncio, boro y flúor, entre otros.

Sus propiedades térmicas son diferentes

A diferencia de otras sustancias, como los metales, que se calientan y se enfrían con facilidad, el agua tiene una gran resistencia a variar su temperatura. Es decir, necesita recibir mucha energía para aumentar un poco su temperatura, y para que ésta disminuya un poco tendrá que ceder también mucha energía (calor). El agua es una de las sustancias que más calor necesita para que su temperatura aumente; decimos que tiene un *calor específico* muy alto.

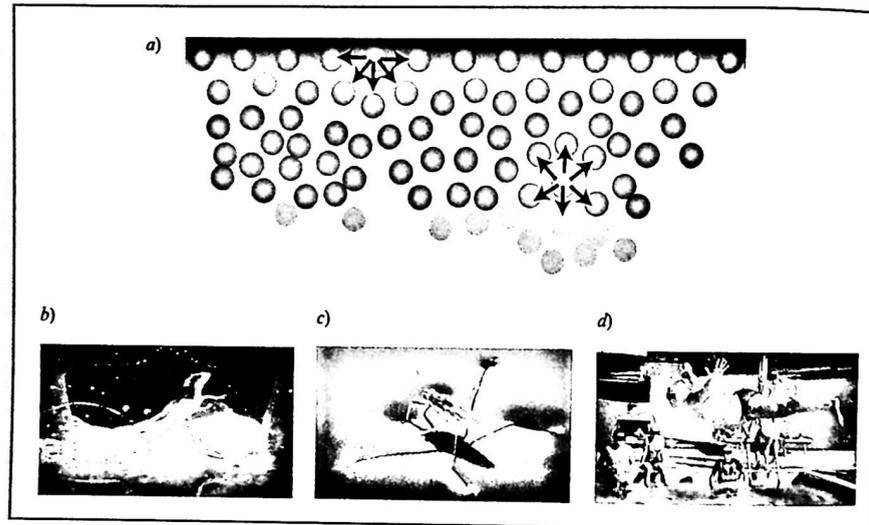
La enorme cantidad de agua contenida en los mares y océanos hace de termostato en la superficie terrestre. Así, en verano, la energía que recibimos del Sol es absorbida por el agua, y con ello su temperatura aumenta (menos grados que la superficie terrestre). En invierno, el agua cede a la atmósfera esa enorme cantidad de energía acumulada, suavizando la temperatura de las zonas costeras. La hidrosfera es un eficaz regulador de temperatura.

En la siguiente tabla puedes consultar las propiedades físicas del agua.

Propiedades físicas del agua	
Punto de fusión	0 °C
Punto de ebullición	100 °C
Densidad máxima	1 g/cm ³
Temperatura de máxima densidad	4 °C
Calor específico	1 cal/g°C
Calor de fusión	80 cal/g
Calor de vaporización	540 cal/g

Su tensión superficial juega un papel importante

Otra propiedad del agua es que su superficie libre se comporta como una membrana elástica. Este efecto es debido a que las moléculas de agua de la superficie se encuentran muy atraídas entre sí y por las que están debajo, formándose así una lámina tensa (imágenes inferiores). Esto posibilita que algunos insectos, incluso algún reptil, puedan caminar sobre su superficie. Igualmente, es la causa de que nos demos un «planchazo» cuando caemos mal a la piscina.



ACTIVIDAD 3: Leyes físicas de los dibujos animados.

Los dibujos animados son un género televisivo en el que se transgreden continuamente las leyes de la Física. De hecho, existen unas «leyes físicas de los dibujos animados» que se cumplen en todas las historias del género y que poco tienen que ver con las leyes de la naturaleza. Te presentamos a continuación estas «leyes físicas animadas». Críticalas desde un punto de vista de las leyes de la Física. Si observas que alguno de los enunciados de estas leyes se parece al de una ley Física que conozcas, identifica esta última y establece las diferencias entre ambas.

LEYES

1. **Primera Ley.** Cualquier cuerpo suspendido en el espacio permanecerá en dicho estado hasta que sea consciente de su situación.
2. **Segunda Ley.** Cualquier cuerpo en movimiento tenderá a permanecer en movimiento hasta que un material sólido se interponga repentinamente.
3. **Tercera Ley.** Cualquier cuerpo que atraviese un material sólido dejará en el mismo un orificio ajustado a su perímetro.
4. **Cuarta Ley.** El tiempo que invierte un objeto en caer veinte pisos es mayor o igual que el tiempo que se tarda alguien en bajar por una cornisa exterior espiral con la intención de cogerlo intacto.
5. **Quinta Ley.** Todas las leyes de la gravedad se violan cuando hay sobresaltos.
6. **Sexta Ley.** Cuando la velocidad es grande los objetos pueden estar en varios lugares al mismo tiempo.
7. **Séptima Ley.** Algunos cuerpos pueden pasar a través de entradas pintadas en las paredes; otros no pueden hacerlo.
8. **Octava Ley.** Cualquier cambio violento en la materia es pasajero.
9. **Novena Ley.** Cualquier objeto cae más rápido que un yunque.
10. **Décima Ley.** Cada venganza tiene otra igual y opuesta.

A continuación presentaremos algunos dibujos animados en donde se pueda observar la transgresión de las leyes físicas que acabamos de revisar. Anota en un papel, durante la presentación de la animación, qué fenómenos no podrían suceder en la realidad, para, después del visionado, poder dialogar en clase sobre ello.

¿Qué interés didáctico encuentras en este tipo de actividad a la hora de desarrollarla en una clase de Educación Primaria? ¿Cómo planificarías ese trabajo? Sé innovador y utiliza tu imaginación.

ACTIVIDAD 4: Las ecuaciones en Física y su significado.

Una ecuación es una expresión matemática que relaciona varias magnitudes (variables). Permite averiguar los valores de una magnitud conociendo los valores de las demás. Pero su utilidad no es sólo cuantitativa. Lo que muchas veces permanece oculto es que encierra relaciones de **proporcionalidad** entre las magnitudes, que nos dan información de sus dependencias mutuas. Y esto es algo que el profesor debe transmitir de modo preferente, pues así se resalta lo más conceptual de lo que se estudia y se pone freno a lo más operativo.

Recordemos que dos magnitudes, M_1 y M_2 , son *independientes* cuando al variar una (por ejemplo M_1), la otra (M_2) no lo hace, permaneciendo constante. Sin embargo, si al variar una (M_1) varía también la otra (M_2), se dice que M_2 *depende* de M_1 . Caben entonces diversas relaciones de proporcionalidad. Las más simples serían:

- M_2 es directamente proporcional a M_1 . Esto quiere decir que si M_1 se hace doble, M_2 se hace doble; y si M_1 se hace triple, M_2 se hace triple, etc.

- M_2 es inversamente proporcional a M_1 . Esto quiere decir que si M_1 se hace doble, M_2 se hace mitad (1/2); si M_1 se hace triple, M_2 se hace la tercera parte (1/3), etc.
- Otra (de las muchas) relaciones puede ser: M_2 es directamente proporcional a M_1^2 . Esto quiere decir que si M_1 se hace doble, M_2 se hace 4 veces mayor ($2^2 = 4$); y si M_1 se hace triple, M_2 se hace 9 veces mayor ($3^2 = 9$), etc.

Vamos a estudiar las relaciones de proporcionalidad sobre el ejemplo de la ecuación de la densidad: $d = m/V$. Se estudia sucesivamente la relación entre dos de las magnitudes, y si hay tres, como en este caso, se hace constante la tercera.

- Relación d - m . Para un mismo volumen, si la masa se hace doble, la densidad se hace doble. Esto es así porque al duplicarse m , numerador de la fracción (y $V =$ constante), el valor de ésta, d , se duplica. Por tanto, d y m guardan una relación de proporcionalidad directa.
- Relación d - V . Si una misma masa está repartida en un volumen doble, la densidad se hace mitad. Esto es así porque al duplicarse V , denominador de la fracción (y $m =$ constante), el valor de ésta, d , se rebaja a la mitad. Por tanto, d y V guardan una relación de proporcionalidad inversa.
- Relación V - m . Para un mismo cuerpo (es decir, misma densidad), si un trozo tiene un volumen doble, su masa será doble. Esto es así porque al duplicarse V , para que el valor de la fracción, d , se mantenga constante, m ha de duplicarse. Por tanto, V y m guardan una relación de proporcionalidad directa.

Entendido lo anterior, estudia y discute las siguientes ecuaciones:

1. $e_c = AT$ ($A =$ constante, teoría cinética).
2. $F = m \cdot a$ (2.ª ley de Newton).
3. $I = V/R$ (ley de Ohm).
4. $F = G(Mm/r^2)$ (ley de atracción universal).

ACTIVIDAD 5: Una analogía para la teoría atómica y formulación.

Uno de los recursos que se suelen utilizar en las aulas de ciencias son las analogías. Además de ser útiles para aclarar conceptos e introducir nuevas ideas, haciéndolas asequibles al alumnado, constituyen una buena estrategia para que adquieran habilidades relacionadas con los procesos de modelización.

Las analogías son comparaciones entre fenómenos que mantienen una cierta semejanza a nivel funcional o estructural. Se utilizan para comprender situaciones nuevas ante las cuales no se dispone de un bagaje previo de experiencias y/o de conocimientos suficientemente estructurados que permitan llevar a cabo un aprendizaje significativo. Sobre todo, se emplean para comprender nociones abstractas o poco familiares, a través de otras ya conocidas que son más accesibles a nuestros sentidos y a nuestras experiencias.

Desde un punto de vista educativo, sirven para ayudar a comprender una determinada noción o fenómeno, que se denomina *objeto* o *blanco*, a través de las relaciones que establece con una noción o fenómeno *análogo* y que resulta más conocido y familiar para el alumno.

La utilidad de las analogías para la enseñanza de las ciencias ha sido una cuestión discutida en las últimas décadas. Bastantes docentes reconocen que suelen formar parte del repertorio habitual de recursos que utilizan a la hora de explicar ciencias, pero también surgen dificultades debido al uso de las analogías que se emplean habitualmente en las clases. Así, podemos destacar:

- A veces el análogo no es suficientemente familiar, e incluso en ocasiones resulta tan complejo o más aún que el blanco.
- Normalmente la analogía se presenta como algo ya hecho y acabado que debe resultar evidente y convincente para el alumnado.
- El aprendizaje de la analogía se concibe como un fin en sí mismo, olvidándose que sólo es un instrumento para la construcción de un modelo.

Para asegurar la utilidad de las analogías como recurso de E/A se establecen los siguientes criterios de selección:

- El análogo debe ser más accesible que el objeto, en el sentido de que debe hacer referencia a una situación más cotidiana y, por tanto, con la que los alumnos se encuentren más familiarizados.
- La analogía debe ser concreta y, en consecuencia, debe ser susceptible de presentarse a través de una imagen o de algo que sea tangible.
- El análogo empleado debe simplificarse en lo posible.
- La semejanza entre los fenómenos que se comparan no debe ser ni demasiado grande ni demasiado pequeña.
- Se debe evitar el empleo de análogos en los que los alumnos dispongan de concepciones alternativas y también de aquéllos hacia los que éstos pudieran presentar actitudes poco favorables.
- El alumnado debe tener un papel activo en la construcción de las analogías.
- Se han de comentar las limitaciones que presentan algunas de las comparaciones entre el análogo y el blanco.

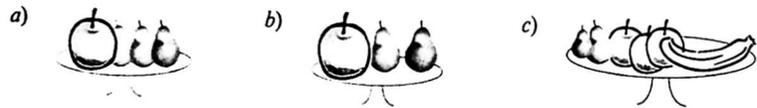
Las analogías son, en definitiva, un buen recurso para la E/A de las ciencias que debe conocer el profesorado, junto con los criterios de selección y uso en el aula. Para que puedas comprobarlo, te proponemos la siguiente actividad en la que, mediante una analogía con fruteros y piezas de fruta, se facilita la comprensión de la formulación química⁹.

⁹ Adaptada de Oliva, J. M. et al. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470. Última consulta el 22 de diciembre de 2013, desde <http://www.raeo.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21770/21604>.

1. Las sustancias puras están formadas por un solo tipo de molécula. Una molécula es una agrupación de átomos. La fórmula de una sustancia indica el tipo y número de átomos que constituye la molécula. La composición de cada molécula se representa de forma parecida a cómo se podría representar mediante símbolos el contenido de un frutero:



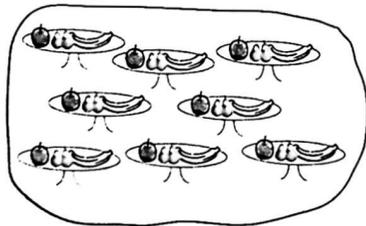
Utilizando los símbolos correspondientes a cada una de las frutas, representa mediante una fórmula la composición de cada frutero:



2. Indica ahora el contenido de algunos fruteros que alguien representase mediante fórmulas:

a) P_2N_3 b) Pl_2N c) PN_3Pl

3. Indica algunas semejanzas y diferencias (limitaciones de la analogía) que encuentres entre fruteros y moléculas.
4. El sistema de la figura puede representarse mediante la fórmula P_2NPl , que es la composición de cada uno de los fruteros.



Esta representación, ¿correspondería a una sustancia pura o compuesta? Justifique su respuesta.

5. El aire que respiramos es una mezcla de gases, como sabes. Si buscas su composición observarás que tan sólo dos gases conforman el 99% del aire. Representa el aire como un sistema gaseoso, con sus dos tipos de moléculas predominantes (fruteros), manteniendo las proporciones de las mismas en su composición.
6. Escribe una ecuación química cualquiera y representa su análogo utilizando frutas (análogo del átomo) y fruteros (análogo de la molécula).

ACTIVIDAD 6: Evaluación y calificación: aplicación a la materia y sus transformaciones.

Una de las tareas a las que tendrás que enfrentarte en tu futuro profesional como docente de ciencias es la evaluación de las respuestas que obtengas de tus estudiantes a las actividades que plantees, y de ellas intentar identificar sus concepciones alternativas.

Se te ofrecen a continuación las respuestas que han dado dos estudiantes a preguntas relacionadas con cambios químicos. En pequeños grupos, evalúadlas, califícadlas y extraed de ellas las concepciones alternativas de estos estudiantes.

Pregunta 1. Clasifica los siguientes cambios en fenómenos físicos y químicos: a) piedra cayendo; b) tostada que se quema; c) zumo de uva que se convierte en vino; d) congelación del agua; e) evaporación del alcohol; f) leche que se agria; g) lejía blanqueando un vestido; h) disolver sal en agua; i) ebullición del agua; j) quemar un trozo de papel.

Respuestas

- Estudiante 1. Fenómenos físicos: a, d, e, h, i. Fenómenos químicos: el resto.
- Estudiante 2. Fenómenos físicos: a, d, e, g, h. Fenómenos químicos: el resto.

Pregunta 2. Quemamos un trozo de papel en el interior de un recipiente cerrado. El papel empieza a arder, pero al cabo de unos segundos se apaga. ¿Pesará lo mismo el recipiente al final? Explica la respuesta.

Respuestas

- Estudiante 1. No, al final pesará menos. Parte del papel se ha quemado y transformado en cenizas, que pesan menos.
- Estudiante 2. Al final pesa menos, ya que el papel desaparece y se convierte en gases. Los gases no pesan.

Pregunta 3. El oxígeno es un elemento químico que se presenta en la naturaleza formando sustancias como el oxígeno del aire y como el agua. ¿En qué forma y de dónde toman los animales terrestres y los acuáticos el oxígeno que necesitan para respirar?

Respuestas

- Estudiante 1. Los terrestres lo toman del aire (O_2) y los acuáticos de la molécula del agua (H_2O).
- Estudiante 2. Los terrestres lo toman del aire (O) y los acuáticos del que se encuentra disuelto en el agua (O_2).

Para la evaluación de estas respuestas revisad los criterios de evaluación de la legislación vigente. La calificación, por su parte, exige la decisión de criterios determinados que tendréis que explicar.

Para finalizar, se hará una puesta en común de las conclusiones de los distintos grupos.

La energía y sus transferencias

3



Al igual que en el capítulo anterior, en éste se trabajarán contenidos que ya has estudiado en etapas anteriores. Como guía para recordarlos y consolidarlos, te presentamos este plan de trabajo autónomo. Una vez realizadas todas las actividades propuestas, has de ser capaz de (compruébalo por ti mismo al final):

1. Relacionar los cambios en la materia con las transferencias de energía, analizando en

cada fenómeno el principio de conservación de la energía.

2. Distinguir entre fuentes de energía renovables y no renovables, analizando las ventajas e inconvenientes de cada una desde el punto de vista de la sostenibilidad.
3. Reconocer el calor como una transferencia de energía, y aplicar el concepto en el análisis energético de fenómenos cotidianos.

4. Introducir la energía eléctrica en la explicación de fenómenos cotidianos, siendo conscientes de que es una de las formas más presentes en nuestra vida.
5. Identificar la luz y el sonido como modos de propagación de la energía, sin transporte de materia, y explicar sus efectos.

Antes de comenzar el tratamiento de este capítulo, responde al cuestionario de conocimientos previos del anexo de este tema. Nos ubicará, a nivel de clase, en el contexto del conocimiento que se tenga sobre algunos fenómenos relacionados con la energía.

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La energía y sus transformaciones.

1. LA ENERGÍA

1.1. La energía y sus manifestaciones

1. Escribe un par de líneas en las que participe el término energía en relación con hechos de la vida cotidiana.
2. Según lo que has escrito, ¿qué papel juega la energía?, ¿qué efectos se producen? ¿Serías capaz de dar una definición de energía?

En cierta forma, con la energía nos ocurre lo mismo que con la materia: es difícil definirla de modo preciso. Así, hemos de conformarnos con hablar de sus propiedades y manifestaciones. Incluso la palabra «energía» es históricamente novedosa, pues fue introducida en el lenguaje científico por John Rankine (1820-1872) en 1855.

ACTIVIDAD 2: La metáfora de Daniel «el travieso».

Considerando las limitaciones anteriores, podríamos dar una definición de energía, que no se suele encontrar frecuentemente, como:

La energía es aquella magnitud que permite a los sistemas producir o experimentar cambios o transformaciones.

3. ¿Entiendes bien esta definición de energía? Reflexiona sobre los términos que intervienen en la definición.
4. Busca la definición de energía en algún libro de Física, en un texto de Primaria y en algún documento digital que encuentres por Internet. Compara entre sí las definiciones que se proponen y también con la que acabamos de dar. ¿Qué conclusiones puedes sacar?

La energía es única, pero solemos adjetivarla para indicar la fuente que la produce o el efecto por el cual se pone de manifiesto. Por eso se suele hablar de manifestaciones de la energía, mejor

que de tipos o formas¹ de energía, tal y como muchas veces se menciona. En el SI, la energía se mide en julios (J).

Vamos a describir algunas manifestaciones de la energía, que te serán familiares, y con las que te encontrarás en los libros de texto y en otros documentos que utilizarás para trabajar con los alumnos de Primaria.

- **Energía cinética:** Es la energía que poseen los cuerpos como consecuencia de su movimiento. Depende de su masa (m) y de su velocidad (v); la podemos determinar como:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

- **Energía potencial gravitatoria:** Cuando un cuerpo se encuentra sometido a la influencia de un campo gravitatorio, como es el terrestre, y se encuentra a una determinada altura h , tiene una energía potencial gravitatoria que viene dada por:

$$E_p = mgh$$

Siendo g la aceleración de la gravedad. A la suma de la energía cinética y potencial gravitatoria se le denomina **energía mecánica**.

- **Energía potencial elástica:** Los cuerpos elásticos, como un muelle, son capaces de comprimirse o expandirse para recuperar des-

pues su forma inicial. Si el muelle tiene una constante elástica K y se ha alargado comprimido una longitud x respecto de posición «normal» o de equilibrio, su energía potencial elástica es:

$$E = \frac{1}{2}Kx^2$$

- **Energía eléctrica:** Es la energía que se pone de manifiesto cuando tenemos un movimiento de cargas (corriente eléctrica) en un determinado conductor. La energía eléctrica puede provocar diferentes transformaciones, como desarrollar trabajo (motor eléctrico), calentar agua (hervidor), emitir luz (bombilla), etc.
- **Energía química:** Hablamos de energía química como la energía que se desprende o se absorbe en las reacciones químicas. Se debe a que los enlaces de los reactivos se rompen para formar nuevos enlaces, originando los productos resultantes. El balance energético de estas dos operaciones (ruptura y formación de enlace) es la energía de la reacción. Las pilas poseen una energía química, que procede de las reacciones internas, por la cual producen corriente eléctrica en un circuito.
- **Energía térmica²:** Se utiliza con frecuencia el término «energía térmica» para designar a la energía que tiene un cuerpo por el hecho de encontrarse a una determinada temperatura. Esta energía es consecuencia del movimiento que presentan las partículas del cuerpo («agitación térmica») y aumenta con la temperatura.
- **Energía nuclear:** Esta energía proviene de la energía que mantiene unidos a los constitu-

² En realidad, la «energía térmica» depende de la energía cinética que poseen las partículas del cuerpo, o sistema, por el hecho de encontrarse a una determinada temperatura. La energía térmica no se puede asimilar al calor, como muchas veces aparece en algunos libros de texto.

yentes del núcleo de un átomo, es decir, a los neutrones y los protones. Las energías de los enlaces de tales partículas son muy elevadas. Esta energía se manifiesta en las reacciones de fisión nuclear, núcleos pesados (con muchos protones y neutrones) que se «rompen» en otros más ligeros (con menos protones y neutrones) o en las reacciones de fusión nuclear, núcleos ligeros que se «unen» para formar otros más pesados. La energía que se libera en las reacciones de fusión son mucho mayores que en las de fisión. En el apartado de fuentes de energía comentaremos su utilidad como recurso energético. Muchas veces a la energía nuclear se le denomina equivocadamente energía atómica.

5. Busca algunas otras manifestaciones de la energía en los libros y por la red (por ejemplo, *energía metabólica*). Analízalas críticamente, interpreta lo que se quiere decir con ellas y determina su corrección en su uso y/o denominación.

1.2. Transferencias de energía

6. Construye dos frases que contengan la palabra «calor» y otras dos que contengan la palabra «trabajo». ¿Qué tienen en común tales términos y en qué se diferencian, en el contexto en que las has utilizado?

Pese a que los cambios que pueden producirse en los sistemas son muy variados, el modo en que aquellos intercambian energía se produce de tres formas:

- **Mediante calor.** El intercambio de energía por medio de calor se produce cuando dos sistemas, o un sistema y el medio, se encuentran a diferente temperatura. La ener-

gía pasa del sistema que se encuentre a más temperatura hacia el de menor. Dos sistemas a igual temperatura se encuentran en *equilibrio térmico* y entonces no intercambian energía. Desde el punto de vista de nuestras sensaciones, decimos que tenemos «frio» cuando perdemos energía rápidamente, y «calor» en caso contrario.

- **Mediante trabajo.** Este intercambio es de tipo mecánico, es decir, se produce cuando las fuerzas actúan sobre los cuerpos y los desplazan, deforman o modifican de algún modo su movimiento. Es el tipo de intercambio energético que se produce en las máquinas, como un coche, una grúa o una lavadora.
- **Mediante radiación.** La radiación o energía radiante se produce en procesos diferentes a los dos anteriores y puede darse como consecuencia del movimiento de cargas, de la transición de los electrones en los niveles atómicos, por el mero hecho de encontrarse un cuerpo a una determinada temperatura, etc. Ocurre, por ejemplo, en una televisión encendida, cuando llamamos por el móvil, etc.

7. Reflexiona un momento sobre tu persona. ¿Qué transferencias de energía se están produciendo entre tu cuerpo y tu entorno? ¿Mediante calor, mediante trabajo y/o por radiación?
8. En las frases de la actividad 6, ¿has utilizado correctamente los términos «calor» y «trabajo», según acabamos de definirlos? En caso negativo, reesríbelos correctamente.

Si nos referimos ahora al **calor** y al **trabajo**, podemos decir que son dos maneras diferentes por las cuales se transfiere la energía y, por consiguiente, son dos procesos. Esto quiere decir que:

1. Es incorrecto referirnos a ellos, calor y trabajo, como formas de energía, pues representan el proceso por el cual se transfiere la energía.

¹ El uso de la expresión «formas de energía» no representa una utilización muy ortodoxa del término; presenta forma alguna, aunque sí se manifiesta en los cuerpos que la poseen. Podemos utilizar una analogía para entender mejor lo que estamos diciendo. Al igual que no distinguimos el agua de un pantano de la de un río o de la del grifo desde un punto de vista químico, no tiene sentido distinguir la energía mediante la expresión «formas de energía», por la misma razón que no utilizamos el término «formas de agua».

2. Tanto el calor como el trabajo no los poseen los cuerpos y sistemas, es decir, ningún cuerpo tiene calor ni tiene trabajo³.

1.3. El Principio de conservación de la energía

No hay ninguna teoría científica actual de la que pueda deducirse que la energía deba conservarse, pero de todos los millones de experiencias en los que se han realizado rigurosas medidas de intercambios energéticos puede deducirse que:

La energía, aunque puede transferirse de unos sistemas a otros, o entre las partes de un mismo sistema, siempre se conserva.

Del enunciado anterior se deduce que cuando un sistema se encuentra aislado, su energía permanece constante. Por el contrario, si no está aislado, puede que su energía (la del sistema) varíe, pero siempre se conservará el balance total de la energía puesta en juego. Así, si el sistema la absorbe, el entorno la cede y viceversa.

Esto es un hecho universalmente constatado, nunca ha sido violado, y es por ello por lo que se eleva a la categoría de Principio.

1.4. La degradación de la energía

Para poder explicar todo lo que ocurre en el Universo no es suficiente con disponer sólo del

Principio de conservación de la energía. Es necesario introducir otro principio más, cuyo tratamiento se escapa de nuestros propósitos y que estaría, en cierta forma, relacionado con lo que se viene denominando como la **degradación de la energía**.

En todo proceso de intercambio de energía siempre hay una parte de la misma que no podemos volver a emplear para seguir haciendo sucesivas transformaciones, aun conservándose su cantidad antes y después del proceso. Esto se debe a que en tales transferencias siempre hay una parte que se libera al medio, unas veces como calor, otras como radiación, etc., que hace que no podamos reutilizarla de nuevo por completo. Pondremos un ejemplo para facilitar la comprensión de lo que acabamos de decir.

Supongamos que dejamos caer una pelota desde una altura determinada. Después de rebotar en el suelo, ¿alcanzará la altura desde la que partió? Si analizamos el fenómeno, fácilmente deducimos que la respuesta es que no:

1. Durante la caída se produce una transformación de energía potencial gravitatoria en energía cinética, pero también hay intercambio de energía con el medio debido al rozamiento con el aire. Por ello, la energía cinética de la pelota justo antes de chocar con el suelo es menor que la energía potencial de partida, y el medio y la pelota han aumentado su temperatura durante el descenso.
2. Durante el choque esta energía cinética queda almacenada en forma de energía potencial elástica (la pelota se deforma), que vuelve a transformarse en energía cinética cuando la pelota comienza el ascenso. La energía cinética con la que comienza a ascender es también menor que la energía cinética antes del choque. La diferencia se invierte en aumentar de nuevo la temperatura del medio y la pelota.

3. Finalmente, durante el ascenso, debido otra vez al rozamiento con el aire, parte de la energía cinética inicial de subida queda en el medio y la pelota en forma de energía térmica.

Finalmente, la pelota no alcanzará la altura inicial y habrá aumentado su temperatura y la del medio. Como puedes observar en el ejemplo, una parte de la energía puesta en juego (fricción con el aire + deformación de la pelota al chocar contra el suelo) no es reutilizable, a pesar de que el balance total de la energía puesta en juego sea el mismo (Principio de conservación). Es decir, la energía total inicial (energía potencial gravitatoria de la pelota) y final (energía potencial gravitatoria de la pelota + energía debida a rozamientos + energía de deformación de la pelota) es la misma, aunque la energía mecánica de la pelota es menor al final que al principio, lo que nos puede inducir a pensar que «hemos perdido energía».

En cierta forma, la energía va perdiendo, en las sucesivas transformaciones que pueda experimentar, su capacidad para producir otras transformaciones.

Se habla de degradación de la energía cuando, al utilizar la misma, pasa de una situación más útil o aprovechable a otra que lo es menos.

La energía eléctrica, por ejemplo, la podemos utilizar en una gran variedad de procesos, aprovechándola en su casi totalidad, y con pocas «pérdidas», como calor. En cambio, en los procesos de combustión utilizados para desarrollar trabajo esas pérdidas son mucho mayores. De ahí que digamos que la energía eléctrica es mucho más eficiente (cuando, por ejemplo, se utiliza en un motor eléctrico) que la energía que proporciona la combustión de la gasolina (cuando se utiliza en un motor de explosión). Por ello se habla también de la «calidad» de la energía, aunque quizá no sea el

término más acertado. En definitiva, la energía nunca se destruye sino que se «degrada», pues parte de ella deja de ser útil para el ser humano, y, por eso, en el lenguaje cotidiano se habla equivocadamente de «consumo» o «pérdida» de energía.

9. Tenemos una olla con 1 L de agua del grifo a la temperatura de 20 °C y encendemos el fuego de la cocina para calentar el agua hasta los 60 °C. Describe el principio de conservación de la energía y la degradación de la misma en este proceso de calentamiento del agua.

1.5. La energía y las máquinas

10. ¿Crees que una persona podría elevar con sus propias manos un paquete de 300 kg hasta una estantería que se encuentra a 3 m de altura? ¿Cómo se te ocurriría que lo podría hacer, si piensas que fuera posible?
11. «Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo» es una célebre frase que se le atribuye a Arquímedes allá por el siglo III a.C. Razona e interpreta lo que Arquímedes quiso decir.

Podemos pensar que la humanidad, desde tiempos muy remotos, ha buscado la forma de realizar infinidad de tareas con el menor esfuerzo posible: moverse de un lado para otro, obtener el sustento diario y una vestimenta apropiada, desplazar cuerpos pesados, etc. De esta manera, con el fin de resolver tales demandas, debieron aparecer las primeras herramientas, como las piedras de pedernal y los cuchillos de hueso, que utilizaban para cortar, el arco y la flecha, la lanza, la rueda, etc. Conforme pasó el tiempo, y ante una mayor demanda de sus necesidades, el hombre debió inventar y utilizar nuevos productos tecnológicos. Y así, desde los mismos albores de la humanidad, las máquinas lo acompañaron en su desarrollo y evolución.

³ Es cierto que nunca mencionamos el trabajo que tiene un cuerpo, sino más bien el trabajo que realiza o desarrolla; por el contrario, si mencionamos asiduamente el calor que tiene un cuerpo, o que el calor entre o salga de los cuerpos. Esto no es correcto, pues el calor, al igual que el trabajo, representa un intercambio de energía y, por ello, los cuerpos nunca lo poseen.

Una máquina es un dispositivo en el que se dan, entre sus elementos, diferentes transferencias de energía para la realización de una determinada función. Muchas veces la finalidad de la máquina es la de ejecutar un trabajo con el menor esfuerzo posible, aunque ello suponga tener que realizar un desplazamiento mayor (por ejemplo, las escaleras para subir a un piso). Se clasifican en dos grandes tipos: **máquinas simples** y **máquinas compuestas**.

- a) Las máquinas simples, como su nombre indica, son las más sencillas y están constituidas por uno o muy pocos elementos; por ejemplo, una palanca.
- b) Las máquinas compuestas, por el contrario, están formadas por varios elementos entre los cuales pueden haber otras máquinas simples; por ejemplo, un polipasto o polea compuesta.

Las palancas son ejemplos de máquinas simples que debieron de utilizarse muy pronto como herramientas para desplazar grandes pesos. Una palanca es una barra rígida, en la que se encuentra un punto fijo o de apoyo (**fulcro**), sobre la que se aplica una fuerza (**potencia**) para mover o vencer una carga (**resistencia**). Se denominan brazos de la palanca a las distancias que hay desde la potencia a la resistencia hasta el punto de apoyo. Las palancas se clasifican en tres tipos o clases (géneros), dependiendo de cómo se encuentren situados los tres elementos que las caracterizan (figura 3.1):

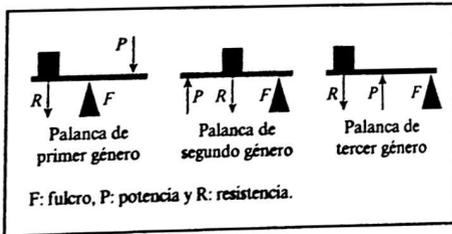


Figura 3.1.—Tipos de palanca.

1. Palancas de primer género. Son aquellas cuyo punto de apoyo se encuentra entre la potencia y la resistencia. Ejemplo: tijeras.
2. Palancas de segundo género. Son aquellas en las que el punto de apoyo se encuentra en un extremo, estando la resistencia más próxima al mismo que la potencia. Ejemplo: carretilla.
3. Palancas de tercer género. En este caso es la potencia la que se encuentra más próxima al extremo, en donde se encuentra el punto de apoyo, que la resistencia. Ejemplo: pinzas de cocina.

Los valores de la potencia y la resistencia vienen relacionados mediante la célebre ley de la palanca, que establece que la potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo (figura 3.2). Es decir,

$$P B_p = R B_r$$

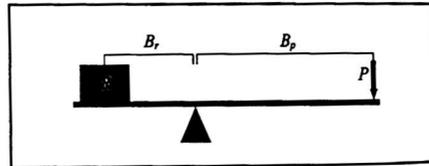


Figura 3.2.—Brazos de la palanca.

12. ¿Con cuáles de los tres tipos de palancas que has visto podrías mover o levantar pesos aplicando siempre una fuerza menor? Pon un ejemplo práctico para cada caso utilizando valores numéricos.
13. Clasifica, según el tipo de palanca a la que pertenezca, los siguientes utensilios y herramientas: balancín infantil, tenazas, cascanueces, grapadora, llave inglesa, remo, martillo, cuchillo y balanza.
14. Si practicas ejercicios físicos con pesas (mancuernas) y aparatos, haz una clasificac-

ción como la anterior según las partes y grupos musculares del cuerpo que intervengan en algunos ejercicios de: piernas, bíceps y tríceps. En cualquier caso, busca las imágenes de esos ejercicios por Internet y realiza la clasificación.

Las poleas son otro tipo de máquinas muy utilizadas. En este caso, las puede haber simples y compuestas. Entre las simples, las hay de dos tipos: fijas y móviles (figura 3.3).

Poleas simples

- a) **Polea fija.** Consiste en una rueda que se encuentra colgada de un punto fijo y es capaz de girar cuando se desplaza una cuerda por su garganta. En un extremo de la cuerda se coloca un determinado peso y se tira del otro para subirlo. En este caso realizamos un trabajo más cómodo, pero con el mismo esfuerzo, que el que haríamos desde arriba para subirlo; es decir, la fuerza necesaria es igual al peso.
- b) **Polea móvil.** A diferencia de la anterior, es una polea que puede desplazarse y a la que se le sujeta el peso que se quiere subir, quedando suspendida de dos puntos. Ahora

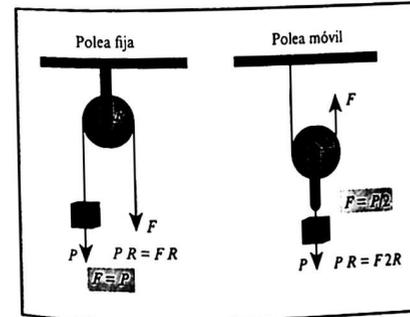


Figura 3.3.—Poleas simples fija y móvil.

el esfuerzo que se realiza para subir la carga es menor (la mitad) que el peso que subimos, pero para ello tenemos que desplazar el doble de cuerda que si lo hiciésemos sin polea (o con una fija). Esto es así porque el trabajo necesario para subir el peso hasta una determinada altura es el mismo en un caso que en otro ($W = P h = F d$) y, por el principio de conservación de la energía, si el esfuerzo (fuerza) disminuye debe ser a expensas de un mayor desplazamiento (distancia recorrida).

Son también máquinas simples, diferentes a las palancas y poleas simples, un plano inclinado (rampa), una cuña, un hacha o un torno.

Poleas compuestas

Las poleas compuestas o polipastos están formadas por varias poleas fijas y móviles (figura 3.4). Se utilizan para desplazar grandes cargas con esfuerzos mucho menores. En estos casos se

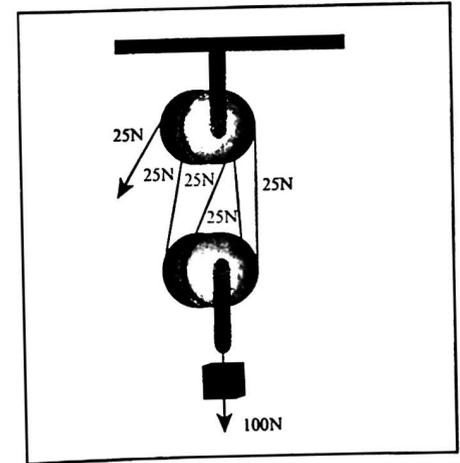


Figura 3.4.—Polipasto con dos poleas móviles y dos fijas. $F = P/2n$, con n = número de poleas.

da un efecto «multiplicador» de la fuerza que se aplica para desplazar o mover grandes pesos. Eso sí, siempre a expensas de multiplicar también el recorrido o desplazamiento de la cuerda que mueve la carga.

Como se ve en la figura 3.4, se puede elevar un peso de 100 N aplicando tan sólo una fuerza de 25 N (1/4 de la carga) utilizando un polipasto de dos poleas móviles y otras dos fijas. Hemos de tener en cuenta que si se elevase el peso, por ejemplo, 2 m de altura, deberíamos entonces desplazar 8 m la cuerda por la que tiramos.

Pertenecen a este tipo de máquinas compuestas las grúas, los ascensores, las bicicletas y las máquinas de coser.

Como vemos, las máquinas necesitan una energía para su funcionamiento, y, al principio, la aportaban el hombre (palanca), los animales (carro) o los propios elementos de la naturaleza (velero). Posteriormente, con los avances tecnológicos que acontecieron con la revolución industrial, mediados de los siglos XVIII al XIX, surgió una nueva forma de aportar energía para desarrollar trabajo: las máquinas térmicas.

Las máquinas de vapor⁴ fueron las primeras máquinas térmicas que se utilizaron, contribuyendo de una forma decisiva al importante desarrollo industrial que tuvo lugar y que provocó grandes cambios y avances en nuestra sociedad actual.

Las máquinas térmicas son capaces de desarrollar trabajo mediante la transferencia de energía (calor) desde un foco caliente hasta otro frío. Por el contrario, las máquinas frigoríficas son capaces de enfriar un determinado recinto mediante la aportación de trabajo para transferir energía desde el foco frío hasta el foco caliente. Como vemos, en ambos tipos de máquinas se desarrolla, o se requiere, trabajo.

⁴ Si bien no hay una clara autoría sobre quién inventó la máquina de vapor, se ha reconocido que fue el escocés J. Watt su más notable impulsor entre los años 1760-70.

Los motores son máquinas que desarrollan trabajo de una forma autónoma o independiente⁵, a expensas de un «consumo» de energía (eléctrica, de combustión, etc.). Los motores térmicos son máquinas que realizan trabajo mediante procesos de combustión. Pueden ser de dos tipos: de combustión interna (coches de gasolina y diésel) y de combustión externa (máquina de vapor).

Tanto las máquinas como los motores poseen diferentes elementos, llamados operadores, que realizan unas determinadas funciones tales como aplicar fuerzas, transmitir el movimiento o cambiar el sentido de giro, entre otras. Los ejes, poleas, bielas, engranajes, manivelas, correas, resortes, muelles, pistones o cigüeñales son un ejemplo variado de tales operadores.

1.6. Efectos del calor sobre los cuerpos: cambios de estado

15. Recuerda. ¿Por qué los cambios de estado son fenómenos físicos? ¿Cómo se explican con la teoría cinética estudiada en el tema anterior?

Dependiendo de la temperatura, la materia que nos rodea puede encontrarse en tres estados⁶: sólido, líquido o gaseoso. Cuando un sistema intercambia energía mediante calor puede ocurrir que llegue un momento que el sistema alcance lo que se denomina la temperatura de cambio de estado. Es decir, en ese instante el cuerpo o sistema cambia de estado y permanece

⁵ Por eso, hemos de señalar que no todas las máquinas que realizan trabajo, por ejemplo, una palanca o una polea, son motores.

⁶ Existe también un cuarto estado denominado plasma cuando la materia se encuentra a unas temperaturas muy altas, tales que las fuerzas de enlace entre las partículas que constituyen los átomos se rompen y éstas quedan sueltas.

constante su temperatura, mientras no se modifiquen las condiciones bajo las cuales éste transcurre, aun habiendo intercambio de energía con el mismo.

Por ejemplo, si a nivel del mar proporcionamos energía, por medio de calor, a 1 kg de hielo que se encuentra a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, se calentará y aumentará su temperatura hasta que se alcancen los $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, momento en el que comenzará a fundirse. Mientras se produce el cambio de estado, la energía suministrada se invierte en producir este cambio (es decir, en debilitar los enlaces entre las moléculas de agua), y su temperatura permanece

constante. Es decir, en todo cambio de estado, aun cuando comunicamos energía al sistema (lo calentamos) su temperatura permanece constante⁷. Cuando todo sea agua líquida, comenzará a aumentar de nuevo la temperatura, hasta alcanzar los $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura a la que el agua, a la presión ordinaria, comienza a hervir (ebullición). Mientras se produce el cambio de estado, la temperatura permanece a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una vez que el agua haya pasado toda a vapor, si seguimos suministrando energía aumentará la temperatura del vapor. Si representamos todo esto en una gráfica obtenemos la figura 3.5.

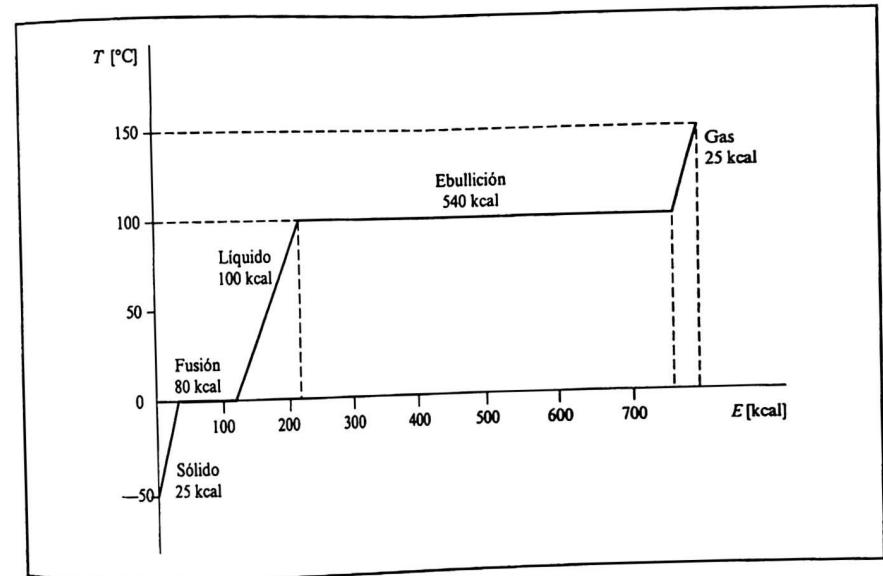


Figura 3.5.—Cambios de temperatura y de estado del agua.

⁷ Tenemos ahora la oportunidad de constatar que no todo proceso de calentamiento conlleva siempre un aumento de la temperatura del cuerpo o sistema. Esta

idea está universalmente extendida entre los alumnos de las diferentes etapas educativas.

Cuando se trabajan las transferencias de energía en forma de calor se suele utilizar como unidad la caloría (cal). La equivalencia con el julio es: 1 cal = 4,18 J. Si bien la caloría es una unidad desaconsejada por el Sistema Internacional de unidades (SI), se sigue empleando todavía mucho. Frecuentemente se utiliza un múltiplo de ella, la kilocaloría⁸ (kcal), para la determinación de los valores energéticos de los alimentos, tasas metabólicas, dietas, actividades físicas, etc.

La figura 3.6 representa la nomenclatura que reciben los diferentes cambios de estado.

16. En la experiencia anteriormente descrita, ¿qué cambiarías si no estuviésemos a nivel del mar?

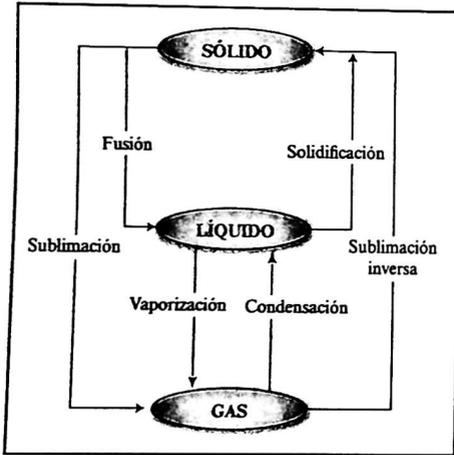


Figura 3.6.—Nombre de los diferentes cambios de estado del agua.

⁸ Debemos llamar la atención que la unidad que se utiliza es la kilocaloría, y no la caloría, como equivocadamente se dice cuando se habla de: «he hecho una dieta de 2.000 calorías», «una cerveza aporta a la dieta unas 200 calorías», etc.

17. Observa cómo en una gráfica, como la anterior de calentamiento (figura 3.5), podemos representar todo el discurso que la precede. Pon etiquetas en la propia gráfica con la información que nos proporciona. ¿Entiendes la importancia y utilidad de las gráficas como lenguaje científico?
18. Observa la figura 3.5 y explica qué ocurre si, partiendo de vapor de agua a 130 °C, vamos disminuyendo su temperatura hasta alcanzar los -10 °C.

1.7. Propagación del calor

El calor puede propagarse de tres formas distintas:

- Por **conducción**. Es la forma más habitual de propagación del calor en los sólidos. Si calientas el extremo de una barra metálica, sus partículas vibran con mayor amplitud; esto se transmite a través de todas las partículas, hasta alcanzar a todo el sólido. Se produce en el interior un flujo y redistribución de la energía, sin transporte de materia, ya que las partículas en los sólidos vibran sin cambiar de posición media.
- Por **convección**. En los fluidos (líquidos y gases) el calor se propaga, sobre todo, por convección, proceso que consiste en la distribución del calor mediante corrientes de fluido de diferentes temperaturas y densidades. Los cuerpos se dilatan al calentarse, y así disminuye su densidad. Por ejemplo, el aire caliente «flota» sobre el aire frío por su menor densidad, produciéndose corrientes ascendentes de aire caliente (menos denso) y descendentes de aire frío (más denso). Esto explica, por ejemplo, que los buitres puedan ascender en verano sin apenas agitar las alas o que los globos aerostáticos naveguen por el aire.

- Por **radiación**. A diferencia de las dos anteriores, la radiación no necesita ningún medio material para propagarse. Todos los cuerpos, por estar a una determinada temperatura, emiten radiación, tanto más energética cuanto mayor sea la temperatura. Una de ellas es la radiación infrarroja (IR), que capta nuestra piel produciendo la sensación de calor. Otra, la visible, que perciben nuestros ojos. La mayor fuente de radiación es el Sol.

19. Busca algunos ejemplos de tu vida cotidiana en los que aparezcan estas formas de propagación del calor.
20. Si tenemos dos tazas de café, a la misma temperatura, pero en una de ellas dejamos la cucharilla dentro, ¿cuál se enfriará antes? Argumenta tu respuesta con el mayor rigor posible.

1.8. Fuentes de energía

21. ¿Para qué necesitamos la energía a nivel personal, doméstico o social?
22. ¿Crees que consumimos más de lo que necesitamos? En caso afirmativo, ¿cómo podríamos reducir el consumo aun manteniendo la misma calidad de vida?
23. Elabora una lista con las energías renovables que conozcas, y otra con las no renovables.

En la Tierra, la principal fuente de energía es el Sol. Todo el carbón y el petróleo que hay en ella no son otra cosa que energía solar almacenada por antiguos seres vivos a lo largo de millones de años (combustibles fósiles). Aparte del Sol y sus efectos sobre el planeta, como son los vientos, y de los combustibles, sólo contamos con la energía nuclear de fisión y las energías geotérmica y mareomotriz, estas últimas apenas utilizadas.

En los primeros tiempos de la revolución industrial la energía más ampliamente usada era la proveniente de la combustión del carbón mineral, la hulla. Posteriormente se perfeccionó la tecnología para extraer el petróleo, que llegó a ser más barato incluso que el carbón, por lo que en gran parte vino a sustituirlo. Las máquinas que lo necesitaban como combustible comenzaron a extenderse, como el motor de combustión interna, o de explosión, de los coches. En la actualidad, el petróleo es el combustible de casi todos los medios de transporte, trenes, camiones, aviones, etc.

Las **energías renovables** (véase la tabla siguiente) son aquellas con las que cuenta la Tierra de una forma continua y sostenible en el tiempo. Serían por tanto inagotables (a escala humana), y por ello podríamos decir que se regeneran más deprisa de lo que se consumen. Cuando no ocurre así hablamos entonces de **energías no renovables**. La utilización de las fuentes de energía renovables se hace imprescindible si queremos alcanzar un desarrollo sostenible.

Energías renovables	Energías no renovables
Hidráulica Eólica Solar Biomasa Mareomotriz Olamotriz Corrientes marinas y fluviales Geotérmica	Carbón Petróleo Gas natural Nuclear

24. En la página web de Eroski Consumer existen muchas infografías sobre temas muy diversos con un gran interés didáctico. Se recomienda en gran medida su visita para explorar, en particular, las relativas a las fuentes de energía: <http://www.consumer.es/busquedas/?q=infograf%C3%ADAs+eroski>.

Las fuentes de energía no renovables, presentes en cantidades limitadas, acabarán por agotarse o por ser muy escasas; de hecho, parece probable que la actual generación de estudiantes, en la que tú te encuentras, vea extinguirse el petróleo a lo largo de su vida. Por tanto, en el tiempo de una generación habrá que sustituir este recurso, que hoy parece imprescindible, por otros.

Las energías renovables, como la solar o la eólica, presentan serios problemas para su uso generalizado, y es que no las tenemos cuando las necesitamos sino de forma esporádica, cuando sopla el viento o en un día bien soleado, aunque también generen energía cuando la radiación es mucho menor, como ocurre en los días nublados. Es preciso idear procedimientos que nos permitan «almacenar» la energía en grandes cantidades para poderla utilizar cuando la necesitamos.

Una solución para las centrales fototérmicas (centrales solares térmicas) consiste en almacenarla en grandes depósitos de sales fundidas, con el fin de poderla utilizar en ausencia de sol. Pero las células fotovoltaicas y los aerogeneradores producen electricidad directamente, y la electricidad no puede almacenarse en grandes cantidades. Otra forma es almacenar la energía eléctrica en forma química, fabricando sustancias que luego

puedan devolvernos la energía eléctrica cuando la necesitemos. Un ejemplo es la obtención de hidrógeno a partir del agua, que después se utilizaría en las pilas de combustible, tal y como se muestra en la figura 3.7.

En este período de transición, en el que las energías escasearán, se encarecerán continuamente y la contaminación seguirá incrementándose, se impone una conducta de ahorro energético. Tendremos que ir cambiando nuestros hábitos para no desperdiciar energía como ahora hacemos. Se presentan algunas ideas en la tabla siguiente.

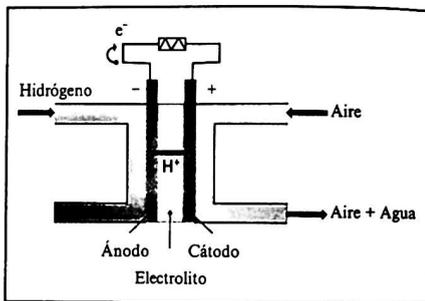


Figura 3.7.—Pilas de combustible.

Algunas ideas útiles para el ahorro de energía y el consumo responsable

- Utilizar bombillas, cuando menos de bajo consumo, o de las más ahorradoras como son las de leds.
- Comprar electrodomésticos de alta eficiencia, de clase A, A+, A++, etc. (véase figura 3.8).
- Desconectar los aparatos eléctricos.
- Moderar las temperaturas del aire acondicionado y de la calefacción.
- Utilizar los transportes públicos, la bicicleta o caminar.
- Comprar coches pequeños y ecológicos, procurando que sean utilizados por más de una persona.
- En la cocina, usar la olla exprés y el microondas antes que el horno eléctrico.
- Una bombilla de leds de unos 4 W y otra de bajo consumo de 11 W iluminan igual que una de filamento de 60 W.
- Los de clase E, F o G, de mucha menor eficiencia, hacen el mismo trabajo pero gastando mucha más energía.
- Algunos en «stand-by» pueden consumir el 15% de la energía que cuando funcionan.
- Un solo grado centígrado de diferencia de temperatura produce ahorros importantes en el gasto y, por consiguiente, en las emisiones de CO₂.
- Los coches contaminan mucho, gastan derivados del petróleo y los atascos aumentan nuestro estrés.
- La moda de ir con un todoterreno de casa a la oficina es absurda.
- El horno es el electrodoméstico más derrochador de energía.

- ¿Se te ocurre alguna medida más, además de las propuestas, para no malgastar energía?
- Busca información sobre las ventajas e inconvenientes de las pilas de combustible, un recurso de actualidad que va a dar mucho juego en el consumo energético mundial.

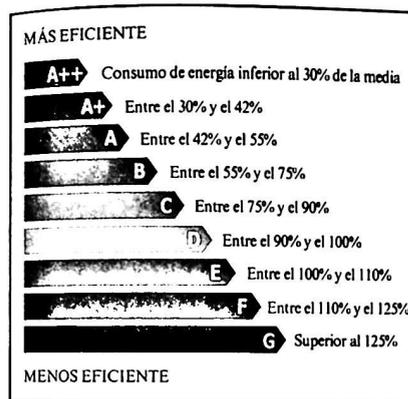


Figura 3.8.—Clasificación energética de los electrodomésticos.

ACTIVIDAD 3: Ciencia y futuro sostenible: energía y contaminación.

1.9. La producción de energía eléctrica

Las ventajas de la energía eléctrica sobre otros tipos de energía son:

- Es una energía de más «calidad», pues en la práctica permite realizar más transformaciones y con un mayor rendimiento.
- Es la más cómoda de utilizar, además de ser la más limpia cuando no se obtiene de centrales térmicas.
- Es la más fácil de transportar a grandes distancias.

Por eso, la sociedad moderna prefiere disponer de energía de tipo eléctrico y, para ello, transforma otros tipos de energía en energía eléctrica.

El generador eléctrico de mayor importancia industrial es el **alternador**, que se utiliza en las grandes turbinas de las centrales eléctricas para producir corriente alterna. En la **dinamo** de nuestras bicicletas tenemos un ejemplo de generador a escala reducida de corriente eléctrica continua para producir luz (véase figura 3.9). Se basa en el fenómeno descubierto por Faraday de producirse corriente en una espira (hilo metálico circular) cuando se mueve un imán (campo magnético) a su través o en su proximidad, o viceversa. La dinamo está constituida por un arrollamiento de hilo de cobre, el rotor, que al girar cerca de un imán produce corriente eléctrica continua.

- En el enlace <http://www.youtube.com/watch?v=yDP1ihcl9ts> puedes encontrar un vídeo para aclarar el funcionamiento del alternador.

En una central eléctrica el problema es buscar una fuente de energía que haga girar al voluminoso y pesado rotor del alternador de la turbina, que permite la generación de corriente eléctrica. Según cómo se haga, las centrales eléctricas pueden ser:

- **Hidráulicas.** Se utiliza la energía potencial del agua en una presa o pantano.

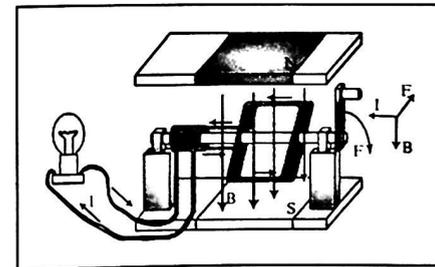


Figura 3.9.—Generador de corriente eléctrica.

- **Térmicas.** Se utiliza la energía que nos proporciona un combustible.
- **Nucleares.** Se utiliza la energía liberada por la fisión nuclear. En un futuro más o menos próximo, que dependerá de las inversiones y de las apuestas económico-políticas que se hagan para ello, serán muy probablemente de fusión nuclear, de mayor potencia y no contaminante (la materia prima es el hidrógeno).

En las primeras, lo que hace girar la turbina (conectada con el alternador) es la corriente de agua que sale al abrir las compuertas de la presa. En las dos últimas, es el vapor de agua a presión, producido por el calentamiento de grandes cantidades de agua en los generadores de vapor, el que hace girar una turbina conectada al alternador.

28. En el enlace <http://www.unesa.net/index.htm> dispones de mucha información sobre energía eléctrica. En particular, si entras en «Todo sobre la electricidad», «Para saber e investigar» y «Esquemas» encontrarás materiales interactivos con los que entenderás rápidamente el funcionamiento de las centrales eléctricas. En esta ocasión, una imagen (en movimiento) vale más que mil palabras.
29. Después de consultar el interactivo «Fuentes de energía» de la Web CONCIVI (<http://www.concivi.didacticacienciasugr.es/>), elabora un pequeño informe con las ventajas e inconvenientes de los tipos de centrales eléctricas.

Para transportar la energía eléctrica desde la central hasta nuestras casas se eleva su voltaje hasta unos 400.000 V, e incluso más, para disminuir las pérdidas por calor que se generan. Se hace por cables de aluminio (metal muy ligero y más barato que el cobre), constituyendo las líneas de alta tensión. Al llegar a las poblaciones, el voltaje se va reduciendo mediante transformadores hasta llegar a los 220-240 V domésticos.

También puede obtenerse energía eléctrica a nivel doméstico, aunque a escala mucho más reducida, con las pilas y las células fotovoltaicas.

- Las **pilas** pueden producir energía eléctrica a partir de su energía química. Ésta puede hacer que circule una determinada corriente eléctrica por un circuito, y para conseguirlo las sustancias que inicialmente la componen se transforman a medida que la pila funciona.
- En las **células fotovoltaicas** (o placas solares, formadas por láminas de silicio), tan usuales hoy día en los tejados de las viviendas, paneles de satélites artificiales, etc., se produce energía eléctrica a partir de energía radiante del Sol.

Pilas y células producen corriente continua a un voltaje muy moderado (<10 V). También existen las **baterías** que todos conocemos, como las de un automóvil, un teléfono móvil, una cámara de fotos o las mal llamadas «pilas recargables» (en realidad son baterías), que pueden recargarse una vez que agotan su carga.

30. Actualmente existen pilas y baterías de varios tamaños y formas. ¿Tienen en todos los casos el mismo voltaje? Pásate por un centro comercial o por tu tienda de barrio y observa la gran variedad de pilas y baterías que existen. Familiarízate con su nomenclatura (LR3, AAA, etc.).

1.10. ¿Cómo utilizamos la energía eléctrica?

En la actualidad, en los países desarrollados, muchas de nuestras actividades necesitan energía eléctrica. Dependemos de ella para la mayor parte de las actividades que realizamos. De hecho, salvo para mover el motor del automóvil, aunque hoy en día los hay híbridos y eléctricos, usamos la energía eléctrica casi para todo. Piensa un poco sobre ello.

31. Enumera los usos que haces de la energía eléctrica en un día cualquiera de tu vida cotidiana.
32. ¿Crees que se podría vivir sin energía eléctrica? ¿Cómo cambiaría nuestra vida?

Pero antes de poder utilizarla, hemos de transformarla al «tipo» de energía que necesitemos en cada momento. De esto se encargan los aparatos electrodomésticos. Observa, en las siguientes imágenes (figura 3.10), el funcionamiento de algunos.

2. CIRCUITOS ELÉCTRICOS

2.1. Corriente eléctrica

Cuando los extremos de un hilo metálico se conectan a los polos de un generador, se produce un movimiento de cargas que constituye una **corriente eléctrica**.

Un generador eléctrico **no crea cargas eléctricas**, sino que suministra energía para que las cargas ya existentes en los conductores y en el propio generador se muevan en circuito cerrado.

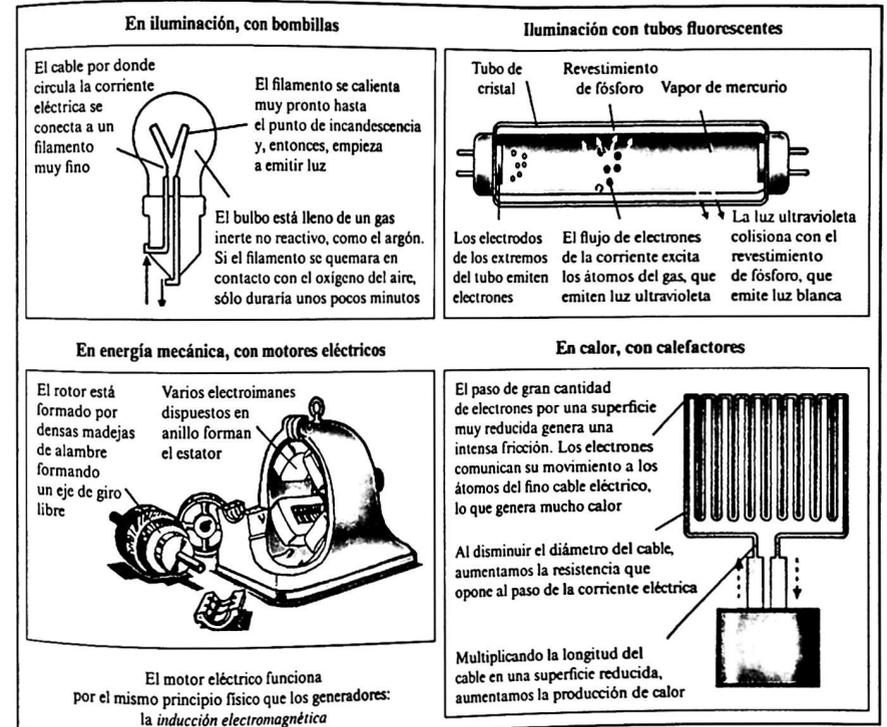


Figura 3.10.—Algunas transformaciones de la energía eléctrica en nuestros domicilios.

Las cargas que se mueven son electrones. En efecto, el hilo conductor, al ser metálico, contiene electrones libres (la «nube electrónica»), que cuando se cierra el circuito se mueven del polo negativo al polo positivo por el circuito externo. Si bien es cierto que las cargas eléctricas, los electrones, se mueven desde el polo (-) al polo (+), siempre se ha convenido que la corriente eléctrica circula del polo (+) al polo (-) por fuera del generador.

Las pilas y las baterías o acumuladores producen corriente continua. Esta corriente va siempre en el mismo sentido. En cambio, la corriente de nuestras casas es corriente alterna, producida en las centrales eléctricas. La corriente no circula en un mismo sentido, sino que lo cambia un gran número de veces por segundo. Los polos de un enchufe doméstico están cambiando su polaridad con una frecuencia de 50 Hz (1 hertzio = 1 ciclo/s), es decir, 50 veces por segundo.

33. Dibuja un esquema de un hilo conductor conectado a una pila e indica el sentido del movimiento de los electrones y el sentido (convenido) de la corriente eléctrica ¿Qué diferencia hay entre una pila normal y una batería?

2.2. Conceptos básicos

- La **diferencia de potencial** (ddp) o voltaje entre dos puntos de un circuito es la diferencia de energía que tiene una carga unidad entre esos dos puntos. Su unidad en el SI es el voltio (V).
- La **intensidad de corriente** es la cantidad de cargas que atraviesan una sección del conductor por unidad de tiempo, es decir, $I = q/t$. Su unidad en el SI es el amperio (A).
- **Resistencia**. Es una magnitud que indica la resistencia que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica. Su unidad en el SI

es el ohmio (Ω). La resistencia que tiene un conductor depende de:

- Su longitud. A mayor longitud, mayor resistencia.
- Su grosor. Los conductores más gruesos ofrecen menos resistencia.
- El material del que está hecho. Los metales poseen muy poca resistencia, los aislantes mucha (plásticos, madera...).

Matemáticamente, la anterior dependencia funcional se suele expresar como:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

donde ρ es la resistividad eléctrica (propiedad específica que depende del material), «L» la longitud del conductor y «S» la superficie de la sección transversal.

La Ley de Ohm nos permite relacionar las anteriores magnitudes. Establece que la intensidad de corriente que circula por un conductor metálico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia del conductor. Matemáticamente,

$$I = \frac{V}{R}$$

34. Practica un poco las matemáticas. Si conectamos a una pila de 4,5 V una resistencia de 30 Ω , ¿cuál será la intensidad de corriente que circule por ésta?

Recordemos que los elementos de un circuito, por ejemplo bombillas, pueden conectarse:

- **En serie**, donde se cumple que $I_1 = I_2 = I$ (la misma intensidad pasa por todos los elementos) y $V = V_1 + V_2$ (véase figura 3.11, parte izquierda).

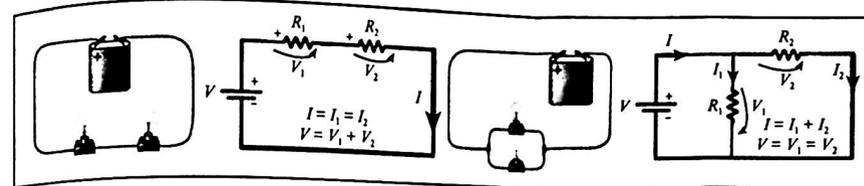


Figura 3.11.—Asociación de resistencias en serie y en paralelo.

- **En paralelo**, donde se cumple que $V_1 = V_2 = V$ (el mismo voltaje para todos los elementos) e $I = I_1 + I_2$ (véase figura 3.11).

ACTIVIDAD 4: La electricidad en nuestra vivienda: el consumo de electrodomésticos y la factura eléctrica.

3. LUZ Y SONIDO

3.1. La luz y el sonido como transferencia de energía en forma de ondas

En general, la energía puede transferirse mediante dos mecanismos: con transporte de materia (por ejemplo, lanzamiento de una piedra) o sin transporte. A este último mecanismo nos vamos a referir a continuación.

Una onda es la propagación por un determinado medio de una perturbación producida en un punto cualquiera del mismo, al que llamamos foco, con transporte de energía pero sin transporte de materia. Es muy importante resaltar que no hay propagación de materia pero sí de energía, tal y como podemos observar cuando un corcho es alcanzado por las ondas producidas al tirar una piedra en un estanque.

Las ondas pueden ser mecánicas (olas, sonido), cuando la perturbación se produce en un medio material cuyas partículas comienzan a vibrar, siendo la energía de la vibración la que se

propaga de unas a otras de forma ordenada, debido a la elasticidad proporcionada por las fuerzas que las unen. Es decir, las partículas podrán vibrar o desplazarse en torno a su posición de equilibrio, pero nunca propagarse por el medio.

Si la perturbación es de naturaleza electromagnética, es decir, mediante fluctuaciones de campos eléctricos y magnéticos, las ondas reciben el nombre de ondas electromagnéticas (luz, rayos X) y, en este caso, aparte de transmitirse por medios materiales, también lo pueden hacer por el vacío.

Por otra parte, hablamos de ondas transversales si la dirección de vibración de las partículas es perpendicular a la de propagación de la onda, y de longitudinales si estas direcciones son paralelas, tal y como se puede ver en la figura 3.12. Todas las ondas electromagnéticas son transversales, mientras que las ondas sonoras son longitudinales.

35. ¿Qué material llevarías a clase para reproducir ondas de todos los tipos anteriores?

El sonido es uno de los movimientos ondulatorios más familiares para nosotros. Desde la antigüedad se sabe que su origen está en la vibración de los cuerpos y que se transmite en el seno de algún medio material. En la actualidad, su estudio ha alcanzado un extraordinario grado de desarrollo, con aplicaciones técnicas que han revolucionado nuestra sociedad (instrumentos musicales, sistemas de reproducción, auditorios, etc.).

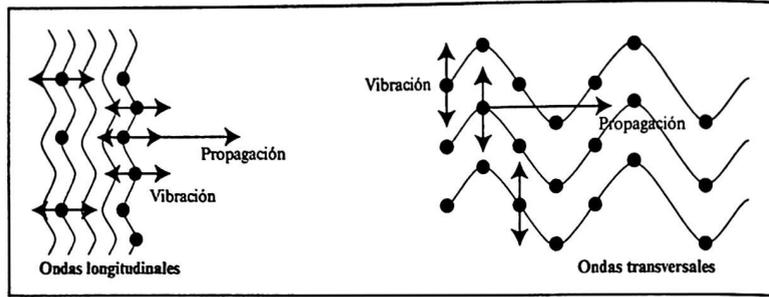


Figura 3.12.—Ondas transversales y longitudinales.

En un lenguaje científico, se trata de una **onda mecánica y longitudinal**, producida por una variación de presión en una zona del medio, que se transmite a los puntos adyacentes, y que queda caracterizada por tres cualidades:

- La **intensidad sonora**, que coloquialmente llamamos volumen, la medimos en decibelios, y está relacionada con la energía que se propaga por el medio.
- El **tono**, que depende de la frecuencia (sonidos graves, frecuencias bajas; sonidos agudos, frecuencias altas).
- El **timbre**, que nos permite diferenciar dos sonidos, de la misma intensidad y tono, producidos por diferentes fuentes (por ejemplo, una misma nota musical producida por dos instrumentos diferentes).

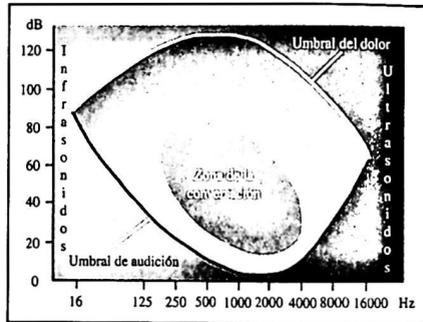


Figura 3.13.—Comportamiento del oído humano a diferentes frecuencias e intensidades sonoras.

La **luz**, a lo largo de la historia, ha sido objeto de controversia entre los científicos, que finalmente han admitido su **doble naturaleza**. Cuando se propaga, se comporta como una onda, de carácter electromagnético, pero cuando interacciona con la materia se manifiesta su naturaleza corpuscular, que nos permite explicarla como un haz de partículas, que llamamos **fonones**. Se habla, pues, de la **dualidad onda-corpúsculo**.

En cuanto a su propagación, se trata de una **onda electromagnética** y, por tanto, **transversal**, que en el vacío se propaga a la máxima velocidad que puede existir, $c = 3 \times 10^8$ m/s.

38. Busca «espectro electromagnético» en Wikipedia, e infórmate, en primera instancia, de los términos espectro, frecuencia y longitud de onda. Analiza con detalle la imagen que te mostramos a continuación (figura 3.14; si fuera necesario, búscala en la red para verla mejor). ¿Te suenan todos los nombres que aparecen en ella?
39. Si la frecuencia y la energía son directamente proporcionales (a mayor frecuencia mayor energía), ¿cuáles piensas que son las radiaciones nocivas para los seres vivos?, ¿qué nos protege de ellas? Infórmate de las radiaciones ionizantes.

Cualquier onda, sea del tipo que sea, como venimos diciendo **transporta energía**. Por tanto, podemos utilizarlas para transmitir **información**, cambiando los valores de sus magnitudes (intensidad, frecuencia, etc.) y estableciendo un código de comunicación.

40. ¿Qué podrías llevar a clase para ejemplificar las cualidades de la luz?
41. Diseña una experiencia en la que pongas de manifiesto la posibilidad de demostrar que las ondas transportan energía, y que ésta se puede utilizar como código de comunicación.

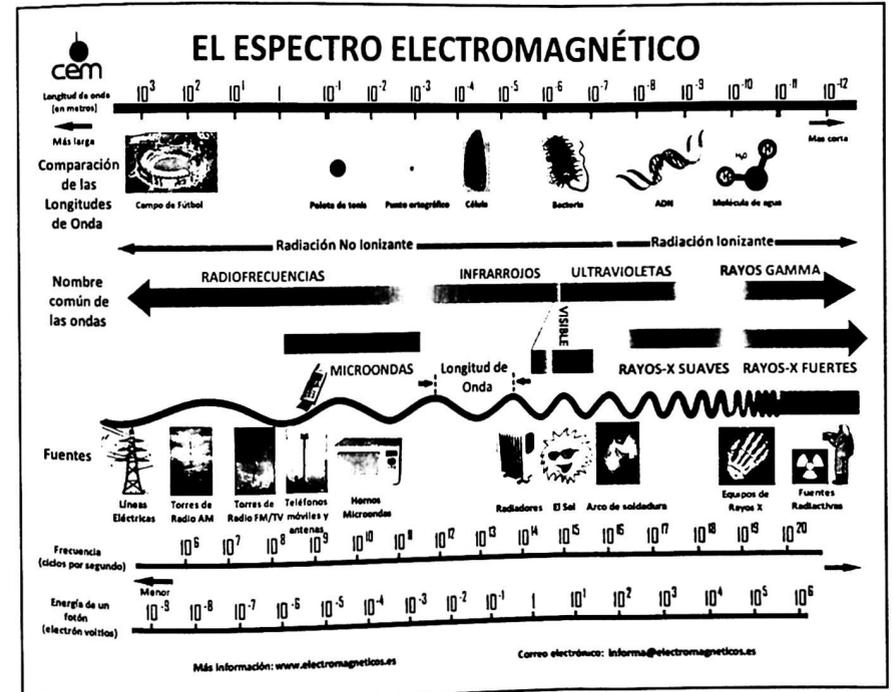


Figura 3.14.—Espectro electromagnético.

36. ¿Qué podrías llevar a clase para ejemplificar las cualidades del sonido?
37. Comprueba si entiendes las gráficas. Comenta todo lo que se te ocurra sobre la que te presentamos (figura 3.13).

3.2. Reflexión y refracción del sonido y la luz

La **reflexión** es uno de los fenómenos característicos de los movimientos ondulatorios y, por tanto, del sonido y la luz. Hemos de decir que la reflexión se manifiesta también en fenómenos que conllevan un desplazamiento de la materia, como, por ejemplo, cuando choca contra la banda una bola de billar.

En relación al sonido, se produce cuando una onda sonora, que se propaga por el aire, alcanza otro medio por el que no se puede propagar, como, por ejemplo, una pared. Entonces, la onda se refleja en ella como lo haría una pelota que siguiera el mismo camino. Igualmente le ocurre a la luz; en este caso se trata de ondas electromagnéticas, al propagarse por un determinado medio e incidir sobre otro por el que no se puede propagar. Para estudiar la reflexión de las ondas nos centraremos en las ondas luminosas e introduciremos dos conceptos geométricos que nos ayudarán a entender mejor el fenómeno (figura 3.15).

- **Normal.** Es la línea perpendicular a la superficie en el punto en que le alcanza la onda.

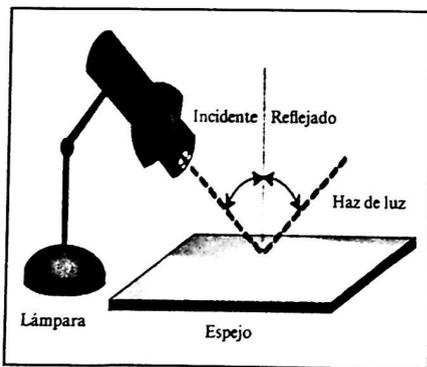


Figura 3.15.—Reflexión.

- **Rayo.** Es la línea que indica la dirección y sentido de propagación de una onda luminosa cualquiera. Al rayo que llega a la pared se le denomina «rayo incidente», y al que se refleja en ella y sale alejándose «rayo reflejado».

La reflexión se rige por estas dos leyes:

- **Primera ley.** El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano.
- **Segunda ley.** El ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales.

Exactamente le ocurre lo mismo al sonido, sólo que no hablamos de rayos sino de onda incidente y onda reflejada.

La luz, en particular, puede experimentar dos tipos distintos de reflexión: reflexión especular y reflexión difusa (figura 3.16):

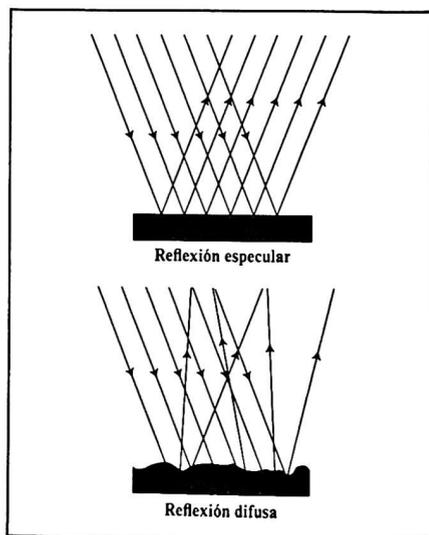


Figura 3.16.—Reflexión especular y difusa.

- **Reflexión especular.** Cuando la luz se refleja sobre una superficie pulida y lisa, como la de un espejo, puede formar imágenes.
- **Reflexión difusa o difusión.** Cuando la superficie reflectora presenta irregularidades, los rayos de luz salen reflejados en todas direcciones. Salvo los espejos, los demás objetos suelen presentar este tipo de reflexión difusa.

La **refracción** es otro fenómeno que le puede ocurrir a las ondas. Habrás observado que cuando introducimos un lápiz en un vaso con agua parece que se hubiese partido. Del mismo modo, si pones una lupa a la luz del Sol, verás que la luz se puede concentrar en una pequeña superficie, lo que indica que los rayos cambian de dirección al pasar por aquella. Estos son fenómenos de **refracción**. La refracción de la luz (véase figura 3.17) consiste en el cambio de dirección que experimenta un rayo de luz al pasar de un medio de propagación a otro. Se produce siempre que una onda (en particular, la luz o el sonido) pasa de un medio a otro. En tal caso cambian la dirección de propagación y la velocidad, pero no su frecuencia.

Tanto en el caso de la luz como del sonido, cuando interaccionan con la materia, parte de la

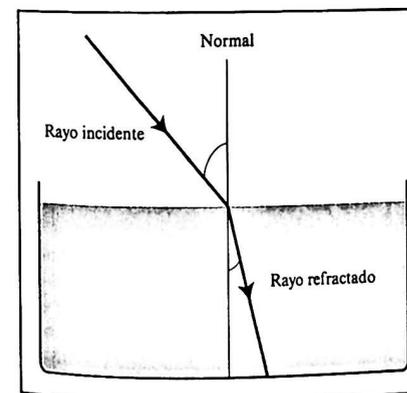


Figura 3.17.—Refracción.

energía que transportan es devuelta al medio de procedencia (reflexión), y parte atraviesa (refracción) o es absorbida por dicha materia. En cualquier caso, se cumple el principio de conservación de la energía.

3.3. Interacción del sonido con la materia: eco y reverberación

Nuestro oído puede diferenciar dos sonidos siempre que le lleguen separados por, al menos, 0,1 segundos (a ese tiempo lo llamamos tiempo de persistencia acústica de nuestro oído). Si gritas frente a la pared de un acantilado, y a una cierta distancia, podrás escuchar tu propia voz de vuelta al cabo de un tiempo por **reflexión** en la pared rocosa; se trata del **eco**.

Como el sonido viaja a unos 340 m/s en el aire, en 0,1 s recorrerá un espacio $e = v \cdot t = 340 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ s} = 34 \text{ m}$. Esto quiere decir que, para distancias menores de 17 m (17 de ida + 17 de vuelta = 34 m de recorrido) percibiremos el sonido reflejado en menos de una décima de segundo. Entonces no habrá eco, porque nuestro oído no podrá distinguir el sonido original del reflejado, ya que se solapan. A lo sumo lo oírás algo prolongado, y en este caso hablamos de **reverberación** del sonido. Muchas veces las reverberaciones no son deseadas y hacen que una sala presente una mala acústica. Otras veces, por el contrario, la reverberación en determinados espacios, como iglesias y conventos, otorga al sonido un «matiz» agradable y buscado, como ocurre en el caso del canto gregoriano.

3.4. Interacción de la luz con la materia

El color

Todos, salvo muy pocas personas que son acrómatas, percibimos el color. Pero, ¿cómo se explica la percepción del color?

En primer lugar, diremos que las longitudes de onda que componen el espectro visible van desde los 400 nm hasta los 800 nm. Cada luz monocromática (contiene una única longitud de onda) la percibimos con un color determinado (450 nm, azul; 550 nm, verde; 575 nm, amarillo; 700 nm, rojo), a los que denominamos colores espectrales puros.

Salvo éstos, el resto de los colores que percibimos están compuestos por múltiples longitudes de onda que reflejan los cuerpos opacos, o que percibimos por transmisión de la luz a su través, como ocurre con los cuerpos translúcidos. Es decir, si el cuerpo es opaco, y lo percibimos como verde, reflejará cromaticidades tanto azules como amarillas, rojas, etc., entre las que predominarán las verdes, para darnos así la sensación global del color verde con que lo percibimos.

De los dos tipos de fotorreceptores que tenemos en la retina, conos y bastones, los responsables de la visión del color son los conos, que funcionan sólo a altos niveles de iluminación; de ahí que seamos incapaces de ver los colores por la noche. El color es el atributo visual por antonomasia. Es decir, todas las percepciones que tenemos por medio del sentido de la vista, como son la posición, el tamaño, la textura, el movimiento, etc., pueden también ser percibidas, aunque con limitaciones, mediante alguno de los otros sentidos, excepto en lo que se refiere al color. El color es entonces aquella percepción visual que viene caracterizada por tres atributos psicológicos: claridad, tono y saturación (figura 3.18).

- La claridad es el atributo por el cual percibimos los colores con mayor o menor luminosidad. Está relacionada con la intensidad de la luz que nos llega, hablando de colores claros y oscuros. También se le identifica con la luminosidad y el brillo.
- El tono es el atributo por el cual distinguimos los colores que denominamos como

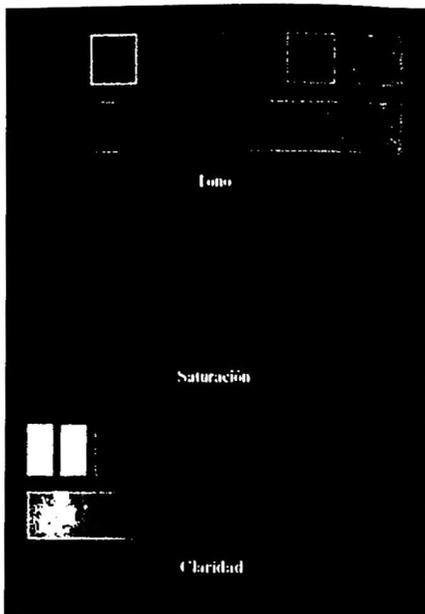


Figura 3.18.—Atributos del color.

azules, verdes, amarillos, naranjas, rojos, etc. Hemos de decir también que existen infinitud de tonos verdes, azules, rojos, etc. No hay, por tanto, un solo tono verde, azul, rojo, etc.

- La saturación es el atributo que estaría relacionado con la cantidad de blanco que tiene un determinado color. Podíamos imaginarnos este atributo si partimos de una lata de pintura roja. Si vamos echando a la misma cada vez mayores cantidades de pintura blanca, iremos obteniendo un color del mismo tono inicial, rojo, con la misma claridad también, pero cada vez menos saturado. Los colores espectrales puros corresponden con los tonos de máxima saturación.

El blanco y el negro, cuando nos referimos a luces, no son estrictamente colores. El blanco está compuesto por todos los colores del espectro visible y el negro no es más que la ausencia de luz. Si hablamos de colores blancos y negros, al igual que del resto de los colores, cuando nos referimos a colores en los objetos, pinturas, fotografías, etc. En este caso, los colores se consiguen mediante la mezcla adecuada de pigmentos y que, cuando son iluminados, nos dan esa determinada sensación de color.

El color, en definitiva, viene determinado por la naturaleza del objeto de que se trate y por la iluminación que se le aplique. Todos podemos comprobar cómo cambian los colores de nuestra ropa cuando cambiamos a recintos iluminados con luces que no son blancas.

La absorción de la luz

Vemos las plantas de color verde porque reflejan, mayoritariamente, las cromaticidades verdes, absorbiendo gran parte del resto de las frecuencias de la luz con que son iluminadas. En este caso, la luz reflejada por la planta llega al ojo y nos da la sensación visual global, correspondiente al tono verde característico de esa planta. Igual ocurre con la sensación de color que nos darían otros cuerpos que reflejen de esta forma la luz. De esta manera, cuando los cuerpos son iluminados con luz blanca podrán ser blancos, o negros, según reflejen, o absorban, completamente todas las longitudes de onda del espectro visible.

Cuando los cuerpos permiten el paso de la luz (transparentes) también nos pueden dar sensaciones visuales de color, pero de forma diferente. En este caso, cuando tenemos un papel de celofán rojo, gran parte de la luz que pasa por él, de tonalidades distintas a las rojas, son absorbidas, de manera que deja pasar mayoritariamente las correspondientes a las tonalidades con la que lo vemos. De este modo, los cuerpos que dejan pasar la luz, cuando son iluminados con luz blanca,

podrán ser transparentes si dejan pasar completamente todas sus longitudes de onda, o negros si absorben por completo todas ellas.

La dispersión de la luz

Ya hemos visto que cuando la luz se refracta, al pasar de un medio a otro, el rayo refractado se desvía en su trayectoria. Pero esta desviación no es la misma para todas las frecuencias, es decir, para todos los «colores». Las ondas de frecuencias más altas (violetas, azules) se desvían más que las de frecuencias bajas (amarillos, rojos). Por esta razón, cuando la luz se refracta, también se separan las ondas de distintas frecuencias en sus correspondientes colores. A esto lo llamamos dispersión de la luz. El arco iris es un buen ejemplo natural de este fenómeno, que se produce cuando la luz solar se descompone al atravesar las gotas de lluvia.

Fue Isaac Newton quien estudió el fenómeno de la dispersión al atravesar la luz blanca un prisma (véase figura 3.19), comprobando así que la luz blanca estaba compuesta, en realidad, por to-

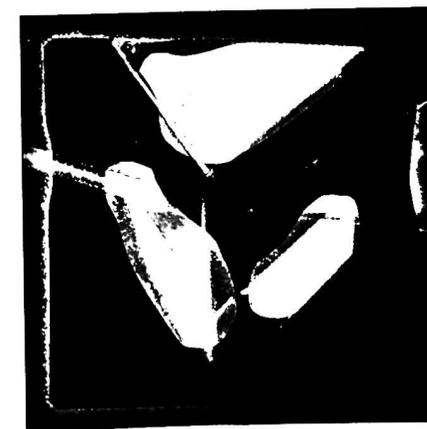


Imagen 3.19.—Dispersión de la luz.

dos los colores del espectro. Pensó que si la luz blanca se podía descomponer en los colores del arco iris, combinándolos del modo adecuado podría obtener el color blanco. Para demostrarlo, ideó un disco giratorio (disco de Newton) coloreado con los siete colores de referencia del espectro, y observó que, al hacerlo girar, los colores desaparecían, viéndose tan sólo el color blanco.

Piensa en algunos ejemplos de fenómenos que hayas observado en tu vida cotidiana en los que se ponga de manifiesto la reflexión y la refracción de la luz y el sonido.

42. ¿Qué te parece más difícil trabajar en el aula, la reflexión o la refracción? ¿El sonido o la luz? ¿A qué crees que se debe?
43. En relación con el color, comenta el refrán «Por la noche todos los gatos son pardos».
44. En Youtube (<http://www.youtube.com/>) dispones de algunos enlaces a vídeos sobre el disco de Newton. Visítalos y comprueba lo que has leído en estas líneas.

ACTIVIDAD 5: Artefactos caseros: aplicaciones del electromagnetismo, luz y sonido.

ANEXO. ACTIVIDADES DE AULA

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La energía y sus transferencias.

Apellidos y nombre _____ Fecha _____

Señala la opción correcta en cada una de las siguientes cuestiones.

(Extraídas de: Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (eds.). (2000). *Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Praxis.)

Entre los siguientes cambios energéticos hay alguno que no es posible que se produzca. Indica cuál es.

 A $E_{\text{potencial}} = 90 \text{ J};$ $E_{\text{cinética}} = 70 \text{ J}$	 C $E_{\text{eléctrica}} = 150 \text{ J};$ $E_{\text{sonora}} = 90 \text{ J}$
 B $E_{\text{potencial}} = 1.000 \text{ J};$ $E_{\text{cinética}} = 650 \text{ J}$	 D $E_{\text{eléctrica}} = 110 \text{ J};$ $E_{\text{luminosa}} = 220 \text{ J}$

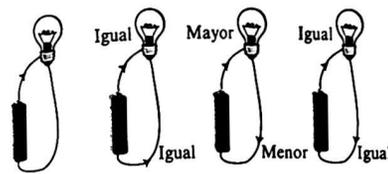
A. B. C. D.

Un ciclista se coloca en lo alto de una rampa. Sin dar pedales se deja caer por la rampa hasta que la bicicleta para en el punto D debido al rozamiento con el aire y el de las ruedas con el suelo. ¿En cuál de las posiciones la energía que posee el ciclista y la bicicleta es mayor?



A. B. C. D.

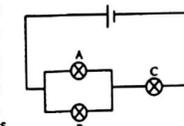
¿Qué caso representa correctamente la corriente que circula a través de la bombilla?



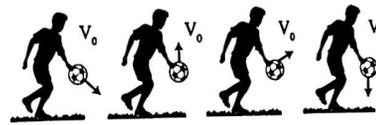
A. B. C. D.

Suponiendo bombillas iguales, indica la afirmación que es correcta.

- A. Las bombillas A y C tienen el mismo brillo y es mayor que el de B.
- B. Las bombillas A y B tienen el mismo brillo y es menor que el de C.
- C. Los brillos de las tres bombillas son iguales.
- D. Las bombillas A y B tienen el mismo brillo y es mayor que el de C.



Se lanzan con la misma velocidad inicial los balones de la figura y desde la misma altura. Suponiendo que no existe rozamiento, ¿cuál de los balones llegará al suelo con mayor velocidad?

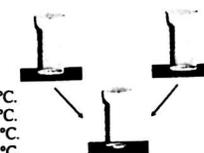


A. B. C. D.

E. Ninguno

Tenemos dos vasos con iguales cantidades de agua fría a 10 °C. Si echamos el agua de ambos vasos en otro vaso vacío, ¿cómo se encontrará el agua en el nuevo vaso y a qué temperatura?

- A. Más fría y a 10 °C.
- B. Igual de fría y a 20 °C.
- C. Igual de fría y a 10 °C.
- D. Más caliente y a 20 °C.
- E. Más caliente y a 10 °C.

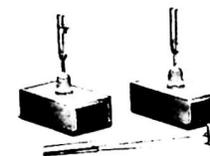


En una habitación bien iluminada, una chica mira un jarrón con flores que se encuentra sobre una mesa. Traza la trayectoria que siguen los rayos de luz mediante los cuales la chica ve el jarrón.



Tenemos dos diapasones iguales en sendas cajas de resonancia. Si se colocan uno al lado del otro, tal y como vemos en la figura, y golpeamos uno, ¿qué le sucederá al otro?

- A. No le sucederá nada.
- B. Vibrará con una frecuencia menor.
- C. Vibrará con una frecuencia igual.
- D. Vibrará con una frecuencia mayor.



Una vez realizado el cuestionario de ideas previas, reflexiona y responde a las siguientes preguntas (en pequeños grupos):

- ¿Qué conclusiones podemos sacar?
- ¿Influye el sistema educativo a la hora de provocar cambios conceptuales permanentes en las mentes de los alumnos?
- ¿Cómo podría entonces plantearse el profesor el fomento de aprendizajes significativos en sus alumnos?

Se presentan a continuación las ideas previas más comunes sobre los contenidos de este tema, ordenadas por temática. Cuando termines de estudiar el tema, vuelve a esta tabla y proporciona las explicaciones correctas.

ALGUNAS IDEAS PREVIAS DE LOS ALUMNOS DE E. PRIMARIA SOBRE LOS CONTENIDOS DEL TEMA

ENERGÍA	
Modelos o esquemas interpretativos	Explicaciones y ejemplificaciones
Energía como agente causal	La energía se considera la fuente o la responsable de los acontecimientos que suceden. «Es lo que hace que algo funcione.»
Energía como producto o resultado final	La energía como resultado tras un proceso, a diferencia del anterior modelo. «Aparece en el humo después de la combustión o en el sudor después del ejercicio.»
Energía a modo de combustible	La energía como agente necesario para que algo funcione, se mueva o viva. «Los niños gastan mucha energía»; «los ancianos no tienen mucha energía». Se pone de manifiesto en los coches, deportistas, etcétera. «Todo el mundo necesita energía»; «las máquinas se mueven gracias a la energía».
CALOR	
Naturaleza material del calor (modelo basado en la teoría del calórico)	Prescripción de una existencia material al calor, que entra y sale de los cuerpos y acaba depositándose en ellos. Calor y frío como sustancias opuestas que se propagan como un fluido. El calor como agente que provoca cambios (aumento de temperatura, dilataciones) cuando entra o sale de la materia. «El calor penetra en los cuerpos y los calienta.» «El calor es ese "vapor" que se ve en las carreteras en verano.» «Tanto el calor como el frío se encuentran dentro de los cuerpos.» «El calor viaja dentro de los cuerpos.»

Modelos o esquemas interpretativos	Explicaciones y ejemplificaciones
La transmisión del calor como sustancia material dentro del cuerpo (barra metálica)	El calor se propaga por una barra metálica al pasar el fuego a ésta: «La llama sube por el extremo de la barra». Propagación material del calor desde un extremo de la barra hasta la mano: «El calor viaja por los espacios de aire (huecos) que hay en la barra».
La dilatación de los cuerpos como paso o entrada del calor a los mismos	Los cuerpos se dilatan porque pasa «el vapor del fuego» a los mismos y los hace grandes. Los cuerpos, al dilatarse, son más grandes y pesan más.
Variación de la temperatura durante un cambio de estado	Se postula un cambio en la temperatura del cuerpo cuando cambia de estado, bien porque se le aumente la llama del mechero, bien porque se le eche más sustancia. «Al echar más hielo la temperatura bajará»; «la temperatura aumentará al colocar otro mechero en el recipiente donde el agua está hirviendo».
CORRIENTE ELÉCTRICA Y MAGNETISMO	
La corriente eléctrica como fluido	La circulación de la corriente eléctrica se asemeja a la circulación de un fluido (agua) que va desde una posición más alta hasta otra más baja.
Pilas y generadores: suministro y «gasto» de corriente eléctrica	La pila muchas veces es el único generador de corriente eléctrica que se conoce. La pila suministra una corriente constante independientemente del circuito al que se conecte. La corriente eléctrica que suministra la pila «se gasta» a lo largo del circuito conforme pasa por sus elementos.
Magnetismo en los objetos (imanes)	Las propiedades magnéticas de la materia sólo se reconocen en los imanes. No se asocia la creación de campos magnéticos con el paso de la corriente. Se confunde la denominación de los polos magnéticos con los de la carga («polos positivo y negativo del imán»).

por lo que la madre llega a encontrar otra ecuación, de naturaleza distinta a la anterior, que le indica el número de bloques que puede haber escondidos. Y continúa...

En el aumento gradual de la complejidad de su mundo, ella encuentra una serie completa de términos que representan modos de calcular cuántos bloques están en los lugares donde no le está permitido mirar. Como resultado, encuentra una fórmula compleja, una cantidad que debe ser calculada, que en su situación siempre permanece la misma.

¿Cuál es la analogía con la conservación de la energía? El más notable aspecto es que no hay bloques. La analogía tiene los siguientes puntos. Primero, cuando estamos calculando la energía, a veces algo de ella deja el sistema y se va, y a veces algo entra. Para verificar la conservación de la energía debemos tener cuidado de no agregar ni quitar nada. Segundo, la energía tiene un gran número de «formas» diferentes, y hay una fórmula para cada una. Éstas son: energía gravitacional, energía cinética, energía elástica, energía eléctrica, energía química, energía radiante, energía nuclear, energía de la masa, etc. Si hacemos el total de las fórmulas para cada una de estas contribuciones, no cambiará a excepción de la energía que entra y que sale.

Es importante darse cuenta que en la Física actual no sabemos lo que es la energía. No tenemos un modelo de energía formado por pequeñas gotas de un tamaño definido. No es así. Sin embargo, hay fórmulas para calcular cierta cantidad de energía...

- ¿Qué conclusiones importantes podemos sacar de la analogía, aparte de las ya señaladas?
- ¿Podríamos ser menos pesimistas que el profesor Feymann y buscar alguna definición de energía? ¿Cuál se te ocurriría?
- ¿Qué otra analogía se te ocurriría para realizar una presentación al alumnado de Educación Primaria en la que se planteara la generalidad del concepto y la particularidad de sus manifestaciones o presentaciones?

Actividad 3: Ciencia y futuro sostenible: energía y contaminación.

El principio de precaución	La contaminación como desafío global
<p>En el año 2000 se reunió en Niza el Consejo Europeo y se precisó el <i>principio de precaución</i>, que permite la adopción de medidas protectoras antes de contar con una prueba científica completa de un riesgo determinado. Según este principio, cuando una evaluación, realizada sobre la base de datos disponibles, no permite concluir con certeza un cierto nivel de riesgo, las medidas de gestión se tomarán de acuerdo con la apreciación política que determine el nivel de protección buscado.</p>	<p>Podemos definir la contaminación como la presencia en el ambiente de cualquier agente, físico o químico, en concentraciones que puedan ser nocivas para la salud de las personas y los demás seres vivos. Se produce cuando se vierten sustancias tóxicas a la atmósfera, las tierras de labor, los ríos o el mar, o cuando se alteran los equilibrios naturales. La propia naturaleza (los volcanes) produce, ocasionalmente, importantes dosis de contaminación, pero son las actividades humanas, especialmente las agrícolas, comerciales e industriales, las que lo hacen de modo constante. La rápida expansión de la industrialización a casi todos los países del planeta está generalizando la contaminación a nivel planetario, lo que, de seguir así, acabará con las posibilidades de vida en nuestro mundo.</p>

En los años 80 se detectó una grave disminución del grosor de la capa de ozono. En 1989 entró en vigor un tratado internacional, conocido como *Protocolo de Montreal*, organizado para proteger la capa de ozono mediante el control de producción de las sustancias responsables.

Los países industrializados dejaron de fabricar estas sustancias y, en 2006, la NASA anunció ya una clara recuperación del ozono estratosférico. Aunque puedan haber influido factores desconocidos, también lo ha hecho, sin duda, el cumplimiento de este acuerdo internacional.

Las sustancias más problemáticas

Para las actividades agrícolas, utilizamos cantidades excesivas de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, etc., que finalmente llegan a las reservas de agua subterráneas. En cuanto a los residuos industriales, los peores son los gases sulfurosos, que originan la lluvia ácida, aunque también los jabones y detergentes, así como los metales pesados, tienen un efecto muy negativo sobre las aguas. Por otra parte, para todas nuestras actividades necesitamos energía, y casi toda la que utilizamos proviene de procesos de combustión. Cada año se queman en el mundo unos 9.000 millones de toneladas de carbón y petróleo, y vertemos a la atmósfera casi 32.000 millones de toneladas de CO₂. Aunque este gas de efecto invernadero no es un agente contaminante, puesto que forma parte de la atmósfera y participa en los ciclos naturales, su incremento constante acabará provocando un cambio climático, que parece haberse iniciado ya, y cuyas consecuencias son difícilmente previsibles.

Posibles alternativas

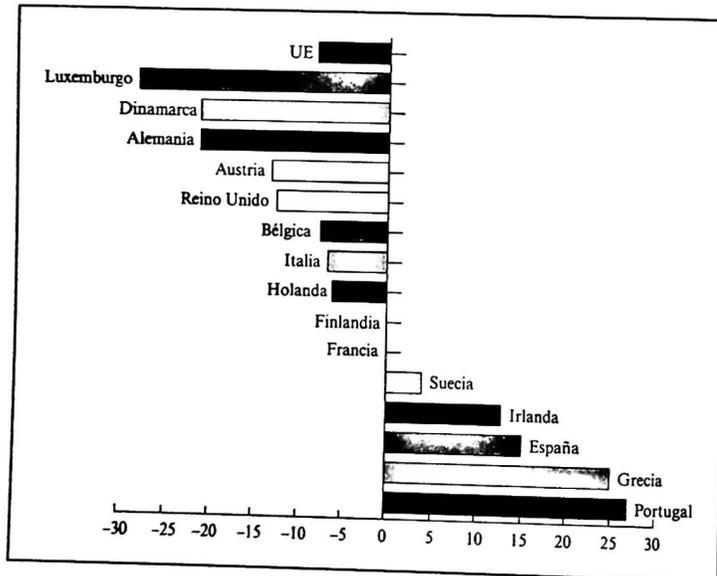
La mejor alternativa al problema planteado sería no contaminar, pero para ello habría que paralizar la industria a escala mundial, y esto es impensable. También podemos depurar las aguas, o tratar y reciclar todos los residuos. Pero si unos países lo hacen y otros no, los productos de estos últimos serían más baratos y arruinarían a los primeros. Para la obtención de energía se pueden usar las energías renovables, pero esto también requiere una gran inversión económica en investigación y mejora de la tecnología, por lo que también debería hacerse a nivel mundial. Aunque todos podemos y debemos poner de nuestra parte para paliar la contaminación, sólo si se logran **acuerdos planetarios**, que todos los países se comprometan a cumplir, y lo hagan, la naturaleza quedaría a salvo. Este debería ser uno de los principales objetivos del proceso llamado **globalización**, cuyos principales intereses suelen ser comerciales.

EL PROTOCOLO DE KIOTO Y EL ACUERDO DE PARÍS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

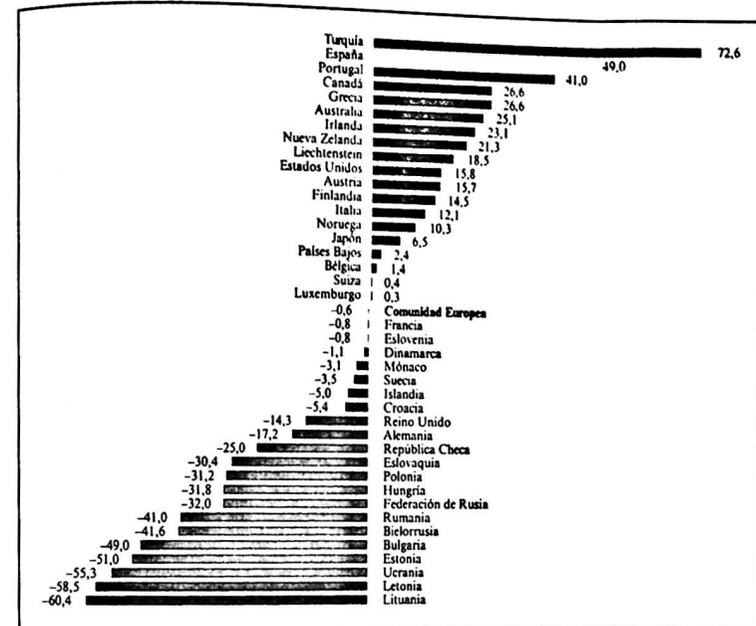
El Protocolo de Kioto fue un acuerdo internacional, firmado en 1997, que trataba de frenar el cambio climático. Uno de sus objetivos era contener las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI). Este acuerdo imponía a 39 países que se consideraban desarrollados (no afecta a los países en vías de desarrollo como Brasil, India o China) que, para 2012, hubieran reducido la emisión de GEI respecto a la de 1990.

La Unión Europea tenía fijada una reducción del 8%, repartida entre sus países miembros, de modo que a España se le consentiría un aumento en sus emisiones del 15%. Pero en nuestro país no se tomaron medidas hasta 2004 y, hasta la fecha, nuestras emisiones han aumentado en un 53% y, muy posiblemente, deberá comprar derechos de emisión a otros países que han conseguido reducir sus emisiones más de lo fijado.

Estados Unidos es otro de los grandes protagonistas en el protocolo de Kioto. Aunque firmó el acuerdo en 1998, lo rechazó posteriormente. Se está estudiando la forma de que Estados Unidos, y otros países muy contaminantes en vías de desarrollo, firmen el acuerdo y reduzcan sus emisiones.



Objetivos y metas para la reducción (o aumento) de emisiones de GEI para los países de la Unión Europea.



Cambios reales producidos en la emisión de GEI, 1990-2004, en los países desarrollados (en tanto por ciento).

Puesto que el anterior protocolo no dio los resultados esperados, en diciembre de 2015 se celebró en París una Conferencia sobre el Clima con el fin de aunar nuevos esfuerzos para que todos los países, y fundamentalmente los desarrollados, redujeran drásticamente las emisiones de CO₂ a la atmósfera. En esta primera reunión surgió el denominado Acuerdo de París, que inicialmente lo firmaron 195 países, con el fin de ser ratificado posteriormente, por el cual se deberían adoptar una serie de medidas, o actuaciones vinculantes, a nivel mundial, sobre el clima. Entre los acuerdos adoptados entresacamos los siguientes:

- Mantener como objetivo a largo plazo un aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C respecto a la que había en los niveles preindustriales.
- Realizar esfuerzos adicionales para que el calentamiento global no supere los 1,5 °C en las próximas décadas.
- Lograr que las emisiones de CO₂ a nivel mundial alcancen sus valores máximos cuanto antes, en especial para los países en desarrollo, con el fin de que se reduzca el incremento

global de temperatura, aplicando los mejores criterios científicos y tecnológicos que lo hagan posible.

- Mantener reuniones cada cinco años para ir fijando cada vez objetivos más ambiciosos, informando a los gobiernos y a los ciudadanos de los avances que se vayan logrando, con el fin de alcanzar el objetivo final de cero emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero a finales del presente siglo.
- Reforzar, afrontar y ayudar a todos los países a mitigar las posibles consecuencias de un cambio climático global.

El presente Acuerdo fue firmado en París el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, pues hizo falta casi todo un año para que fuese ratificado por al menos 55 países que aglutinasen un 55% de las emisiones globales de CO₂. Hasta el año 2020 no se aplicarán los recortes de emisiones contemplados en el Acuerdo de París y, mientras tanto, se aplican los criterios adoptados en el protocolo de Kioto, del que están ausentes tanto Estados Unidos de América como China. Desgraciadamente, el Acuerdo no contempla sanciones de ningún tipo para los países firmantes que no cumplan con los objetivos marcados.

RESPONDE A ESTAS PREGUNTAS

1. El Protocolo de Kioto trata de frenar el cambio climático, y uno de los objetivos es disminuir las emisiones de GEI. ¿Qué tiene que ver el efecto invernadero con el cambio climático?
2. ¿Por qué crees que este protocolo sólo afecta a los países más desarrollados?
3. Elabora una gráfica, del mismo tipo que las que te presentamos, representando la comparativa entre los objetivos de reducción o aumento de emisiones de GEI (primer gráfico) con los cambios reales (segundo gráfico), para los países de la Unión Europea.
4. Aunque el acuerdo se firmó en 1997, hay países, como España, que no tomaron medidas hasta muchos años después. Incluso algunos, como Estados Unidos, se negaron a firmarlo. ¿Qué opinas de estas actitudes? ¿Crees que se conseguirán los objetivos sin el apoyo de estos países?
5. Recopila información sobre el Acuerdo de París y revisa los países que lo han ratificado hasta el día de hoy prestando una especial atención a nuestro país y a la UE. ¿Qué valoración haces del nuevo acuerdo? ¿Te parecen necesarias tales medidas o, por el contrario, son demasiado drásticas y no del todo necesarias? ¿Qué opinas de aquellas personas, mandatarios incluidos, que no creen en un posible cambio climático global?
6. Ante tales perspectivas, ¿cómo ves el futuro de la humanidad? ¿Pesimista / Optimista?
7. Y para finalizar, ¿cómo encaja con nuestras actuaciones el conocido dicho masai: «los recursos de los que hoy disponemos son un legado que nos han dejado en herencia las generaciones pasadas»?

ACTIVIDAD 4: La electricidad en nuestra vivienda: el consumo de electrodomésticos y la factura eléctrica.

RECUERDA LAS EXPRESIONES Y LAS UNIDADES ELÉCTRICAS MÁS COMUNES

Energía eléctrica

La energía en el SI se mide en julios (J). En el caso de la energía eléctrica podemos calcularla mediante la siguiente expresión $E = V \cdot I \cdot t$, donde «V» es el voltaje, «I» la intensidad de corriente y «t» el tiempo empleado en realizar el trabajo.

Potencia eléctrica

La potencia mide la energía producida o consumida en la unidad de tiempo. En el SI se mide en vatios (W). Matemáticamente, $P = E / t = V \cdot I$.

De esta expresión obtenemos la unidad de energía comúnmente utilizada por las compañías eléctricas, el kilovatio-hora (kWh). Es la energía puesta en juego cuando un aparato de 1 kW de potencia funciona durante una hora.

Consumo eléctrico

Uno de los datos que siempre aparece en las características de los electrodomésticos es su potencia. Podemos calcular su consumo eléctrico (energía) sin más que multiplicarla (en kW) por el tiempo que esté funcionando (en horas). Lo obtendremos, de este modo, en kWh.

Para los cálculos de la factura eléctrica las compañías utilizan precisamente el kWh. Basta con saber su coste, que obtenemos de la factura, para calcular lo que supone, en euros, el funcionamiento de cualquier electrodoméstico.

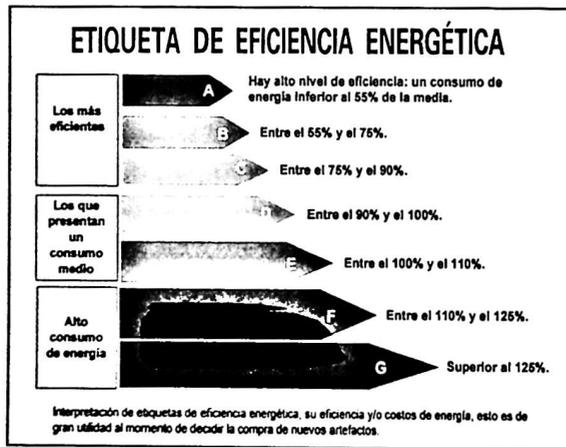
LAS ETIQUETAS DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS

Todos los electrodomésticos tienen una etiqueta con sus características. Como ejemplo, te mostramos la de una lavadora:

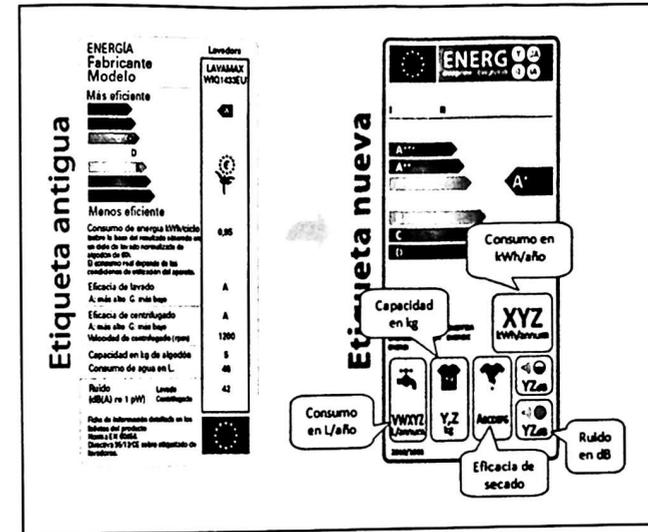
Como puedes observar, uno de los datos que se ofrecen es el consumo de energía en un ciclo de lavado determinado, en este caso 1,02 kWh. También se proporcionan datos de eficacia, en el caso anterior «A» para el lavado y «B» para el centrifugado. La siguiente figura muestra el significado de estas letras.

Consumo energía kWh/ciclo (Sobre la base del resultado obtenido en un ciclo de lavado normalizado de algodón a 60°) El consumo real depende de las condiciones de utilización del aparato y de su localización	1.02
Eficacia de lavado A más alto G más bajo	A B C D E F G
Eficacia de centrifugado A más alto G más bajo	A B C D E F G
Velocidad de centrifugado r.p.m.	1.000
Capacidad en kg de algodón	6
Consumo de agua en l.	49
Ruido [dB(A) re 1 pW]	Lavado 55 Centrifugado 70

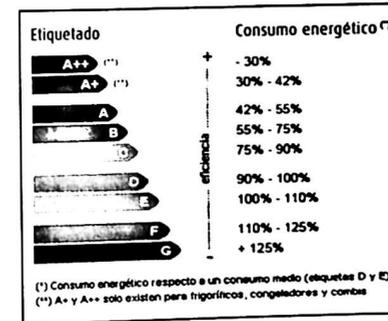
Plata de información detallada en



Aunque antes cada fabricante podía utilizar el formato de etiqueta que deseara, ahora se está unificando para todos los electrodomésticos. Además, como se van mejorando en relación con su consumo energético, se van incluyendo nuevas categorías. En los electrodomésticos de la cocina y del cuidado de la ropa puedes encontrar alguna de éstas, que se irán adaptando al resto de electrodomésticos del hogar:



En la siguiente figura puedes comprobar las características de las nuevas categorías.



En el resto de electrodomésticos, aunque no se utilice aún este modelo de etiqueta, siempre encontrarás una en la que aparecerá su potencia, dato que te servirá para calcular su consumo eléctrico. Para iluminación se utilizan en la actualidad bombillas LED, que suponen un ahorro considerable frente a las de filamento. En la tabla siguiente se muestran las equivalencias entre ambas (las de filamento han dejado de fabricarse):

LED	Filamento	LED	Filamento
6-9 W	40 W	9-13 W	75 W
8-12 W	60 W	16-20 W	100 W

Podemos aprovechar la ocasión para que busquéis información sobre los diferentes tipos de bombillas que disponemos en el mercado. Haced una clasificación, buscando imágenes de las más representativas, de acuerdo con:

1. Características de funcionamiento (incandescentes, halógenas, led...).
2. Ampolla o cuerpo de la bombilla (esféricas, cilíndricas, dicróicas...).
3. Tamaño y forma del casquillo (tipo E, GU, G...).

ACTIVIDADES DE CONSUMO ELÉCTRICO

1. Se han mostrado dos etiquetas con características de lavadoras (la superior de la página 128 y la izquierda de la página 129). ¿Cuál de ellas comprarías? ¿Por qué? Si hubiese mucha diferencia de precio, ¿influiría en tu decisión?
2. Si utilizamos una aspiradora de 1.300 W durante 15 minutos seguidos, ¿cuál ha sido el consumo de electricidad?
3. Calcula la diferencia de consumo eléctrico entre dejar encendida un día completo una bombilla de filamento de 75 W y hacerlo con su equivalente de bajo consumo.
4. El diodo de un televisor en espera tiene una potencia de 10 W. Si está en funcionamiento 6 horas al día, calcula la diferencia de consumo mensual entre desconectarlo de la red eléctrica cuando no se usa y dejarlo en espera.
5. Realiza el análisis de la factura eléctrica que se propone a continuación.

LA FACTURA ELÉCTRICA

Ahora deberíamos traer a clase una factura eléctrica para comentarla y conocer cómo se paga nuestro consumo eléctrico. Podríamos igualmente analizar si se podría rebajar dicha factura en función de: tipo de vivienda, número de miembros, aparatos eléctricos, tipo de lámparas, hábitos de comportamiento, manejo de los dispositivos, etc.

ACTIVIDAD 5: Artefactos caseros: aplicaciones del electromagnetismo, luz y sonido.

En esta actividad construiremos tres artefactos caseros relacionados con los contenidos de este tema y realizaremos una curiosa experiencia con el sonido. Una vez construidos, deberás explicar con detalle su funcionamiento. Presta atención al material que debes traer al aula en cada caso.

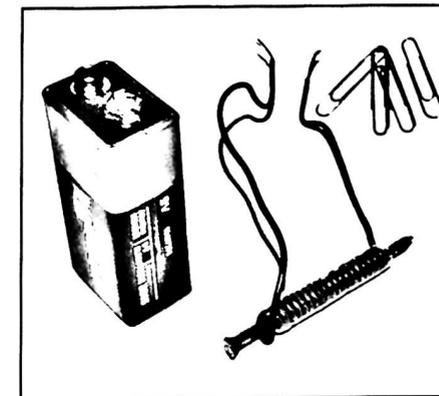
ELECTROIMÁN CASERO

Un electroimán es un tipo de imán en el que el campo magnético se produce mediante el flujo de una corriente eléctrica, desapareciendo en cuanto cesa dicha corriente. Se puede construir uno de forma sencilla utilizando este material cotidiano que deberás traer a clase:

- Una pila de petaca o una prismática.
- Un clavo de hierro de al menos 10 cm.
- Varios clips metálicos (vale cualquier objeto de hierro que pese poco).
- Un trozo de cable de unos 25 cm.

Lo único que tienes que hacer es enrollar el cable al clavo, pelar los extremos y unirlos a los bornes de la pila (véase figura) y podrás comprobar cómo el clavo con el cable enrollado atrae los clips metálicos. Dejará de atraerlos en cuanto desconectes el cable de la pila. ¡Cuidado!: para que no se gaste rápido la pila cierra el circuito durante muy poco tiempo.

Elabora un informe explicando el funcionamiento del electroimán.



ESPECTROSCOPIO CASERO

En: Heredia Ávalos, S. (2009): *Cómo construir un espectroscopio casero con un CD*. Rev. *Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 6(3), pp. 491-495.

Un espectroscopio es un dispositivo capaz de descomponer la luz en sus componentes de diferentes colores (es decir, en su espectro). En esta experiencia se construirá un espectroscopio basado en una red de difracción, usando para ello un CD.

La superficie del CD por la que se graban los datos posee una serie de huecos y salientes (que no se ven a simple vista) distribuidos a lo largo de un surco que describe una espiral desde el radio exterior hacia el radio interior. Puede utilizarse como una red de difracción por reflexión para construir el espectroscopio casero. Una vez construido (figura izquierda), enfocando a distintas fuentes de luz se podrán apreciar espectros diferentes (figura derecha).



Aspecto final del espectroscopio.

El material que debes traer al aula es el siguiente:

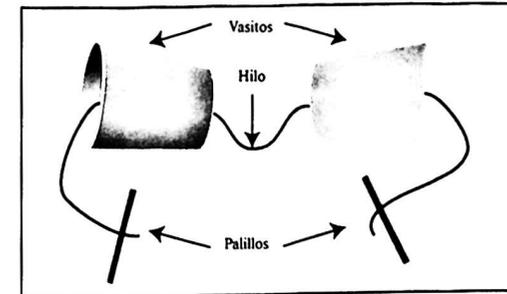
- Tijeras y cúter.
- Pegamento de barra.
- Papel celo y papel de aluminio.
- Cilindro de cartón de un rollo de papel higiénico.
- Un CD usado (que no esté rayado).

Una vez construido, enfoca el espectroscopio a la luz de los tubos fluorescentes del aula y a la luz natural. Describe ambos espectros y explica sus diferencias.

TELÉFONO DE HILO CASERO

Antes de construir el teléfono de hilo vamos a estudiar algunas propiedades y características del sonido. Conviene que antes hayas repasado la parte correspondiente al sonido de este plan de trabajo autónomo. Para construir el teléfono has de traer a clase el siguiente material:

- Dos vasos de plástico (de yogur, helado, etc.) con un orificio pequeño (cuanto más pequeño, mejor) en el centro del fondo.
- Varios palillos de dientes.
- Un hilo largo (al menos 4 m) y grueso.



Escuchando sonidos

- Con la clase en silencio, describe todos los sonidos que puedes oír.
- ¿Puedes determinar de dónde provienen?

Produciendo sonidos

- Pon los dedos sobre tu garganta y di «Aaaaaaa». ¿Puedes sentir algo en tus dedos?
- Emite una nota aguda y otra grave. ¿Notas alguna diferencia? ¿Por qué?
- Produce un sonido fuerte y otro débil. ¿Notas algo diferente? Describe la causa.
- Coloca ambos índices cerrando los conductos del oído. ¿Puedes escuchar algo? ¿Por qué?
- Golpea con un lápiz sobre diversos objetos. ¿Producen sonidos iguales o diferentes?
- Escuchamos muchos sonidos a nuestro alrededor. ¿Quién, o qué, los produce, y en qué circunstancias?

Construcción de un teléfono de hilo

- Para construir el teléfono de hilo se necesitan dos vasitos de plástico vacíos (cuanto más rígidos, mejor), dos palillos y un trozo largo de cuerda. Se construirá por parejas.
- Pasa la cuerda a través de cada uno de los agujeros del fondo de los vasos, atando un trozo de palillo en cada extremo de manera que los vasitos queden perfectamente unidos por la cuerda (véase figura).
- Píde a tu pareja que sostenga uno de los vasos en la mano y que hable claramente en su interior. Teniendo buen cuidado de que la cuerda esté bien tensada, pega bien el otro vaso a tu oreja. ¿Puedes escuchar algo?
- Afloja la tensión de la cuerda. ¿Qué sucede?
- Toca la cuerda mientras alguien está hablando por el «teléfono». ¿Qué ocurre?
- ¿Puedes emplear el teléfono alrededor de una esquina? ¿Qué ocurre cuando el hilo toca la pared?

Elabora un breve informe sobre el funcionamiento del teléfono de hilo y describe algunas características de la propagación del sonido.

MOVIENDO OBJETOS CON EL SONIDO

Puesto que las ondas propagan energía, podremos entonces mover algún objeto cuando sufra una perturbación que venga provocada, por ejemplo, por un sonido.

Material que se debe traer

Para hacer esta sencilla experiencia necesitaremos dos copas de vidrio y unos palillos.

Procedimiento

Si en una de ellas echamos un poco de agua, simplemente para mojar nos el dedo, el cual deslizaremos por su borde, y en la otra colocamos dos palillos sobre su borde (tal y como aparece en la fotografía) podremos ver cómo caen éstos cuando generamos un sonido agudo con la copa que frotamos.

Explicación

¿Qué ha sucedido? El sonido generado hace que vibre la copa vacía cuando se produce una frecuencia próxima a la frecuencia característica con la que ésta vibra. La copa que sostiene los palillos entra en resonancia y los palillos se mueven y caen.

Aplicaciones en nuestra vida cotidiana

Son muchas las ocasiones con las que nos encontramos con los fenómenos de resonancia. Veamos un par de casos:

- Las cajas de resonancia que tienen los instrumentos de cuerda con el fin de que se amplifique el sonido que se genera en las cuerdas, que es de muy baja intensidad.
- El estallido de una copa de cristal que a veces ocurre cuando una persona o un/a cantante de ópera da una nota aguda de gran sonoridad.

En este vídeo:

<http://goo.gl/pZaZrt> se pueden ver estos fenómenos y su explicación física.

Elabora un breve informe explicando lo que has observado y detalla qué aplicación podría tener en Educación Primaria.



Los sistemas de la Tierra

4



Actualmente se considera que la Tierra es un planeta activo, en continua transformación, formado por cuatro sistemas¹: la atmósfera, la hidrosfera, la geosfera y la biosfera. Estos sistemas interactúan entre sí, de modo que los cambios que se producen en uno de ellos afectan, en mayor o menor medida, a los demás. Además, se podría

considerar un subsistema adicional, el suelo, que representa una interfase, una «frontera» entre los cuatro anteriores. En este tema nos centraremos en estos sistemas con excepción de la biosfera, que se abordará en el Tomo 2.

Una vez leído el texto y realizadas las actividades propuestas, has de ser capaz de:

1. Enumerar y describir brevemente las capas de la atmósfera terrestre.

¹ Objeto cuyos componentes se relacionan entre sí.

2. Diferenciar los conceptos de «tiempo atmosférico» y «clima».
3. Interpretar un mapa meteorológico («del tiempo»).
4. Realizar medidas de las principales variables meteorológicas, interpretarlas y representarlas gráficamente.
5. Reconocer la problemática global que nos presenta la contaminación atmosférica y describir algunas medidas que podemos adoptar para paliarla.
6. Interpretar y representar la distribución del agua en la Tierra.
7. Interpretar y elaborar esquemas sobre el ciclo del agua.
8. Conocer los usos que la sociedad hace del agua y la importancia de su adecuada gestión.
9. Reconocer los principales grupos de rocas y minerales y explicar cómo se forman.
10. Valorar la importancia de los recursos presentes en la Tierra.
11. Valorar los riesgos naturales, en especial los terremotos, como amenazas para nuestras sociedades.
12. Distinguir los conceptos de «suelo» y «roca», y reconocer la importancia del suelo para la vida en la Tierra.
13. Reconocer e interpretar algunos elementos geomorfológicos sencillos, relacionándolos con los agentes geológicos externos.

Antes de comenzar, responde al cuestionario de conocimientos previos que encontrarás en la actividad 1 del anexo de este tema, con el fin de poder ubicarnos, a nivel de clase, en el contexto del conocimiento que tengamos sobre algunos fenómenos relacionados con los contenidos a estudiar.

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. Los sistemas de la Tierra.

1. LA ATMÓSFERA TERRESTRE

1.1. Composición y estructura

La atmósfera terrestre es una capa gaseosa de unos 1.000 km de espesor que envuelve a la Tierra. Su densidad va disminuyendo a medida que nos alejamos de la superficie del planeta. Su composición en volumen es, aproximadamente: nitrógeno (N_2): 78%; oxígeno (O_2): 21%; argón (Ar): 0,9%; dióxido de carbono (CO_2): 0,04%. También existen, en cantidades más pequeñas, neón (Ne), agua (en forma de vapor y líquida), polvo en suspensión, etc.

1. Representa en un diagrama de sectores la composición de la atmósfera.

La atmósfera terrestre desempeña un importante papel. Por ejemplo:

- Absorbe y retiene, en forma de energía, una parte del calor emitido por la Tierra, al ser calentada por el Sol (efecto invernadero).
- Provoca la desintegración de los meteoritos (casi todos) antes de alcanzar el suelo.
- Contiene gases indispensables para la vida, como el oxígeno y el dióxido de carbono.
- Permite el desplazamiento en su seno de masas de agua en estado líquido o de vapor (parte del ciclo del agua).

Suelen distinguirse varias capas en la atmósfera (figura 4.1), cuyas características principales son:

- La **troposfera** ocupa los primeros 12 km de altitud. En esta capa la atmósfera alcanza su máxima densidad, ya que aquí se concentran las tres cuartas partes del aire que contiene. En ella se producen los vientos, las nubes, la lluvia, etc. La temperatura del aire pasa de los 15 °C de media en su parte inferior a los -60 °C en su parte superior.
- La **estratosfera** se extiende desde los 12 hasta los 50 km de altitud. Hacia la mitad de la zona se forma la capa de ozono (O_3), en la que la temperatura aumenta con la altitud, desde -60 °C hasta 0 °C, debido a



Figura 4.1.—Capas de la atmósfera.

que el ozono absorbe radiación solar ultravioleta.

- La **mesosfera** abarca desde los 50 hasta los 80 km de altitud. En esta zona los gases no absorben radiaciones solares, y por eso la temperatura desciende hasta $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- La **termosfera**, también llamada ionosfera, se localiza entre los 80 y los 500 km de altitud. En ella los gases están bastante enrarecidos (las moléculas escasean, estando muy separadas entre sí), pero absorben las radiaciones solares más energéticas y perju-

diciales (rayos X y rayos γ), elevando la temperatura de la zona.

- La **exosfera** comienza a 500 km de altitud y contiene gases muy enrarecidos. Constituye la transición hacia el espacio exterior.
2. ¿Qué origina las variaciones de temperatura en la atmósfera?
 3. ¿Cómo te imaginas la Tierra si no tuviera atmósfera?

1.2. Presión atmosférica

En general, se define presión como la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie de un cuerpo. Matemáticamente:

$$P = \frac{F}{S}$$

La unidad de presión en el SI es, por tanto, el N/m^2 , que recibe el nombre de *pascal* (Pa). Como es una presión muy pequeña, en la vida corriente se utiliza mucho el kilopondio por centímetro cuadrado² (kp/cm^2). En ella se mide, por ejemplo, la presión de los neumáticos de los vehículos.

4. ¿Por qué para andar por la nieve se utilizan raquetas o esquís? Argumenta con rigor en el lenguaje.

Como, al fin y al cabo, vivimos en el fondo de un océano de aire, el peso de éste ejercerá sobre nosotros una presión llamada presión atmosférica. La diferencia con el océano de agua es que el aire es aproximadamente 1.000 veces menos denso que el agua y, por tanto, las presiones atmosféricas son mucho más débiles que las del océano de agua. La presión atmosférica al nivel del mar es aproximadamente 1 kp/cm^2 .

5. ¿Por qué piensas que los organismos vivos de la superficie terrestre no son aplastados por la presión atmosférica?

La primera medida del valor de la presión atmosférica la realizó Torricelli en el siglo XVII. Para ello tomó un tubo de 1 m cerrado por un extremo, lo llenó hasta el borde de mercurio y, tapándolo con el dedo, lo invirtió e introdujo dicho extremo en el mercurio de una cubeta, reti-

² Un kilopondio (kp) es el peso de 1 kg al nivel del mar. Equivale a 9,8 N.

rando el dedo. El mercurio del tubo bajó hasta quedar a una altura de 760 mm sobre el nivel del de la cubeta. Esta experiencia revela que la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie del mercurio de la cubeta es capaz de sostener, sin que caiga, una columna de mercurio de 760 mm de altura (figura 4.2).

6. ¿Qué ocurriría si realizáramos el experimento de Torricelli en la Luna?

La presión atmosférica se expresa corrientemente en unidades como atmósferas, milímetros de mercurio (mmHg), milibares (mb) y hectopascales (hPa). La relación entre ellas es:

$$1\text{ atm} = 760\text{ mmHg} = 1.013\text{ mb} = 1.013\text{ hPa}$$

Los aparatos que miden la presión atmosférica se llaman barómetros. Los más precisos son los de mercurio, basados en la experiencia de Torricelli. Los más corrientes y domésticos son los metálicos, basados en las deformaciones que sufre una caja metálica de paredes finas al variar la presión.

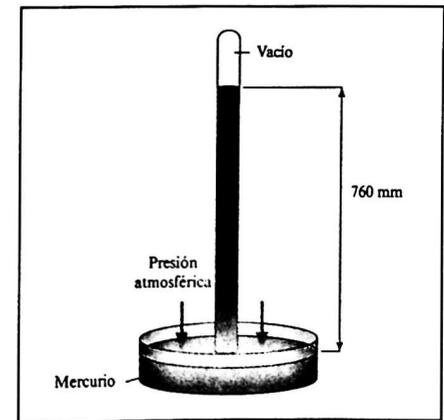


Figura 4.2.—Experimento de Torricelli.

Es evidente que al elevarnos desde el nivel del mar tendremos por encima un peso menor de aire y, por tanto, la presión irá bajando. De aquí se deduce que un barómetro puede servir para medir alturas. Se llaman entonces altímetros, muy utilizados en aviación, montañismo, etc.

1.3. Ciclones y anticiclones

El aire en contacto con la superficie de la Tierra suele variar de unas zonas a otras en cuanto a características de temperatura y de humedad. Se habla entonces de masas de aire de características diferentes, que originan desigualdades de presión entre las zonas sobre las que se encuentran.

- El aire caliente, al dilatarse y hacerse menos denso, tiene tendencia a elevarse. El fenómeno se acentúa si, además, es húmedo, todavía menos denso. En la superficie crearía un área de baja presión llamada *ciclón*.
- Inversamente, el aire frío es más denso y tiende a caer, originando una zona de alta presión llamada *anticiclón*.

En estas explicaciones, por «aire frío» debemos entender «el de menor temperatura», y por «aire caliente», «el de mayor temperatura. Así, una masa de aire a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sería la caliente si se encuentra con otra a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por otra parte, es muy habitual confundir los términos «ciclón» y «borrasca» cuando son muy diferentes. Una borrasca se forma cuando se cruzan dos frentes a diferente temperatura, y desaparece cuando las dos masas de aire terminan por mezclarse. Las borrascas, cuya duración oscila entre cinco y siete días (salvo excepciones), producen siempre inestabilidad atmosférica, dando lugar a la formación de nubes y tormentas que provocan precipitaciones al condensarse el vapor de agua atmosférico.

Si los datos de la presión, recogidos por numerosas estaciones meteorológicas de forma simultánea (y expresados como si todas ellas estu-

viesen a nivel del mar), se trasladan a un mapa y se unen con líneas los puntos de igual presión, tenemos un mapa de isobaras, base de cualquier mapa del tiempo (figura 4.3), donde se distinguen ciclones (B), anticiclones (A) y borrascas. Otros elementos que se señalan en los mapas del tiempo son los frentes fríos, los frentes cálidos y los frentes ocluidos (líneas con triángulos, líneas con semicírculos y líneas con triángulos y semicírculos, respectivamente), que son los límites de las masas de aire que se mueven a distinta temperatura en relación con la temperatura del aire que les rodea.

La circulación general del aire, debida al movimiento de rotación de la Tierra, origina que, a nivel de superficie, el movimiento del aire en los anticiclones lleve el mismo sentido de las agujas del reloj, y en los ciclones sentido contrario (todo ello en el hemisferio N, pues en el S los sentidos están invertidos). En una zona de baja presión se produce una circulación del aire en vertical en forma de corriente ascendente. Al mismo tiempo, los anticiclones originan una corriente descendente, que a nivel de suelo disipa el aire. El resultado es una circulación vertical cerrada (figura 4.4). Los ciclones, o zonas ciclónicas, funcionan, pues, como chimeneas por las que el aire asciende. Al elevar el aire facilitan a nivel del suelo el encuentro de masas de aire de características diferentes. Además, facilitan el enfriamiento de las

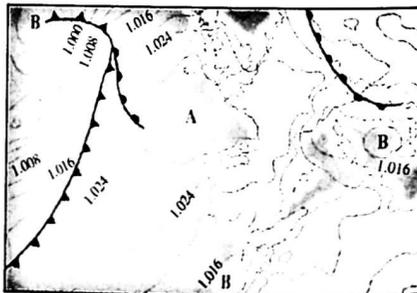


Figura 4.3.—Mapa del tiempo.

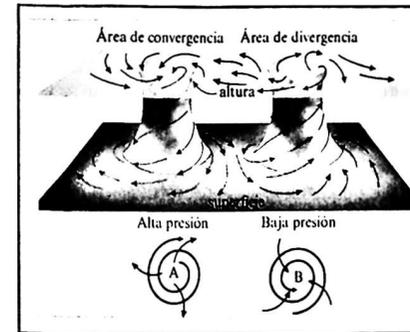


Figura 4.4.—Circulación de las corrientes.

masas de aire al ascender. Éstas son las dos razones por las que las zonas de bajas presiones llevan asociadas la formación de nubes y lluvia.

Anticiclones y ciclones no están inmóviles, sino que se desplazan y evolucionan hasta desaparecer. Surgen en el Atlántico y avanzan sobre Europa generalmente de O a E. Así pues, si estamos leyendo el barómetro, y la presión descende, es que se está acercando una situación ciclónica y el tiempo va a empeorar con nubes y lluvia. Por el contrario, si la presión se eleva o se mantiene elevada, estamos en situación anticiclónica, por lo que el tiempo será despejado y soleado (aunque a veces se formen nieblas).

7. Observa los siguientes mapas meteorológicos (figura 4.5). ¿Qué símbolos observas y qué crees que significan? ¿Cuál de ellos expresa un mejor tiempo en España? ¿Cuál crees que predice vientos más fuertes? Explica tus respuestas.

1.4. Nubes y lluvia

A una temperatura dada, un determinado volumen de aire puede contener una cantidad varia-

ble de vapor de agua, pudiendo llegar a alcanzar un máximo a partir del cual el vapor se condensa en forma de gotitas. Se dice entonces que el aire está saturado de vapor de agua, o que la humedad relativa es del 100%.

La saturación del aire depende de la temperatura. Si tenemos una masa de aire con las características representadas por el punto 1 (figura 4.6), es decir, a una temperatura T_1 y un contenido de vapor de agua C_1 , si disminuimos la temperatura llegaremos a las condiciones representadas por el punto 2, es decir, a T_2 y C_1 , en que el aire ya está saturado (2 se encuentra en la curva de saturación). A la temperatura T_2 , a la que hay que enfriar para que el aire alcance la saturación

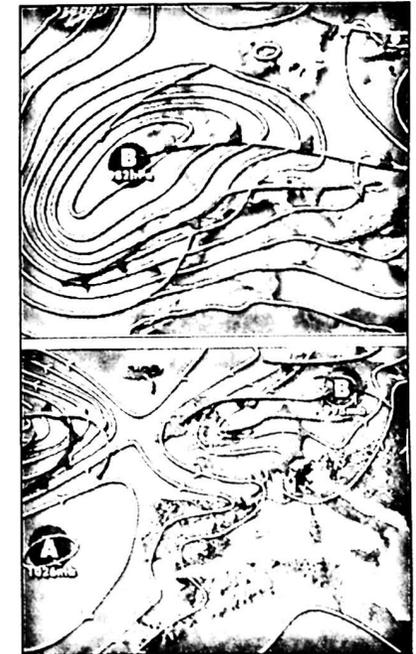


Figura 4.5.—Otros ejemplos de mapas meteorológicos.

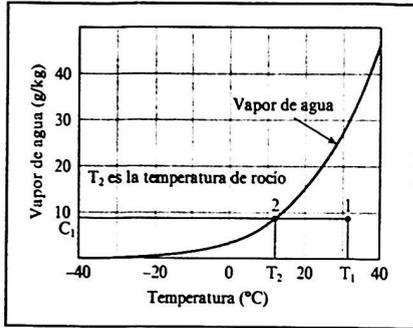


Figura 4.6.—Saturación del aire.

cúspide la temperatura es inferior a 0 °C se formarán allí pequeños cristales de hielo. Así pues, una nube es un conjunto de partículas minúsculas de agua líquida, o de hielo, o ambas, que se encuentran en suspensión en la atmósfera.

Cuando se produce un descenso brusco de la temperatura la condensación del vapor de agua de las nubes es más intensa, formándose gotas más grandes y pesadas. Entonces caen en forma de lluvia. Si la temperatura es lo suficientemente baja se forman cristalitas de hielo, que se unen entre ellos formando los copos de nieve.

En cambio, el granizo se forma en tiempo muy revuelto dentro de las grandes nubes de tormenta. Las gruesas gotas de agua, en lugar de caer, son empujadas por las violentas corrientes ascendentes dentro de la nube. En la cima se congelan, caen, vuelven a subir..., y el proceso puede repetirse, aumentando cada vez más de tamaño antes de caer a tierra.

1.5. Fenómenos eléctricos

- 10. ¿De dónde crees que viene la electricidad de una nube?

Las violentas corrientes de aire que recorren las nubes de tormenta hacen que las gotitas de agua y los cristalitas de hielo se electricen por rozamiento entre sí y con el aire. Unos quedan cargados positivamente y suelen ocupar la parte superior de la nube, y otros, con carga negativa, se colocan en la parte inferior (figura 4.7). El suelo debajo de la nube se carga, por inducción, con carga positiva.

La diferencia de potencial llega a ser tan elevada que la chispa eléctrica puede saltar entre nubes (relámpago), o entre una nube y la tierra, o viceversa (rayo). Dicha chispa, en un instante, calienta bruscamente el aire, que se expande produciendo un vacío. El aire que se precipita a llenar ese vacío produce una potente onda: el trueno (sonido acompañante).

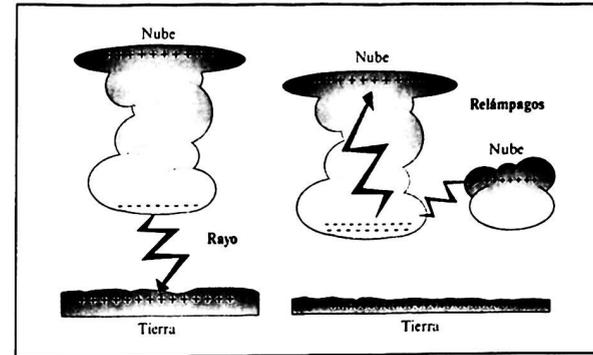


Figura 4.7.—Formación de los fenómenos eléctricos.

1.6. Tiempo atmosférico y clima

Es frecuente la confusión entre tiempo atmosférico y clima, pero se refieren a aspectos distintos de las características de la atmósfera en una determinada zona.

Llamamos tiempo atmosférico al estado de la atmósfera en un momento dado y en una zona determinada. Los meteorólogos, dedicados al estudio de la atmósfera, elaboran predicciones del tiempo atmosférico, a corto plazo, a partir de información procedente de estaciones meteorológicas y satélites artificiales. Para elaborarla se utilizan los siguientes aparatos (figura 4.8):

- **Barómetro.** Ya mencionado más arriba.
- **Higrómetro.** Mide la cantidad de vapor de agua que contiene el aire (humedad relativa). Se expresa en porcentaje respecto al aire saturado (una humedad del 50% significa que el aire contiene la mitad de vapor de agua de lo que podría).
- **Termómetro.** Se emplea para medir la temperatura del aire. Se recogen, generalmente, las temperaturas máxima y mínima de cada día, y se expresan en grados centígrados (°C).
- **Pluviómetro.** Es un recipiente para medir la cantidad de lluvia caída. El resultado se expresa en L/m².

Cuando una masa de aire asciende, ya sea por calentamiento local, empujada por algún frente u obligada por montañas, se va enfriando hasta que, al llegar a una determinada altura, alcanza su temperatura de rocío y el vapor de agua comienza a condensarse en pequeñas gotitas que se forman en la superficie de las pequeñas partículas sólidas que se encuentran en suspensión en la atmósfera, formándose una nube (el vaho en los días fríos se explica del mismo modo). La nube va creciendo sobre todo hacia arriba, y si en su

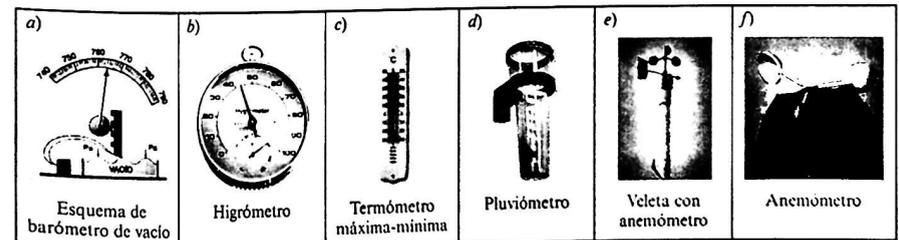


Figura 4.8.—Aparatos de medición del tiempo atmosférico.

- **Veleta.** Señala la dirección y el sentido del viento (de dónde procede: norte, suroeste, etcétera). Suele ir acompañada de una rosa de los vientos, con los puntos cardinales.
- **Anemómetro.** Es un instrumento que mide la velocidad del viento.

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan a una determinada región durante un amplio intervalo de tiempo. Como puedes observar, la diferencia principal entre tiempo atmosférico y clima radica en la escala de tiempo. Hablamos de tiempo atmosférico para breves periodos de tiempo (horas, días), y de clima si nos referimos a intervalos grandes (años). Otra diferencia es que el tiempo atmosférico se refiere a un punto sobre la Tierra (pequeña área a lo sumo), mientras que el clima hace referencia a una zona más amplia.

Para estudiar el clima de una región hay que recoger datos durante muchos años. Las conclusiones finales se expresan en función de los valores medios de estos datos. Suelen representarse en gráficas llamadas climogramas (figura 4.9).

La línea curva representa la **temperatura media mensual**. La gráfica de barras indica el **volumen medio de precipitaciones** durante cada mes del año (eje horizontal). Observa que se expresan en milímetros, ¡que no es una unidad de volumen! Para expresarlo en L/m^2 debemos tener en cuenta que la superficie de la boca de un pluviómetro estándar es de 100 cm^2 . Con esto es fácil deducir que cada milímetro ($0,1\text{ cm}$) recogido por los 100 cm^2 supone un volumen:

$$V = 100\text{ cm}^2 \cdot 0,1\text{ cm} = 10\text{ cm}^3$$

Por tanto, en 1 m^2 (10.000 cm^2) se recogería un volumen 100 veces mayor:

$$V = 100 \cdot 10\text{ cm}^3 = 1.000\text{ cm}^3 (1\text{ L})$$

Se concluye, pues, que cada milímetro equivale a $1\text{ L}/m^2$.

El climograma de la figura 4.9 es característico de una región en la que los inviernos son lluviosos y templados y los veranos secos y calurosos.

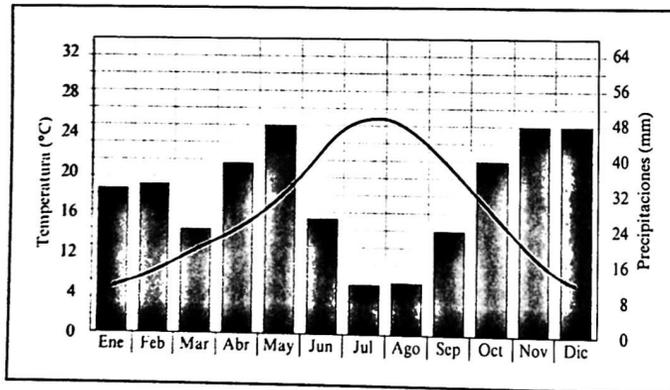


Figura 4.9.—Climograma.

11. En las imágenes inferiores (figura 4.10) te presentamos los principales climas de España, y los climogramas de dos de ellos: el clima mediterráneo y el clima oceánico. ¿Cuál de los climogramas corresponde a cada uno?

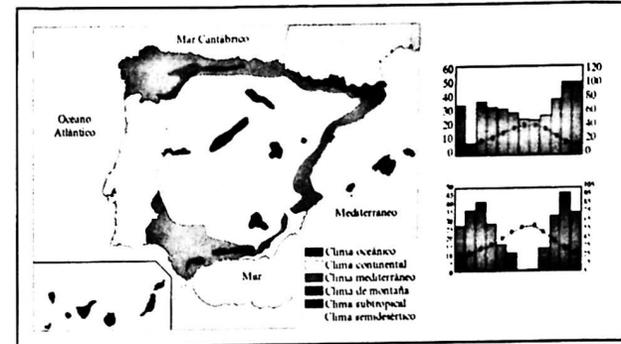


Figura 4.10.—Climas de España y dos ejemplos de climogramas.

1.7. La contaminación atmosférica y sus efectos

La contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos.

Aunque puede ocurrir por causas naturales, como las erupciones volcánicas, los incendios forestales no provocados o la actividad de algunos seres vivos, la mayor parte de la contaminación actual (la más constante y dañina) se debe a las actividades del ser humano, sobre todo a los procesos industriales y a la quema de combustibles fósiles.

Principales sustancias contaminantes

Las principales sustancias que el ser humano emite al aire son gases nocivos y partículas sólidas o líquidas:

- Los *gases*. Los principales son los óxidos de azufre y de nitrógeno, el metano, los CFC

(gases presentes en los frigoríficos, los aerosoles y los aparatos de aire acondicionado), el monóxido de carbono y el CO_2 ³.

- Las *partículas*. Las más nocivas son los humos y las cenizas generados en las combustiones, los humos que escapan de ciertas industrias químicas o el polvo de las explotaciones mineras.

Las contaminaciones acústica y lumínica

La presencia en la atmósfera de ruidos muy fuertes o persistentes se denomina contaminación acústica. También altera la atmósfera la excesiva luz artificial emitida durante la noche; es la denominada contaminación lumínica.

³ El CO_2 , como se verá más adelante, no es propiamente un contaminante. Sólo lo es a concentraciones elevadas.

Efectos de la contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica tiene efectos perjudiciales sobre algunos aspectos del medio ambiente:

- **Efectos en el clima.** El dióxido de carbono, CO₂, no es un contaminante, puesto que forma parte de la atmósfera y participa en los ciclos naturales. Sin embargo, un aumento rápido de su concentración, como el que se está produciendo por la quema de los combustibles fósiles, está incrementando el efecto invernadero natural, lo que elevará la temperatura media del planeta y puede desencadenar un cambio climático de consecuencias imprevisibles. Es muy importante no seguir incrementando su concentración.
- **Efectos en la biosfera.** Algunos gases, como los CFC, reaccionan con el ozono estratosférico y disminuyen su concentración, lo que permite la llegada a la superficie terrestre de más radiaciones ultravioleta, muy nocivas para la vida. Además, hay gases contaminantes, como los óxidos de nitrógeno y los de azufre, que se disuelven en el vapor de agua de la atmósfera y producen ácidos corrosivos. Transportados por las nubes, y disueltos en las gotitas que las forman, dañan los ecosistemas cuando caen a tierra (lluvia ácida).
- **Efectos en la salud de las personas.** Algunos gases causan alergias o son tóxicos para las personas, causando la irritación de los ojos y de las vías respiratorias. Las partículas de humo y de polvo también entran en nuestros pulmones y causan daños, a veces muy serios.
- **Efectos en los materiales.** Las partículas de humo y ciertos gases contaminantes, solos o disueltos en el agua de lluvia, pueden deteriorar muchos de los materiales con los que fabricamos objetos y edificios.

Conocemos bien los efectos, muy perjudiciales, que tiene la contaminación atmosférica sobre nuestra salud y la del resto de seres vivos. La humanidad es responsable, en gran medida, de todas estas alteraciones; por tanto, seremos unos insensatos si no tomamos medidas a tiempo para evitarlas.

Tenemos la obligación de utilizar de forma razonable los recursos de la Tierra y velar por la salud del medio ambiente. Dicho de otro modo, debemos adoptar un modelo de desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible es un modelo de desarrollo que pretende garantizar las necesidades de las generaciones presentes sin amenazar las de las generaciones futuras.

ACTIVIDAD 2: Oscurcimiento global *versus* efecto invernadero.

2. LA HIDROSFERA

2.1. La hidrosfera y la vida

La **hidrosfera** o **hidrósfera** (esfera del agua) describe el sistema material formado por el agua que se encuentra bajo y sobre la superficie de la Tierra. Incluye, por tanto, los océanos, mares, ríos, lagos, el hielo o la nieve, pero también el agua que está en las aguas subterráneas, en el aire (en forma de vapor que no se ve), en las nubes y en los seres vivos. También hay agua formando parte de los minerales y rocas, aunque ésta no suele considerarse integrante de la hidrosfera.

La Tierra es el único planeta del Sistema Solar cubierto por agua. El 70% de la superficie del planeta es océano, con 1,6 kilómetros de profundidad media. En nuestro Sistema Solar hay otros planetas que tienen nubes, pero son de amoníaco, metano y otras sustancias.

Todos los seres vivos tenemos agua en nuestra composición. Por tanto, donde hay agua existe posibilidad de desarrollo de vida. Así, para inda-

gar acerca de la posibilidad de vida en algún planeta, los científicos buscan agua. En estos momentos se sabe que no hay ningún planeta del Sistema Solar que albergue vida, pero no se ha descartado que la haya habido en otros momentos históricos en Marte, o en las lunas heladas de Júpiter y de Saturno. En la actualidad, para intentar hallar planetas fuera del Sistema Solar (exoplanetas) que pudieran albergar vida, lo que se busca son planetas que estén a una distancia de su estrella en el margen para que, en caso de haber agua, ésta pudiera estar en estado líquido.

12. Encuentra qué porcentaje de agua hay en:
a) un hombre adulto, b) una mujer adulta, c) un recién nacido, d) una medusa, e) un elefante, f) la espinaca y g) un tomate.

2.2. Los recursos hídricos

Aunque el agua de la Tierra se está moviendo y cambiando de estado constantemente, su cantidad total permanece constante⁴. Esto quiere decir que hoy tenemos la misma agua que existía hace millones de años en la Tierra. ¡Es muy posible que alguna de las moléculas del agua que hoy has bebido haya formado parte del baño de una cría de dinosaurio hace cientos de millones de años!

El agua se encuentra en nuestro planeta en los tres estados: como líquido, como sólido (hielo y nieve) y como gas (vapor de agua) en la atmósfera (tabla 4.1). Migra de unos depósitos a otros por procesos de cambio de estado y de transporte, que, en conjunto, configuran el ciclo hidrológico o ciclo del agua, fundamental para la vida en el planeta.

TABLA 4.1

Distribución del agua en la Tierra

Estado	Distribución del agua	Salinidad	Volumen del agua en kilómetros cúbicos	Porcentaje de agua total
Líquido	Océanos y mares	Salada	1.338.000.000	96,5
Sólido	Capas de hielo, glaciares	Dulce	24.364.000	1,762
Líquido	Agua subterránea salada	Salada	12.870.000	0,94
Líquido	Agua subterránea dulce	Dulce	10.530.000	0,76
Líquido	Lagos de agua salada	Salada	85.400	0,006
Líquido	Lagos de agua dulce	Dulce	91.000	0,007
Líquido	Humedad del suelo	Dulce	16.500	0,001
Vapor y líquido	Atmósfera	Dulce	12.900	0,001
Líquido	Embalses	Dulce	11.470	0,0008
Líquido	Ríos	Dulce	2.120	0,0002
Líquido	Seres vivos	Dulce	1.120	0,0001
	Volumen total de agua «libre»		1.386.000.000	100
Combinada con otros elementos	En la geosfera, formando parte de los minerales y rocas. Las estimaciones oscilan entre 2 y 100 veces el total de agua en la hidrosfera y atmósfera.			

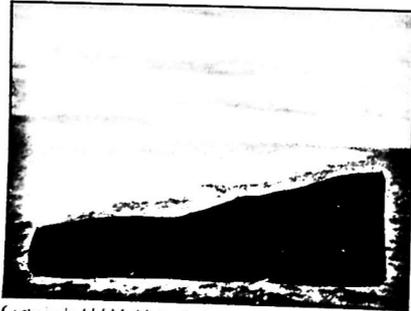
⁴ Realmente hay una pequeña cantidad que se va perdiendo hacia el espacio exterior.

13. A partir de la tabla anterior, calcula qué porcentaje de agua dulce y salada hay en la Tierra.

2.3. El agua dulce en la Tierra

Para nosotros, la diferenciación del agua en dulce o salada es esencial, ya que sólo la dulce nos resulta aprovechable. El ser humano necesita sal para vivir, pero sólo en cantidades mínimas.

14. Indaga en las consecuencias que tiene, para el ser humano, beber agua con un contenido de sal superior a la del agua dulce.
15. La salinidad, junto con los sedimentos, también tienen un efecto sobre su color. Fíjate en la siguiente foto en la que el Mar del Golfo de Alaska se encuentra con el agua de los glaciares de la costa. La diferencia de salinidad y densidad del agua impide que se mezclen de una manera eficiente, permitiendo fotografías como ésta. ¿Sabrías decir a qué color corresponde cada tipo de agua?



Cortesía de A.L.L.P. Medio Ambiente

La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en una cantidad de agua. De estas sales, el cloruro de sodio, conocido como sal común, constituye por sí sola el 80 por ciento de las sales.

El restante 20 por ciento corresponde a sulfatos, carbonatos y otros cloruros, como el de potasio, fundamentalmente.

La salinidad se suele expresar en tanto por ciento (%) o en gramos por litro (g/l), de modo que una salinidad del 3%, por ejemplo, equivale a 30 g/l. La salinidad de la mayor parte de océanos y mares oscila entre el 3% y el 5%.

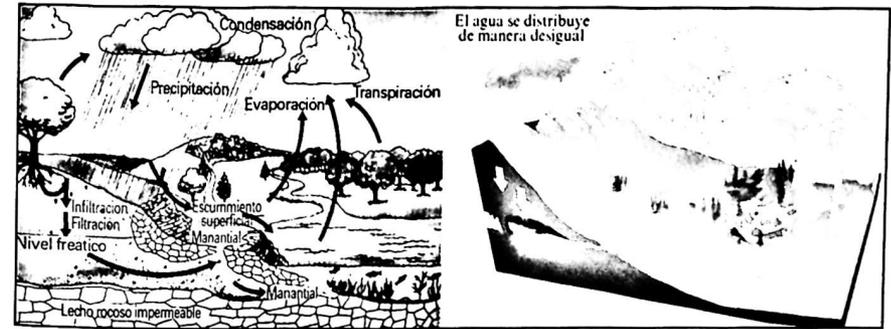
Como puedes comprobar en la tabla 4.1, el porcentaje de agua dulce sobre el total es de un 2,53%. De este porcentaje, el 1,8% está en forma de hielo en los casquetes y glaciares, y una fracción importante de las aguas subterráneas no se puede extraer por la profundidad, o no se debe extraer por el tiempo necesario para su recarga. Si restamos además el agua de los suelos, la atmosférica y la de los seres vivos, queda un exiguuo 0,007% disponible para el ser humano. De ahí la importancia de su buen uso.

16. Construye a partir de los datos de la tabla 4.1 un gráfico de barras.
17. Busca información sobre el vertido de residuos radiactivos en los fondos oceánicos.
18. Busca un mapamundi de salinidad y responde qué océanos son más salinos y cuáles menos. ¿Encuentras alguna razón poderosa para esta variación?

2.4. El ciclo del agua

El ciclo del agua, o ciclo hidrológico, es el continuo intercambio de agua en la hidrosfera, entre la atmósfera, el agua superficial y subterránea, y los organismos vivos. En este ciclo permanecen invariables las moléculas de agua, y lo que cambia son las uniones entre las mismas. Se trata, pues, de un proceso físico. También hay un intercambio de agua con la geosfera, que obviamos aquí.

19. Critica, desde una perspectiva docente, las siguientes imágenes sobre el ciclo del agua.



El agua cambia constantemente su posición de una parte a otra de la naturaleza, implicando los siguientes procesos físicos:

- El Sol dirige el ciclo calentando el agua de los océanos. Gracias a este aporte de energía, parte del agua se **evapora** y queda en forma de vapor de agua en la atmósfera. También el hielo y la nieve pueden **sublimar** directamente a vapor de agua. El agua procedente de la evapotranspiración (**transpiración** de los seres vivos y **evaporación** del suelo) también forma parte del vapor de agua de la atmósfera.
- El vapor asciende con el aire, y la disminución de temperatura ocasiona que se **condense**, dando lugar a las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes alrededor del globo terráqueo. El agua de las nubes vuelve a la superficie en forma líquida —como lluvia— o sólida —nieve o granizo—. El rocío, la niebla o las brumas también son fenómenos de condensación sobre la superficie terrestre.
- La mayor parte de la **precipitación** cae sobre los océanos. Si lo hace sobre la tierra, debido a la gravedad, fluye sobre la superficie (**escorrentías**) y forma los ríos y

torrentes, y finalmente termina en los océanos.

- Otra parte de las precipitaciones se **infiltra** en la tierra, dando lugar a las **aguas subterráneas**. De este modo se forman los **acuíferos**, normalmente constituidos por rocas con huecos (poros o fracturas) que son ocupados por agua. Cuando la parte superior de un acuífero toca la superficie tenemos los **manantiales** o los mismos cauces de los ríos.
- Tanto las aguas superficiales como las subterráneas fluyen hacia las zonas más deprimidas, que, generalmente, corresponden con los océanos, volviendo al inicio de nuestra explicación.

Dentro de los océanos también hay grandes movimientos de agua, determinados por cambios de densidad y controlados a su vez por la salinidad y la temperatura del agua (a mayor salinidad y menor temperatura, mayor densidad). Estos movimientos, que pueden ser tanto horizontales como verticales, se llaman corrientes (figura 4.11), y son muy importantes para comprender fenómenos como la distribución de la vida en los océanos, el clima terrestre, los efectos del deshielo de los polos y el calentamiento global del planeta.



Figura 4.11.—Grandes corrientes oceánicas.

ACTIVIDAD 3: El ciclo del agua a través del cuento.

20. Diseña un modelo para trabajar los conceptos de acuífero, nivel freático y porosidad.
21. Crea un mapa conceptual con los siguientes términos: evaporación, nieve, condensación, ciclo del agua, precipitación, lluvia, transpiración y granizo.
22. Realiza en tu casa esta sencilla experiencia para comprobar la relación que hay entre salinidad y densidad del agua. Introduce un huevo en agua del grifo y comprueba que el huevo se hunde. A continuación, ve agregando poco a poco sal al agua y observa lo que le pasa al huevo. ¿Cuál es el motivo por el que ahora el huevo flota?

2.5. La gestión del agua

Llamamos gestión del agua al proceso de optimización de los recursos hídricos, dada la escasez de agua dulce en la naturaleza.

El ser humano necesita agua para su alimentación e higiene (uso doméstico), pero también para la industria y, sobre todo, para la agricultura.

23. ¿Qué es la huella hídrica? Indaga en el valor estimado de la huella hídrica de distintas poblaciones. ¿Qué razones encuentras para esta variación?
24. Adquiere información acerca de cuáles son las fuentes de agua potable en tu localidad.

25. A partir de los datos de la siguiente tabla: a) construye un diagrama de barras; b) ¿cuántos litros gasta cada habitante de la casa en cada uso si el consumo total es de 200 litros por persona y día?, y c) ¿cuánto gastarán dos personas en una semana en litros totales?

Uso	W.C.	Higiene personal	Limpieza	Cocina	Ropa
Consumo (en %)	32	28	7	15	18

Aunque toda el agua que necesitamos ha de ser dulce, las distintas aplicaciones requieren diferentes calidades. Así, el uso agrícola es el menos exigente; pueden utilizarse con este fin incluso aguas residuales de las ciudades, una vez depuradas. El consumo humano es el que requiere la máxima calidad: el agua potable (salinidad por debajo del 0,05 %, sin gérmenes patógenos o sustancias tóxicas, con suficiente calidad organoléptica, etc.).

Las aguas pueden contener tres tipos de impurezas:

- **Iones disueltos**, como los de calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), bicarbonato (HCO_3^-) o el cloro (Cl^-). Se incorporan fundamentalmente por procesos naturales de interacción con las rocas.
- **Sólidos en suspensión**, responsables de la turbidez. Se pueden eliminar por sedimentación y filtración.
- **Gérmenes patógenos**, como los que provocan las fiebres tifoideas o el cólera. Se eliminan añadiendo pequeñas cantidades de cloro (Cl_2), o mejor aún con radiación ultravioleta, que mata las bacterias y no contamina.

El uso del agua por el ser humano termina por contaminarla: bacterias, virus, materia orgánica, detergentes y otros productos, en los hogares; sustancias muy diversas, algunas de ellas muy tóxicas, en las industrias, así como abonos y plaguicidas en la agricultura.

La gestión del agua potable se puede sintetizar como sigue:

- El proceso por el que las aguas dulces (superficiales o subterráneas) se transforman

en aguas potables, aptas para el uso y consumo humano, se conoce como **potabilización**, lo que se lleva a cabo en las **instalaciones o plantas potabilizadoras**. En zonas de escasez de agua dulce se puede partir de agua de mar, gracias a un costoso proceso llamado **desalinización**. Dicho proceso tiene varias desventajas, entre ellas que requiere una gran cantidad de energía.

- El agua, una vez consumida o usada en nuestras actividades, se denomina **agua residual**. Debemos descontaminar las aguas residuales, antes de ser vertidas en las fuentes de agua dulce, lo que se lleva a cabo en las **instalaciones o plantas depuradoras** de aguas residuales. En ellas, por procesos físicos y bioquímicos, se separan del agua las partículas sólidas en suspensión y otras sustancias disueltas, y se eliminan patógenos. El residuo de la depuración son lodos que, una vez tratados en la depuradora, se desecan y se utilizan para fabricar abono (compost).

ACTIVIDAD 4: Análisis de prueba PISA relacionada con el agua potable.

26. Busca un mapa del mundo sobre el uso del agua e indaga en qué posición queda España (por ejemplo, <http://goo.gl/z4ErNs>). ¿Crees que deberíamos intentar ahorrar agua en nuestro país?

27. Lee el siguiente informe (<http://goo.gl/ddWFFM>) sobre el precio del agua en España. Reflexiona sobre si es cara o barata, y compara la media nacional con la de tu ciudad.

3. LA GEOSFERA

3.1. Minerales y rocas: nociones generales

La geosfera corresponde a la parte de la Tierra que queda «bajo nuestros pies». Está constituida por tres capas de desigual composición y grosor: corteza (entre 5 y 70 km de espesor), manto (2.900 km) y núcleo (3.486 km). Lo que conocemos mejor es la corteza, y al manto se ha podido acceder sólo en ocasiones muy puntuales. El núcleo, sin embargo, nos es totalmente inaccesible. Casi toda la información que tenemos sobre el manto, y todo lo que conocemos del núcleo, se ha obtenido por métodos indirectos.

La geosfera está formada por minerales y rocas (las rocas, generalmente, están constituidas por minerales). El estudio de rocas y minerales se justifica, entre otras razones, porque la humanidad, desde sus albores, los ha utilizado como recursos imprescindibles en el desarrollo de las sociedades.

Un mineral es una sustancia sólida, normalmente cristalina, formada por un proceso geológico o biogeoquímico.

El concepto de sustancia implica una composición química definida. Así, por ejemplo, el cuarzo, uno de los minerales más abundantes, responde a la fórmula SiO_2 . Son muy frecuentes, no obstante, los minerales en los que los elementos químicos que los conforman no están en una cantidad precisa, sino en un rango de valores. Por ejemplo, el oro nativo, un mineral muy valorado económicamente, está formado por oro (Au) y por plata (Ag), esta última en una proporción entre el 0 y el 20%.

Los minerales son producto de procesos naturales. Tradicionalmente sólo se consideraban los formados en procesos geológicos en la Tierra, pero también se podrían incluir los que se originan en otros cuerpos celestes. En la actualidad, además, se tiende a considerar minerales a ciertos productos de la actividad biológica (biominerales), como las conchas, huesos y dientes (carbonatos y fosfatos) de algunos seres vivos. Esto nos muestra una importante evidencia: la Tierra, como planeta, tiene una gran influencia en los seres vivos, pero los seres vivos condicionan enormemente al planeta.

La inmensa mayoría de los minerales tienen estructura cristalina, son cristales. Es decir, los átomos⁵ que forman el mineral están ordenados, existiendo unas unidades mínimas con una determinada forma poliédrica que se repiten periódicamente en el espacio.

28. Las siguientes dos imágenes (figura 4.12) representan la estructura cristalina del mineral halita. Este mineral es el equivalente natural de la sal común. Comenta ambas imágenes e indica cuál piensas que es la más cercana a la realidad⁶.

«Cristal» es una palabra polisémica. En el contexto de la ciencia escolar es muy habitual la acepción de cristal que hace referencia a los minerales que adquieren formas externas poliédricas, con superficies planas llamadas caras cristalinicas. Éstas son manifestaciones macroscópicas del ordenamiento interno del mineral en cuestión. No siempre están o son observables, a veces por el pequeño tamaño de los granos cristalinicos, o debido a que cuando se formó el mineral no disponía de espacio suficiente para su desarrollo.

⁵ O iones (átomos cargados eléctricamente).

⁶ Corresponden a dos formas distintas de realizar modelos de cristales que encontramos en libros y páginas de Internet. Cada una tiene sus pros y contras de cara a la enseñanza de estos tópicos.

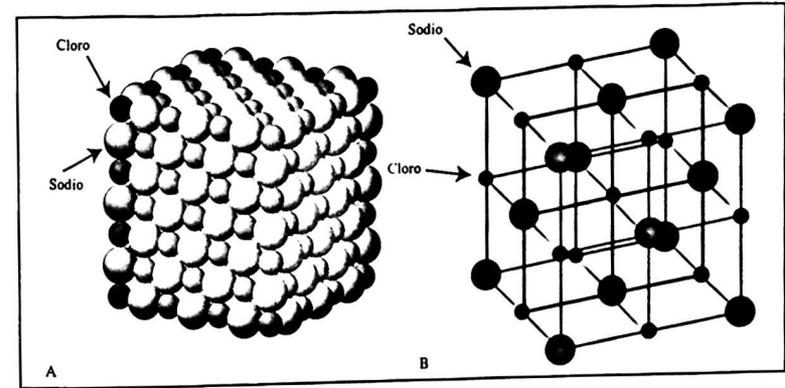


Figura 4.12.—Estructura cristalina de la halita.

29. Las imágenes A y B de la figura 4.13 corresponden a estructuras cristalinas de dos minerales constituidos únicamente por átomos de carbono. ¿De qué minerales se trata? ¿Tienen las mismas propiedades físicas? ¿Podrías explicarlo basándote en las estructuras cristalinas? ¿A qué conclusiones puedes llegar sobre de qué dependen las propiedades de los minerales?
30. La imagen C corresponde a una imagen de microscopio muy ampliada de uno de los dos minerales anteriores. ¿Cuál piensas que es? ¿Qué representarían las zonas oscuras? ¿Y las claras? Revisa la respuesta a la cuestión 28 según lo abordado aquí.

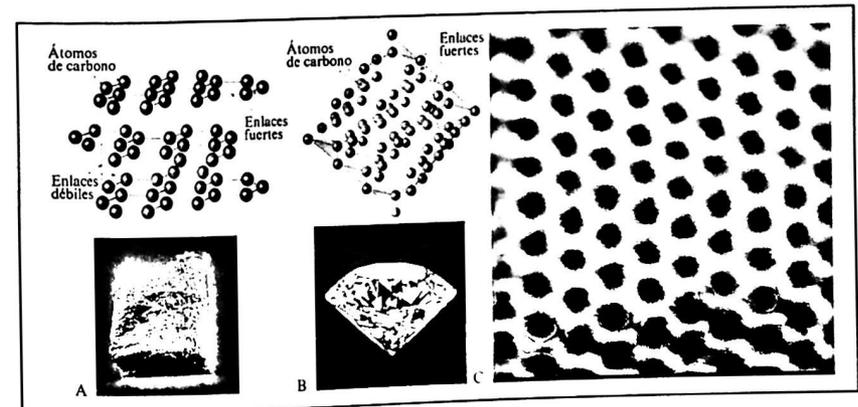


Figura 4.13.—(A y B) Estructura cristalina de dos minerales compuestos de carbono. (C) Imagen tomada con un microscopio de fuerza atómica de uno de los dos anteriores minerales.

En el contexto cotidiano, se suele llamar cristal a lo que tenemos en las ventanas o las botellas, aunque desde el punto de vista científico lo correcto sería denominarlo vidrio. Un vidrio es un material cuyos átomos no están ordenados. Aquí, por tanto, cabría hablar de interferencia del lenguaje cotidiano con el científico, uno de los problemas para el aprendizaje de las ciencias.

La estructura cristalina, junto con la composición química, son los que condicionan las propiedades físicas y químicas de los minerales.

31. ¿Qué relación guardan los minerales y las rocas? Construye una analogía⁷ para su enseñanza en E. Primaria, indicando objeto y análogo.
32. En el capítulo 2 estudiaste la clasificación de la materia. Pero, ¿cómo encajarían los materiales terrestres en esta clasificación? Realiza un mapa conceptual con los siguientes términos para determinar las relaciones entre contenidos propios de la química y de la geología: en a) cristal; b) iones disueltos; c) magma; d) materia; e) mineral; f) minerales preexistentes; g) mezcla de sustancias; h) roca; i) roca ígnea; j) roca metamórfica; k) roca sedimentaria; l) silicatos; m) sustancia; n) sustancia compuesta; o) sustancia simple.

Ambos factores se utilizan también para la clasificación de los minerales, considerándose actualmente diez grupos minerales que incluyen las casi 4.800 especies minerales conocidas. La abundancia de los minerales y grupos minerales es muy desigual. Así, el grupo de los silicatos (constituido a base de Si y O) es el más abundante, con mucha diferencia, en la corteza y en el manto de la Tierra. En la corteza, el grupo mineral que le sigue en abundancia es el de los carbonatos.

⁷ Para más información sobre esta importante herramienta didáctica puedes consultar la actividad de aula 5 del tema 2.

3.2. Tipos de rocas

Aclarado el concepto de cristal y mineral, el siguiente a analizar es el de roca, que podríamos definir como un *agregado de minerales, o materias similares a los minerales*⁸, formado en un proceso natural. Las rocas se clasifican, según el tipo de proceso natural que las origina, en ígneas o magmáticas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas son aquellas formadas por la cristalización de un magma, a temperaturas entre los 1.200° y 750 °C. Se suelen enseñar en primer lugar porque el origen de parte de ellas se relaciona con uno de los fenómenos más espectaculares de la naturaleza, y potencialmente más atractivos para el alumnado de Educación Primaria: el vulcanismo.

33. ¿Cómo influye en las características de una roca que se forma a partir de un magma el que se enfríe en la superficie (o cerca de ella) o lo haga en el interior de la Tierra, a varios kilómetros de la superficie? Describe una experiencia que pudiera ayudar a mostrar y explicar las diferencias observadas.

Además de las rocas volcánicas (formadas en la superficie o cerca de ellas), el otro subtipo corresponde a las rocas plutónicas. En este caso el magma cristaliza en el interior de la Tierra, a profundidades entre los 100 y los 5 km aproximadamente. La cristalización se produce, en contraposición con las volcánicas, por un enfriamiento muy lento (puede durar unos 100.000 años!), lo que condiciona que rocas volcánicas y plutónicas tengan una textura (disposición de los granos minerales) muy diferente y reconocible a simple vista; en las rocas plutónicas los granos minerales se aprecian a simple vista, mientras que en las rocas volcánicas, en toda o en gran parte de la roca, los

⁸ Sería, por ejemplo, el caso del carbón. Es considerado una roca, pero no está formado estrictamente por minerales.

granos minerales son microscópicos, o incluso inexistentes en el caso del vidrio volcánico.

El otro factor que condiciona la tipología de las rocas ígneas es su composición. En la tabla 4.2 se presentan las rocas ígneas más importantes en función del proceso de cristalización y de la composición química.

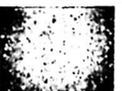
34. Según la información de la tabla 4.2, discute la veracidad de las dos afirmaciones siguientes: a) los basaltos se forman a menor temperatura que las riolitas, y b) el granito se forma sobre la superficie terrestre. Redacta dos cuestiones diferentes a las anteriores, pero con estructura equivalente, que

puedan responderse con la información contenida en dicha tabla.

35. ¿Cómo es posible que ascienda a la superficie el magma que va a dar lugar a los volcanes y rocas volcánicas, que sabemos que tienen una densidad similar a las rocas de la corteza?

Los volcanes y las erupciones volcánicas presentan considerable diversidad en formas y localizaciones. Las mayores emisiones de material volcánico, con diferencia, ocurren debajo del mar, en las dorsales oceánicas. En cada volcán el magma procedente del interior da lugar a una cantidad variable de los siguientes materiales: lava (silicatos

TABLA 4.2
Clasificación de las rocas ígneas

Composición química		Ácida	Intermedia	Básica	Ultrabásica	
		← 75% Aumento de sílice (SiO ₂) 40% →				
Minerales dominantes		Cuarzo, feldspato potásico, plagioclasa rica en Na y Ca	Anfibol, plagioclasa rica en Na y Ca	Piroxeno, plagioclasa rica en Ca	Olivino, piroxeno	
Color de la roca		0% a 25% 25% a 45% 45% a 85%				
Temperatura de formación		700 °C Temperatura 1.200 °C →				
Textura	Grano grueso		Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Grano fino		Riolita	Andesita	Basalto	Komatiita (poco común)

Nota. Existen otras texturas: porfídica (con grandes cristales), piroclástica (formada por piroclastos) o vítrea (sin cristales), que dan nombres específicos a las rocas. Son todas volcánicas excepto la primera, que también puede darse en rocas plutónicas.

en estado líquido), **sólidos** (porciones de magma ya solidificado llamados piroclastos) y gases.

Las erupciones volcánicas constituyen uno de nuestros grandes riesgos naturales, pero no sólo por la lava, sino por los terremotos asociados y, sobre todo, por los gases y sólidos que emiten, que pueden tener efectos catastróficos (la erupción del Vesubio en el siglo I d.C. aniquiló las poblaciones de Pompeya y Herculano).

Los gases son los que permiten el ascenso del magma, al dejar de estar disueltos en dicho magma. Son mayoritariamente vapor de agua y, en menor medida, dióxido de carbono y otros gases. Se encuentran detrás de la formación de la hidrosfera, parte de la atmósfera y han tenido y tienen gran influencia sobre el clima terrestre.

Finalmente, cabe señalar que la composición de la lava, en especial su contenido en sílice, condiciona drásticamente su viscosidad (mayor contenido en sílice, mayor viscosidad) y, con ello, la forma de los volcanes.

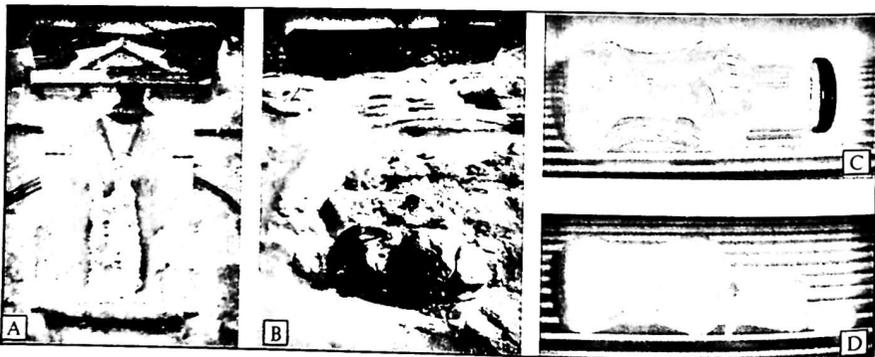


Figura 4.14.

Las **rocas sedimentarias** (tabla 4.3) se forman gracias a procesos geológicos externos originados por la energía que llega del Sol. Aunque las rocas sedimentarias se forman bajo la superficie de la Tierra, hasta alrededor de unos 5 kilómetros de

profundidad, su génesis parte de la superficie terrestre, siendo imprescindible la intervención de la *atmósfera* y la *hidrosfera*. Así, los **agentes geológicos externos**, es decir, el agua en sus distintas formas (*hielo; agua de lluvia, que corre por la su-*

36. Argumenta cómo influirá la composición del magma en la forma del volcán y el tipo de erupción volcánica. Busca información sobre los tipos de volcanes que aparecen sobre los continentes y relacionala con la anterior argumentación.
37. Partiendo de la figura 4.14, que se utiliza en una actividad con alumnado de Educación Primaria, ¿qué concepto/s de geología podrías trabajar con ella?, ¿podrías establecer alguna relación entre las imágenes A y B de la figura 4.14? ¿Qué comentarios y preguntas podrías dirigir a dicho alumnado conducentes al aprendizaje del anterior concepto de geología?
38. Las imágenes de la botella (C, D) de dicha figura captan dos momentos de una sencilla experiencia que se puede realizar con alumnado de Educación Primaria, y que sirve para modelizar y explicar, ¿qué proceso? Utilízalas y explica con ella dicho proceso.

TABLA 4.3

Clasificación de las rocas sedimentarias

Rocas sedimentarias clásticas o detríticas			Rocas sedimentarias de precipitación química y organógenas		
Tamaño del clasto	Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca
Grueso (más de 2 mm)	Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita CaCO_3	No clástica	Caliza
	Grava (clastos angulosos)	Brecha		Clástica (fragmentos de conchas)	Caliza bioquímica
Medio (de 1/16 a 2 mm)	Arena	Arenisca	Cuarzo SiO_2	No clástica: cristalino muy fino	Silíceo (claro). Pedernal (oscuro)
					Yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)	Limo	Limonita	Halita NaCl		Sal gema
Muy fino (menos de 1/256 mm)	Arcilla	Lutita	Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla (carbón)

perficie de los continentes y se infiltra; agua de mar) y en mucha menor medida el viento, son los que, junto con la acción de la gravedad, originan los procesos geológicos externos: **meteorización, erosión, transporte y sedimentación.**

Cabe señalar que meteorización y erosión son conceptos que el alumnado suele confundir, puesto que se dan en la superficie terrestre y están estrechamente relacionados. Pero el primero implica una fragmentación de la roca (meteorización mecánica) o reacciones químicas en las que unos minerales se transforman en otros (meteorización química), sin que haya movilización del material geológico; mientras que la erosión, favorecida por la meteorización, implica la movilización de dicho material.

Los procesos de transporte y sedimentación ocurren de forma continua y a muy diversa escala, incluyendo entre ellos los grandes riesgos naturales como las inundaciones.

Las **rocas sedimentarias clásticas** se forman tras la acumulación, en zonas relativamente bajas, de *fragmentos (clastos)* de rocas y minerales que llamamos *sedimentos*. En mares y lagos se forman también sedimentos debido a la precipitación química de sustancias disueltas en el agua (en el origen de las **rocas sedimentarias de precipitación química**). Dicha precipitación tiene una conexión muy importante con la actividad biológica, ya que estos sedimentos corresponden en gran parte a esqueletos externos (*conchas*) de seres vivos, constituidos mayoritariamente por

calcita. Finalmente, en el origen de las rocas sedimentarias organógenas se podrían considerar un último tipo de sedimentos, constituido por una densa acumulación de materia orgánica procedente de seres vivos.

Mención aparte requieren el petróleo y el gas natural, que se forman a partir de acumulación de plancton marino que, en un proceso de enterramiento (ausencia de oxígeno), se transforma en hidrocarburos. El petróleo y el gas natural, aunque de origen equivalente al de las rocas organógenas, no pueden ser consideradas rocas, debido a que no son materiales sólidos.

Otra característica importante de las rocas sedimentarias es que comúnmente se disponen en forma de estratos, que se reconocen como capas de roca (figura 4.15). Cada estrato representa una porción de roca de forma tabular que se formó a la vez (a escala de tiempo geológico). Si la dinámica interna del planeta no ha invertido su disposición, cada estrato será más antiguo que el superior y más moderno que el inferior. Este sencillo principio, que se deduce de la directa observación de cómo se van acumulando los sedimentos, es uno de los que permite reconstruir la historia de la Tierra.



Figura 4.15.—Estratos.

Las rocas metamórficas se forman a partir de otras preexistentes, sedimentarias, ígneas u otro tipo de metamórficas, debido a un cambio (generalmente incremento) de la temperatura y la presión, que provoca que por reacciones químicas unos minerales se transformen en otros. Dicho proceso ocurre en estado sólido, generalmente ayudado por pequeñas cantidades de fluidos que se sitúan entre los granos minerales.

39. Realiza dos experiencias sencillas que pueden ayudar a explicar las características y la formación de distintos tipos de rocas metamórficas:

- Arroja sobre una mesa lápices, bolígrafos, espaguetis, cerillas...; a continuación, ayudándote de dos reglas, comprime estos elementos. ¿Qué morfología adoptan?
- Toma varias pelotas de espuma e intenta comprimir las con las manos. ¿Qué forma adoptan?

Estas dos experiencias nos podrían servir para modelizar la formación de rocas meta-

mórficas. ¿A qué tipo nos referimos con cada una?; ¿cuál es la principal limitación de este modelo analógico para explicar la formación de las rocas metamórficas?

Las rocas metamórficas más comunes son las llamadas de metamorfismo regional (figura 4.16). Son aquellas que se forman típicamente en límites de placas litosféricas y que luego encontraremos en cordilleras orogénicas (en España, por ejemplo, Sierra Nevada está constituida fundamentalmente por este tipo de rocas). Si partimos de una roca sedimentaria de tipo lutita (a su vez formada por la diagénesis de un sedimento rico en arcillas), la pizarra sería la primera roca metamórfica en formarse a temperaturas de 150-200 °C. Si esa roca continúa, gracias a los procesos geológicos, introduciéndose más en el interior terrestre y aumentando la presión y temperatura, irá transformándose en otros tipos de rocas metamórficas (de más alto «grado metamórfico»). Finalmente, a temperaturas alrededor de los

700 °C se forma el gneis, en el que parte de la roca se puede fundir.

Es muy frecuente que las rocas metamórficas aparezcan foliadas, es decir, que presenten un aspecto laminado debido a la presencia de minerales con formas tabulares o laminares que se orientan por efecto de la presión. Rocas con foliación son la pizarra, el esquisto y el gneis. Pero también existen rocas metamórficas sin foliación, como el mármol, que no contienen minerales elongados.

El mármol y el granito son rocas muy conocidas, a las que se acude en contexto cotidiano como material ornamental o de construcción. Sin embargo, hay que tener cuidado, pues gran parte de los materiales que así llamamos no son en realidad ni mármol ni granito.

Hay que subrayar que los edificios pueden constituir un excelente recurso didáctico para el aprendizaje y enseñanza de los materiales terrestres. Más aún, si nos fijamos en construcciones históricas o incluso en obras de arte, podemos trabajar interdisciplinariamente la historia, el arte y las ciencias.

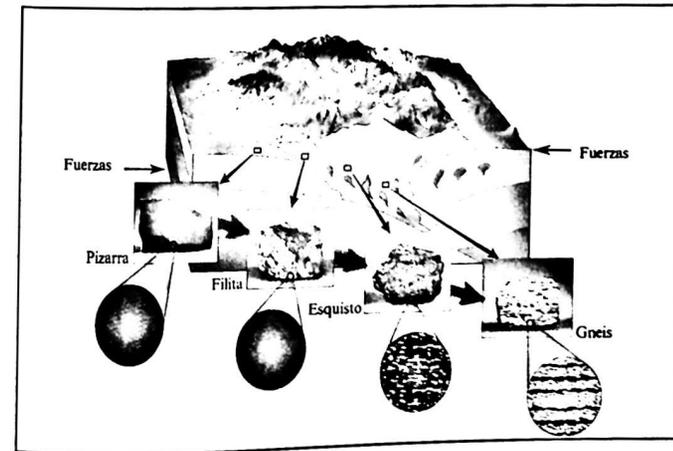


Figura 4.16.—Rocas metamórficas.

ACTIVIDAD 5: ¿Dónde están los minerales y las rocas?

3.3. Usos de los materiales terrestres

Todas las sociedades, presentes y pasadas, han necesitado ingentes cantidades de materiales terrestres. Dichos materiales, tal cual o transformados, nos rodean estemos donde estemos, circunstancia que hay que aprovechar desde el punto de vista educativo. Pero estos recursos geológicos, habitualmente, no se encuentran en suficiente concentración como para ser explotados en cualquier lugar de la Tierra, sino sólo en determinados puntos, a veces muy escasos y difíciles de hallar, denominados **yacimientos minerales**.

Son tres los grupos principales en que podemos clasificar los recursos geológicos:

- Rocas ornamentales y minerales industriales.
- Recursos minerales metálicos.
- Recursos energéticos.

Las **rocas ornamentales y minerales industriales** corresponden a los materiales que se utilizan en construcción. Generalmente se utilizan como ornamentación y necesitan poca transformación. Un caso que requiere mayor transformación es el cemento, fabricado a partir de caliza y arcillas calcinadas.

Los **recursos minerales metálicos** proceden mayoritariamente de yacimientos minerales hidrotermales (formados a partir de aguas entre los 100 y 600 °C, con iones disueltos que circulan por fracturas y huecos de las rocas dentro de la corteza terrestre). Aquí se incluyen todos los metales, que aparecen combinados con otros elementos químicos formando minerales pertenecientes al grupo de los **óxidos** (para metales como el Fe y Al) y de los **sulfuros** (Cu, Zn, Ni, etc.).

Los **recursos energéticos** corresponden al carbón, petróleo y gas natural, que son, o se relacionan, con rocas sedimentarias. Se utilizan en la producción de electricidad y como combustibles (también en la fabricación de plásticos o de asfaltos en el caso del petróleo). También habría que incluir aquí a los minerales de uranio, que se utilizan como combustible en centrales nucleares de fisión.

3.4. Consideraciones finales didácticas sobre los materiales terrestres

De cara a la enseñanza de los materiales terrestres, es muy importante subrayar que las rocas y los minerales tienen un **origen definido**, que implica un intervalo de tiempo inimaginable: desde el momento presente (por ejemplo, fruto de una erupción en un volcán activo) hasta hace unos 4.000 millones de años (edad de las rocas más antiguas conocidas, situadas en Canadá).

En la Tierra, las rocas y los minerales están en continua transformación. Es lo que se conoce como el **ciclo de las rocas**, que se explica gracias a la tectónica de placas y a la dinámica externa del planeta. Desde el punto de vista de la enseñanza, esto constituye otro de los caballos de batalla: hay que destacar el carácter dinámico de las rocas y de la Tierra en su conjunto, que el alumnado tiende a considerar como algo inmutable.

Otra circunstancia significativa, con implicaciones en la enseñanza, es el carácter histórico de las ciencias de la Tierra. Las rocas en sí, y su disposición relativa, van a informarnos sobre la historia de la Tierra. Se utiliza así la analogía de las rocas como «el **archivo de la Tierra**». Aprender los conceptos y principios básicos de la geología sería adquirir nociones básicas del «lenguaje de las rocas», siendo clave en ello el que la forma de reconstruir el pasado es a partir de las causas que operan en la actualidad en la Tierra (Pedrinaci, 2001).

ACTIVIDAD 6: Investigando el interior de la Tierra.

3.5. La Tierra dinámica: terremotos, el ciclo de las rocas y la tectónica de placas

- Toma un bolígrafo modelo BIC cristal o equivalente. Ponte unas gafas de seguridad, unos guantes y flexiónalo poco a poco hasta que se rompa. Esto sería un símil, ¿de qué proceso natural? Considerando esto un modelo analógico, establece los puentes entre objeto y analógico.

Uno de los fenómenos que puede ayudar a desmontar la visión estática de la Tierra es el estudio de los terremotos, que, por otra parte, constituyen uno de los grandes riesgos naturales. Un **terremoto** consiste en una agitación brusca de la tierra debida a una liberación súbita de energía en forma de ondas mecánicas. Dichas ondas son de tres tipos: primarias (longitudinales), secundarias (transversales) y superficiales (combinación de ondas longitudinales y transversales). Las dos primeras nos sirven para estudiar el interior de la Tierra, mientras que las últimas son los que causan los daños. La energía que liberan los terremotos se puede medir con los **sismógrafos**, expresándose los resultados en valores de **magnitud de la escala Richter**.

Los terremotos se producen fundamentalmente debido al funcionamiento de **fallas**, es decir, a la rotura de las rocas a lo largo de superficies (figura 4.17). Para que se produzcan terremotos es requisito que existan zonas sometidas a grandes fuerzas, en las que las rocas se **comportan rígidamente**.

Los terremotos, especialmente los de gran magnitud, se localizan sólo en algunos puntos del planeta, en los llamados límites de **placas tectónicas**. Su localización y tipología nos ayudan a situar los límites de las placas y, en su momento, fueron una de las pruebas para elaborar la teoría de la tectónica de placas. Esta es la teoría fundamental de la Geología, surgida a partir de los

años sesenta del siglo xx, y que permite explicar una gran variedad de fenómenos de nuestro entorno. Según la misma, la Tierra está dividida en grandes fragmentos, llamados **placas litosféricas**.

Esto implica otra división de la Tierra en capas (**división dinámica**), fundamentalmente en su parte más externa. Así, surge el concepto de **litosfera**, con un comportamiento de las rocas esencialmente rígido, constituida por toda la corteza y una porción del manto superior, con espesores entre los pocos kilómetros (sobre las dorsales oceánicas) y 250 km (grandes cordilleras). Por debajo queda el **manto sublitosférico**, con una primera zona llamada **astenosfera** que presenta un comportamiento plástico. En este manto sublitosférico tienen lugar las **corrientes de convección**—que, pese al estado sólido de dicho manto, se explican por su carácter plástico y la enormidad del tiempo geológico—, que obedecen al enfriamiento de la Tierra. Dichas corrientes de convección, en último término, explican toda la **dinámica interna del planeta**.

Existen tres tipos de límites de placas tectónicas, dos de ellos especialmente relevantes: **divergentes** (donde las placas se separan), que corresponden fundamentalmente a las **dorsales oceánicas**

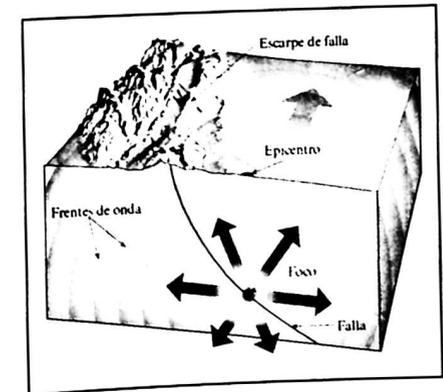


Figura 4.17.—Esquema del origen de los terremotos.

en las que se crea el fondo oceánico (rocas magmáticas); y convergentes, en las que se forman las grandes cordilleras montañosas y, con ello, la litosfera continental (rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias).

Los límites de las placas tectónicas es donde se concentra la mayor parte de los procesos geológicos: terremotos, volcanes y magmatismo, destrucción y formación de nuevas rocas (ciclo de las rocas), etc. Así, para ilustrar el ciclo de las rocas se suele utilizar un esquema de un límite de placas convergente; especialmente aquel entre una placa continental y otra oceánica (por ejemplo, margen oeste de Sudamérica), ya que aquí se pueden encontrar todos los procesos que conforman dicho ciclo de las rocas (figura 4.18).

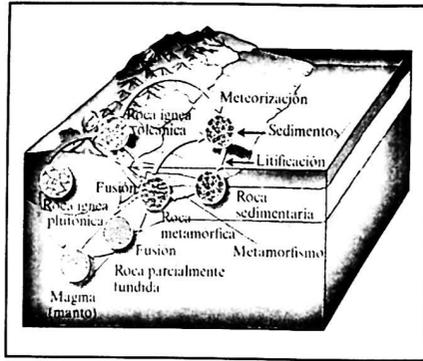
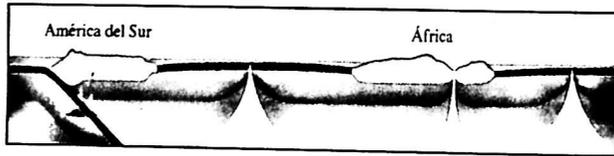


Figura 4.18.—El ciclo de las rocas.

41. Sobre la imagen inferior:

- Señala con segmentos las capas de la Tierra que se puedan identificar.
- Señala con una flecha vertical todos los límites de placas que observes en el esquema.
- ¿Qué movimiento relativo tendríamos en esos límites de placas? Representalo con flechas horizontales.
- Indica con un círculo una zona de la superficie de la Tierra representada en el anterior esquema con riesgo sísmico importante.



4. EL RELIEVE: PRODUCTO DE LA INTERACCIÓN ENTRE ATMÓSFERA, HIDROSFERA Y GEOSFERA

42. Un docente, para explicar poéticamente cómo se forma el relieve terrestre, acudió a la siguiente metáfora (la podemos considerar una variante de las analogías), que utili-

za personajes de la mitología griega. «Hades, la diosa del inframundo, se enfrenta con Helios, el dios del sol. Ninguno de ellos gana, ganamos todos... los incontables paisajes de nuestro planeta». Establece los puentes correspondientes de esta metáfora con la interpretación de los fenómenos que forman el paisaje: ¿a qué hace referencia la lucha?, ¿qué representan Hades y Helios?

El modelado del relieve terrestre es el resultado de la interacción entre los procesos internos, que responden en último término a la disipación de la energía interna terrestre, y los procesos externos, que implican la dinámica de la atmósfera y la hidrosfera, alimentados a su vez por la energía procedente del Sol. Simplificando, se puede decir que los procesos internos tienden a crear desniveles, mientras que los externos tienden a lo contrario, a uniformizar el relieve.

Los rasgos de mayor escala, como la diferenciación entre continentes y océanos, o la existencia de cordilleras, fosas y dorsales oceánicas, por ejemplo, se relacionan fundamentalmente con los procesos internos.

Por otro lado, en rasgos de menor escala, los procesos geológicos externos van a jugar un papel más importante. Dado que los agentes geológicos están, en gran medida, controlados por el clima, es éste el que va a jugar un papel preponderante en las características de los modelados terrestres. Así, se distinguen los siguientes: aguas de escorrentía, glaciar y desértico/semidesértico. Además, en algunos casos el relieve puede estar muy controlado por el tipo de roca (relieve kárstico) o por la presencia de las aguas marinas (relieve costero).

En todos ellos vamos a encontrar morfologías que son, básicamente, producto de la erosión, y otras que lo son de la sedimentación. Sólo en unas pocas morfologías la erosión y la sedimentación presentan una relevancia equivalente.

4.1. Modelado por corrientes de aguas superficiales

43. En la figura 4.19 se representan dos ríos desde su nacimiento hasta su desembocadura. Comenta ambas imágenes, utilizando vocabulario adecuado, e indica cuál consideras que refleja mejor la realidad.

En el apartado 2.4 de este capítulo se describió el ciclo del agua. Se mencionó el agua de precipitación, parte de la cual, cuando toca el suelo, se infiltra y puede pasar a formar parte de los acuíferos, y parte constituye el agua de escorrentía, el más importante agente que esculpe la superficie terrestre. Dicha escorrentía, tras una precipitación, irá formando diminutos cauces, que a su vez irán alimentando torrentes (co-

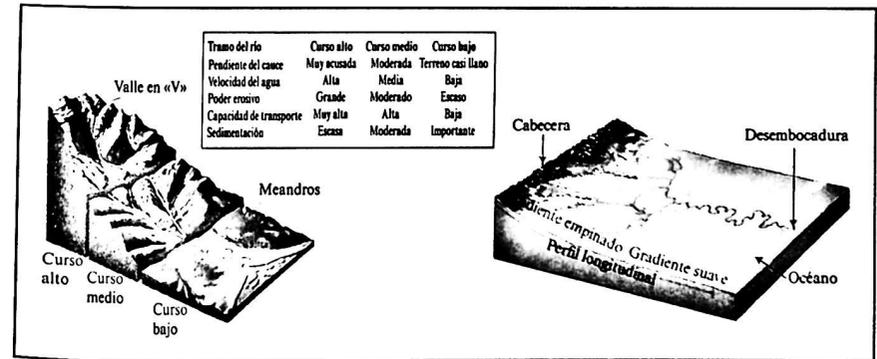


Figura 4.19.—Diferentes representaciones de un río y su perfil.

rientes muy irregulares que discurren por un cauce de escasa longitud y fuerte pendiente) y ríos (corrientes permanentes que suelen tener un largo recorrido). Los textos escolares suelen considerar tres tramos en los ríos: curso alto, medio y bajo, aunque el segundo difícilmente se distingue.

La erosión causada por toda el agua de escorrentía se concentra en la parte más profunda del canal: por eso todas las formas causadas por la erosión del agua son parecidas, ya midan milímetros o cientos de metros. En los cursos altos, donde la erosión es el proceso dominante, nos encontramos los valles estrechos (forma de V). Estos valles, conforme el proceso erosivo continúa, dan lugar a valles con fondos planos o llanuras de inundación, ya que son ocupadas por el agua en periodos de inundaciones (¡por eso no se debe construir en las mismas!). Los valles son los accidentes geográficos más abundantes en el planeta. Las corrientes que fluyen sobre las llanuras de inundación adquieren formas sinuosas denominadas meandros, en los que el agua erosiona en un margen del río y sedimenta en el opuesto.

Las corrientes que transportan sedimentos, fundamentalmente en suspensión y por el fondo, los depositan cuando la velocidad del agua disminuye. Esto ocurre dentro del mismo canal, en la llanura de inundación adyacente, o en las

desembocaduras de las corrientes (por ejemplo, deltas --en el mar--) (figura 4.20).

- 44. Conociendo que las aguas superficiales modifican el relieve terrestre, ordena de más antigua a más moderna las tres imágenes sobre valles fluviales (figura 4.20). Razona tu elección.

4.2. Modelado kárstico (aguas subterráneas)

Las aguas de infiltración ejercen también una importante acción modeladora en terrenos con rocas que sufren una relativamente rápida meteorización química (por ejemplo, calizas), originando el modelado kárstico. En estas zonas hay una evolución de formas muy características, predominantemente erosivas, que finalizan con la casi completa disolución de las rocas (figura 4.21) por parte de *aguas ligeramente ácidas* (al disolver CO₂ atmosférico).

En España hay numerosos casos de modelado kárstico que constituyen espacios protegidos por su riqueza paisajística, formando parte del patrimonio geológico y constituyendo verdaderos recursos educativos gracias a los centros de interpretación que en ellos se localizan (por ejemplo, Torcal de Antequera).

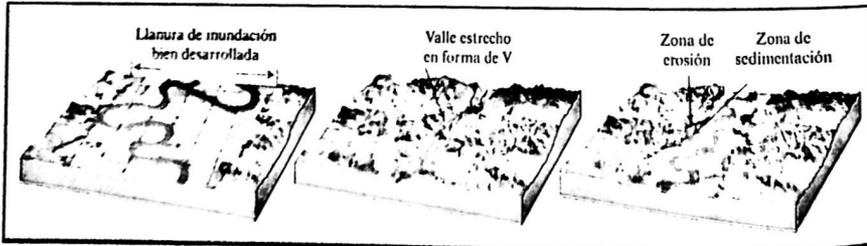


Figura 4.20. Imágenes que representan la evolución fluvial (entón de arriba hacia abajo).

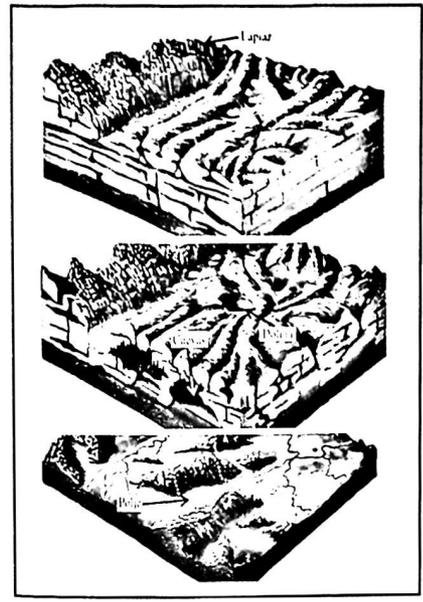


Figura 4.21.—Formas y evolución (de arriba abajo) del paisaje kárstico.

4.3. Modelado glaciar

Un glaciar es una gruesa masa de hielo que se origina en la superficie terrestre como consecuencia de la compactación y recristalización de la nieve, y que muestra signos de movimiento (desde 1 mm/día a 10 cm/día). En la actualidad hay glaciares en macizos montañosos (glaciares de valle o alpinos), por los que fluye el hielo esculpiendo valles. También existen glaciares a una escala mucho mayor (llamados de casquete), que cubren la mayor parte de Groenlandia y la Antártida. A lo largo de la historia de la Tierra estos glaciares han sido mucho más abundantes (han existido cuatro glaciaciones sólo en los últimos dos millones de años), o por el contrario inexistentes (periodos cálidos).

Los glaciares erosionan la tierra mediante *arranque* y *abrasión* (molienda y raspado de la superficie rocosa). Entre los rasgos erosivos más significativos producidos por los glaciares se cuentan los *valles glaciares* con forma de U, ya que el hielo erosiona por todo el perímetro del glaciar (otros rasgos en figura 4.22).

Entre los sedimentos glaciares destacan las *morrenas*, que son acumulaciones de rocas erosionadas y arrastradas por el glaciar.

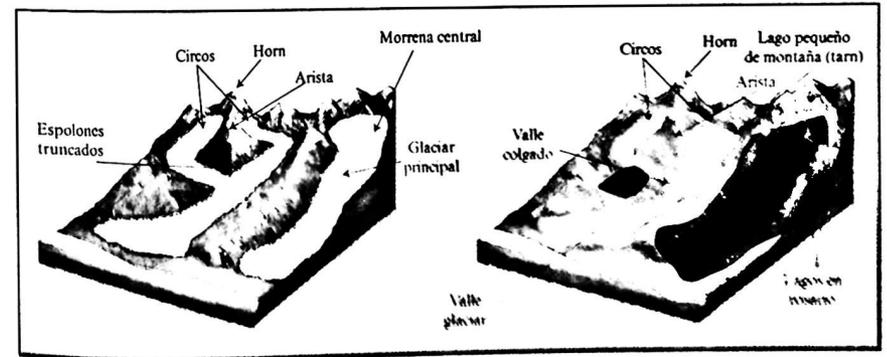


Figura 4.22. Formas asociadas al paisaje glaciar.

4.4. Desiertos y vientos

Los mismos procesos geológicos que actúan en las regiones húmedas lo hacen también en los desiertos y zonas semiáridas, pero bajo sus condiciones climáticas de escasez de precipitaciones y, por tanto, con diferentes velocidades. Así, la presencia de meteorización química es muy escasa, debido a la falta de humedad y a la escasez de humus orgánico, siendo sólo significativa la meteorización mecánica.

Aunque prácticamente todas las corrientes fluviales del desierto permanecen secas la mayor parte del tiempo, *las corrientes de agua son responsables de la mayor parte del trabajo erosivo en estas zonas*. Las poco frecuentes precipitaciones son torrenciales, no existiendo apenas vegetación que proteja de la erosión, originando formas erosivas muy características como las **cárcavas**.

Por otro lado, la erosión eólica, que en el conjunto del planeta es mucho menos efectiva que las corrientes de agua y los glaciares, es más importante en áreas áridas. Fruto de la misma se forman los **pavimentos desérticos** o **reg** (figura 4.23).

Los depósitos eólicos son de dos tipos: montículos y crestas de arena, denominados **dunas** (arena) y **loess** (limo).

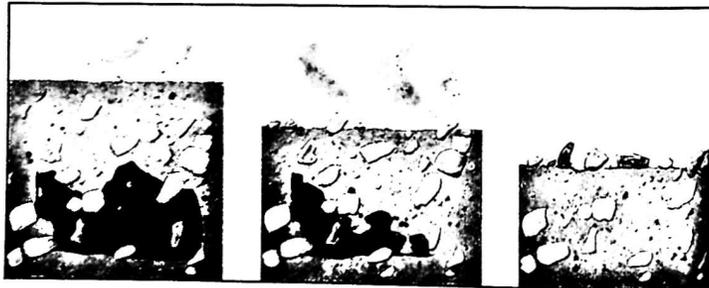


Figura 4.23.—Proceso de formación de un reg.

4.5. Línea de costas: modelado costero

La acción modeladora del agua del mar sobre el continente se centra en la franja litoral, siendo tres los actores principales:

- a) **Olas:** se deben a la fricción del viento sobre la superficie del mar.
- b) **Corrientes:** se originan por cambios de temperatura y/o salinidad y por el viento.
- c) **Mareas** (se estudian en el tema 5).

La erosión, que se concentra en los cabos y promontorios, es fundamentalmente debida a la acción de las olas. Está causada por la presión de impacto de la ola y por la abrasión de fragmentos de roca que impulsa la misma. Las formas producidas por la erosión de la línea de costas más comunes son los **acantilados litorales** (figura 4.24), que se originan debido a la acción cortante del oleaje contra la base del terreno costero.

En cuanto a la sedimentación, se concentra mar adentro o en áreas costeras protegidas del oleaje y corrientes, como golfos y bahías. El oleaje, al incidir de manera oblicua sobre la costa, da lugar a corrientes de deriva que se desplazan paralelas a la misma, arrastrando los sedimentos de menor tamaño, como la arena (figura 4.25). Cuando estas corrientes se frenan, generan depó-

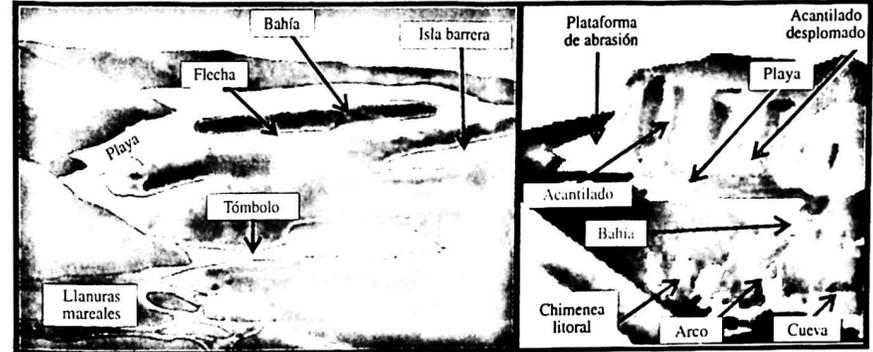


Figura 4.24.—Formas de erosión y depósito costeras.

sitos como las **playas** (si se sitúan a lo largo de la costa) o **flechas litorales** (si sólo están unidas a ellas por un extremo). Al crecer, las flechas litorales pueden aislar una bahía del mar y dar lugar a albuferas (figura 4.24).

También hay que considerar en este grupo las **llanuras mareales** (donde se genera el ecosistema de las marismas), localizadas en zonas resguardadas donde se acumula gran cantidad de sedimentos que depositan las corrientes de marea originadas por las subidas y bajadas de las mareas.

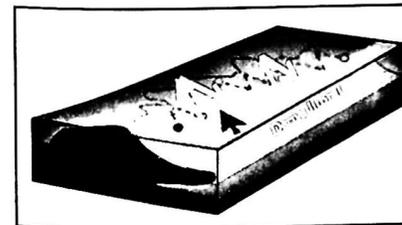


Figura 4.25.—Deriva litoral y desplazamiento de la arena y de la grava paralelo a la línea de costa.

ACTIVIDAD 7: Interpretando el relieve terrestre.

5. EL SUELO: PROCESOS DE FORMACIÓN E IMPORTANCIA PARA LA VIDA EN LA TIERRA

- 45. ¿Crees que la palabra «suelo» es polisémica y puede plantear problemas de interferencia entre el lenguaje científico y el cotidiano? Justifica tu respuesta. ¿Qué relación hay entre rocas y suelo? ¿Cuáles son los componentes del suelo?
- 46. El suelo, ¿permanece inmutable, o se crea y se destruye? ¿Qué consecuencias tendría la hipotética desaparición del suelo del planeta (que no las rocas)?

Con pocas excepciones, la superficie de la Tierra está cubierta por una fina capa producto de la meteorización mecánica y química de las rocas. Muchos llamarían suelo a este material,

pero el suelo es más que la acumulación de restos meteorizados. El **suelo** es una *combinación, en cantidades variables, de materia mineral y orgánica, agua y aire*. También se puede considerar al suelo como una «interfase» del sistema tierra sólida, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera.

El suelo es un recurso imprescindible para la humanidad (para los seres vivos en general). Sin él no podrían desarrollarse las plantas (y la agricultura). Actualmente está amenazado en muchos lugares por diversos procesos, como erosión y contaminación. Aunque la porción mineral del suelo suele ser mucho mayor que la porción orgánica, la **materia orgánica en descomposición o humus** es un componente esencial, pues es una fuente importante de micronutrientes para las plantas, acelera la meteorización química y potencia la capacidad para retener agua. Dado que las plantas precisan aire y agua para vivir y crecer, la porción del suelo consistente en espacios porosos, que permiten la circulación de esos fluidos, es tan vital como los constituyentes del suelo sólido.

El agua del suelo es una disolución compleja que contiene muchos nutrientes solubles. Proporciona la humedad necesaria para las reacciones químicas que sustentan la vida y suministra a las plantas los nutrientes en la forma disuelta que pueden utilizar. Los espacios porosos no rellenos de agua contienen aire. Este aire es la fuente de oxígeno y dióxido de carbono necesarios para que vivan en el suelo la mayoría de las plantas y los microorganismos.

Los **factores más importantes que controlan la formación del suelo** son el tipo de **roca madre** (más o menos meteorizable), **tiempo** (generalmente, cuanto más tiempo ha estado formándose un suelo mayor es su grosor y menos se parece a la roca madre), **clima** (factor más influyente, ya que controla a su vez la cantidad de agua), **actividad de los seres vivos** (originando el humus y la propia descomposición de la materia orgánica) y **disposición del relieve** (controla la erosión y el contenido en agua).

Dado que los **procesos de formación del suelo** actúan desde la superficie hacia abajo, se pueden apreciar variaciones de composición y de las características del suelo a distintas profundidades. Estas **diferencias verticales**, que normalmente tienden a ser más pronunciadas conforme pasa el tiempo (muchas veces son graduales y difíciles de observar), *dividen el suelo en zonas o capas* que llamamos **horizontes**. Una sección vertical a través de todos los horizontes del suelo constituye el **perfil del suelo**. En la figura 4.26 se representa una visión idealizada de un perfil de suelo bien desarrollado de latitudes medias con clima húmedo, en el cual se identifican sus capas u horizontes. Las características y la extensión del desarrollo de los horizontes varían de unos ambientes a otros.

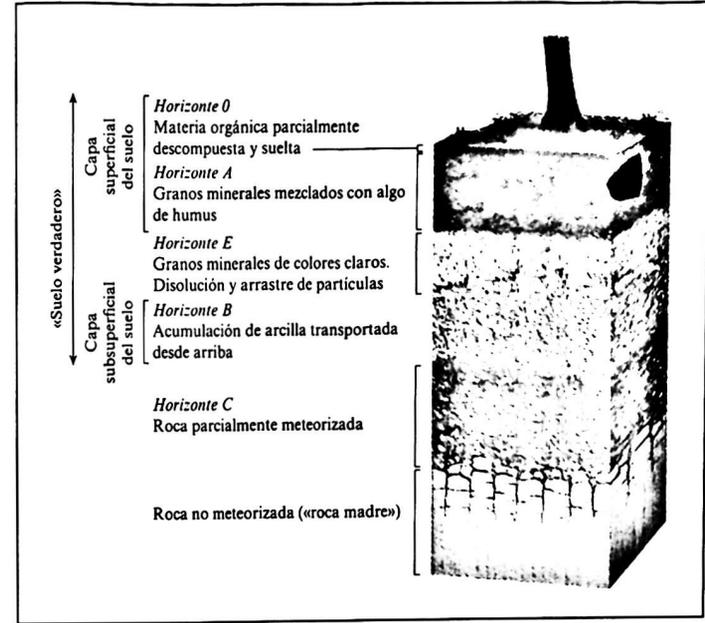
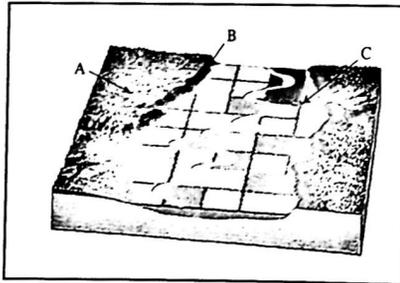


Figura 4.26.—Horizontes del suelo.

47. Mirando la imagen siguiente, ¿dónde resultaría más favorable el cultivo agrícola, en «A», «B» o «C»? ¿Por qué?



48. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los horizontes del suelo y los estratos?

ANEXO: ACTIVIDADES DE AULA

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. Los sistemas de la Tierra.

Apellidos y nombre _____ Fecha _____

Marca con una X la/s frase/s VERDADERA/S:

- El agujero de la capa de ozono desencadena el calentamiento global.
- El calentamiento global debido al efecto invernadero provoca la destrucción de la capa de ozono.
- Tanto el agujero de la capa de ozono como el efecto invernadero están causados por el uso de vehículos.
- Nuestro estilo de vida, que implica un gran consumo energético, está relacionado con el calentamiento global.
- El calentamiento global y el agujero de la capa de ozono son procesos naturales que han ocurrido durante millones de años.

Marca con una X la/s frase/s VERDADERA/S:

- La evaporación consiste en que el agua de ríos se convierte en vapor de agua.
- Gracias a la transpiración, las plantas devuelven a la atmósfera, en forma de vapor, parte del agua que tomaron por las raíces.
- El tiempo medio de permanencia de una gota de agua en el mar es de un día.
- El vapor de agua de la atmósfera procede únicamente de la evaporación.
- El agua de la Tierra está en continuo movimiento.
- La mayor proporción de agua en la Tierra se encuentra en la geosfera, como un componente de los minerales y rocas.

Un acuífero es (marcar la opción u opciones correctas):

- Un material geológico con capacidad para contener y transmitir agua.
- Un río subterráneo de agua.
- Un lago subterráneo de agua.
- Un río o lago subterráneo de agua.
- Un embalse subterráneo de agua estancada que se aloja en cuevas.

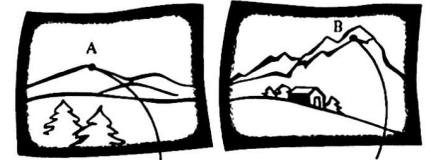
Las rocas se formaron (marcar la opción correcta):

- Cuando se formó la Tierra.
- Muchas son posteriores a la formación de la Tierra, pero el proceso de formación de rocas hoy en día es mucho menos importante que en el pasado.
- Durante toda la historia de la Tierra, y continúan formándose hoy en día.

Haz uno o varios dibujos que ilustren cómo se produce un terremoto:

Haz un corte esquemático de la Tierra, desde la superficie hasta su centro. Dibuja el magma que luego saldrá por los volcanes a modo de «relleno sólido» (a lápiz o bolígrafo), de manera que no queden dudas sobre cuál es tu opinión sobre su localización).

Las montañas de los dibujos A y B están formadas por rocas similares y están situadas en zonas con un clima similar. De entre las siguientes opciones, marcar la correcta.



- La montaña A es probablemente más joven que la B.
- La montaña A es probablemente más antigua que la B.
- Las montañas A y B son de la misma edad.
- No se puede decir nada de la edad de las montañas.

La arena que encuentras en la playa proviene de (marcar la opción correcta):

- Montañas y paisajes, tanto cercanos como distantes.
- Rocas del fondo oceánico.
- Montañas que hay bajo el mar.
- De rocas que hay debajo de la playa.

Una vez realizado el cuestionario de ideas previas, reflexionad y responded a las siguientes preguntas (en pequeños grupos):

- ¿Qué conclusiones podemos sacar?
- ¿Influye el sistema educativo a la hora de provocar cambios conceptuales permanentes en las mentes de los alumnos?
- ¿Cómo podría entonces plantearse el profesor el fomento de aprendizajes significativos en sus alumnos?

Se presentan a continuación las ideas previas más comunes sobre los contenidos de este tema. Cuando termines de estudiarlo, vuelve a esta tabla y analiza de nuevo estas ideas, proporcionando las explicaciones acordes con el conocimiento científico actual.

IDEAS PREVIAS Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE SOBRE LOS SISTEMAS DE LA TIERRA

Atmósfera e hidrosfera

- El aire húmedo es más «pesado» (denso) que el seco.
- Las nubes son vapor de agua.
- El aire sólo ejerce presión cuando se mueve.
- Se identifica clima y tiempo atmosférico.
- El agujero de la capa de ozono desencadena el calentamiento global.
- Se reconoce un ciclo del agua incompleto; por ejemplo, sólo incluye los procesos de evaporación del agua de la Tierra a la atmósfera y el regreso a la Tierra por condensación; o sólo incluye procesos de congelación y fusión.
- El agua subterránea se almacena bajo el suelo en lagos estando parada; fluye en forma de ríos subterráneos.

Geosfera

- La Tierra no sufre cambios, o cuando los sufre, son siempre catastróficos.
- Los procesos químicos que ocurren en la Tierra se ignoran, porque no se conocen los procesos químicos.
- Confusión en las representaciones espaciales que corresponden a escalas muy diferentes de la Tierra.
- No se tiene una concepción adecuada del tiempo geológico.
- La causa de los terremotos se liga al calor; se obvia la relación entre falla y terremoto —mesoescala—, acudiéndose únicamente al «choque» de las placas tectónicas —macroescala— como marco explicativo.
- Minerales y rocas son la misma cosa, y han existido desde siempre; las rocas sedimentarias se forman a partir de sedimentos sólo por compactación.
- La lava viene de un interior terrestre (genérico), formando gigantesca bolsadas que dominan el interior terrestre; la lava viene específicamente del núcleo, del centro de la tierra que está completamente fundido.
- El suelo es marrón y homogéneo; no contiene aire; no cambia; se generó cuando la Tierra se formó; es producto de la erosión y la sedimentación.

ACTIVIDAD 2: Oscurecimiento global *versus* efecto invernadero.

El calentamiento global es una problemática mundial de la que se oye hablar desde hace tiempo. Sin embargo, no ocurre así con un fenómeno que paralelamente está ocurriendo y que parece estar frenando el aumento de la temperatura del planeta y en cierta medida afectando a otras variables climáticas. El día 14 de junio de 2008 se emitió un documental de la BBC en el programa «La noche temática» de TVE, titulado *Contaminación: el ocaso de la luz*, en el que científicos de

diversas partes del planeta analizan estos fenómenos. El documental también es interesante, porque ilustra sobre cómo funciona la ciencia y trabajan los científicos⁹.

Tras el visionado de este documental, en pequeños grupos, responde a las siguientes cuestiones:

- ¿Por qué piensas que se habla más del calentamiento que del oscurecimiento?
- ¿Cuáles son las causas de ambos fenómenos?
- En este documental, ¿se incide en las visiones deformadas de la ciencia y la actividad científica del artículo recomendado¹⁰, o se combaten? Analízalo desde esta perspectiva.
- Siempre que se utiliza un documental en el aula se ha de trabajar con los alumnos después del visionado. Comenta, al menos, dos actividades que recomendarías si proyectases este documental en tercer ciclo de Educación Primaria.

ACTIVIDAD 3: El ciclo del agua a través del cuento.

Uno de los recursos más habituales para la enseñanza del ciclo del agua en Educación Primaria es la narración de la vida de una gotita, una molécula, un copito... de agua. Nosotros pensamos que la verdadera protagonista es la molécula de agua. ¿Qué opinas tú?

Te proponemos a continuación un cuento que utiliza a la molécula de agua para la enseñanza del ciclo del agua en 4.º curso de primaria. Te aconsejamos que primero lo leas con atención; a continuación debe dramatizarse en el aula, y posteriormente, por pequeños grupos, se harán propuestas para continuarlo tal y como se propone en el relato.

Criterios para evaluar las propuestas:

- Se debe ser creativo, y a la vez ajustarse al conocimiento del que se dispone.
- La molécula de agua ha de ser la protagonista del relato, no la gotita ni el copito (¡en una gotita hay dos mil trillones de moléculas!).
- La molécula de agua debe permanecer inalterable (pues ésta no cambia en los cambios de estado físicos del agua).
- Se debe respetar la distancia entre partículas y el tipo de movimiento molecular que caracteriza a sólidos, líquidos y gases (véase a continuación).

	Sólido	Líquido	Gas
Distancia entre moléculas	1	1	12
Movimiento molecular	Vibración	Rotación	Traslación

⁹ Puedes localizar el documental en cualquier buscador de Internet, sin más que utilizar el título para la búsqueda, o los términos «oscurecimiento global».

¹⁰ Fernández, I. et al. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488. Última consulta el 20 de diciembre de 2013, desde <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21841/21675>.

EL INCREÍBLE VIAJE DE ALICIA

Alicia era una pequeña molécula de agua que llevaba miles de años formando parte de un glaciar. No era un glaciar cualquiera. Era el glaciar más grande del mundo. El glaciar Petermann, que era como se llamaba, se encontraba al norte de Groenlandia, en una zona casi inhóspita debido a sus muy bajas y rigurosas temperaturas. En él, Alicia estaba siempre en la misma posición, únicamente vibraba con el frío, muy cerquita de sus hermanas, que eran exactamente iguales a ella en tamaño, forma y características. Alicia se había acostumbrado a estar allí y era muy feliz formando parte de esa gran masa de hielo.

Un buen día, Alicia empezó a escuchar un sonido de platos rotos. Al principio era muy débil, pero se fue haciendo más intenso, al mismo tiempo que sintió que su unión con sus moléculas hermanas se iba desestabilizando. Se puso nerviosa, sentía cómo perdía su posición de equilibrio, esa posición que tan bien conocía por haberla ocupado durante miles de años. Tuvo que despegarse de sus hermanas y se sintió perdida. De pronto, como si de una noria se tratase, se encontró dando vueltas junto a otras moléculas iguales que ella, en un mar gélido... cerca de su gran glaciar. ¡Estaba en el mar! ¡Y ahora formaba parte del agua líquida! ¡Qué pérdida se sentía!

Se miró a sí misma... ¡Menos mal que no había cambiado! Estaba intacta, con la misma forma, el mismo tamaño y las mismas características. Buscó alrededor a sus hermanas, y las vio; sí, estaban cerca, eran las mismas (aunque no estaba segura porque todas eran iguales). Pero ahora ya nada era igual que antes. En el mar, todas giraban constantemente, parecían borrachas, y ella también, por supuesto.

El mar además se movía mucho, y ella, inmersa en él, también era arrastrada fuertemente... De pronto sintió calor, mucho calor, y ¡comenzó a elevarse! ¡Ahora sí que estaba perdida! No veía a sus hermanas. Al fin las consiguió ver, pero a lo lejos..., y siguió elevándose, más y más. ¡Estaba libre, volando velozmente por el cielo! Pero se sentía sola. Por eso se puso contenta cuando la temperatura bajó, lo que hizo que ella se volviera a unir en una danza alocada de giros con otras moléculas hermanas, formando una pequeña gotita, que a su vez era parte de una fea nube oscura. Estaba de nuevo en estado líquido, donde sentía menos vértigo que sola en estado gaseoso. La gota era como una fiesta a la que se unían cada vez más y más moléculas como Alicia. Se unieron tantas que ya el viento no podía sostenerlas, y de pronto empezaron a caer velozmente. ¡Qué divertido! ¡Era la lluvia! ¿Con quién tropezaría? ¿Con la montaña, con un río, con el mar, o quizá con la coronilla de un simpático niño? ¿Y si venía a caer en su querido glaciar?

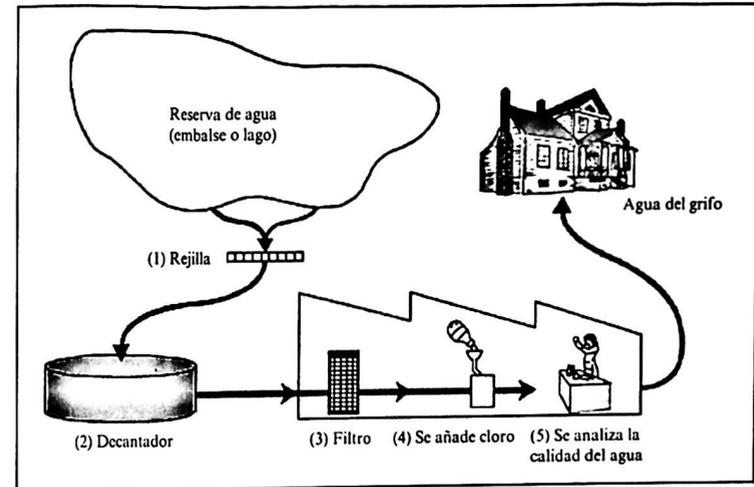
¿Te atreves a continuar tú el cuento? ¿Crees que Alicia puede abrigar alguna esperanza de encontrarse algún día en su añorado glaciar? ¿Qué destinos han podido tener las moléculas que estaban al lado de Alicia en el glaciar?

ACTIVIDAD 4: Análisis de prueba PISA relacionada con el agua potable.

PISA (llamado así por sus siglas en inglés: *Program for International Student Assessment*) es un programa realizado por la OCDE para analizar el rendimiento de los estudiantes de 15 años a partir de unos exámenes que se realizan cada tres años en un alto número de países, concretamente 65 en el año 2012.

A continuación te mostramos una prueba PISA sobre el agua potable. Cumpliméntala y reflexiona sobre las cuestiones realizadas al final.

La siguiente figura muestra cómo se potabiliza el agua que se suministra a las viviendas de las ciudades.



PREGUNTA 1

Es importante tener una reserva de agua potable de buena calidad. El agua que se encuentra bajo tierra se llama **agua subterránea**.

Da una explicación de por qué hay menos bacterias y partículas contaminantes en las aguas subterráneas que en las aguas de la superficie, como las de lagos y ríos.

PREGUNTA 2

La potabilización del agua suele hacerse en varias etapas, que requieren técnicas diferentes. El proceso de potabilización mostrado en la figura comprende cuatro etapas (numeradas de 1 a 4). En la segunda etapa, el agua se recoge en un decantador.

¿De qué forma contribuye esta etapa a que el agua esté más limpia?

- Las bacterias del agua mueren.
- Se añade oxígeno al agua.

- c) La grava y la arena se depositan en el fondo.
d) Las sustancias tóxicas se descomponen.

PREGUNTA 3

En la cuarta etapa de potabilización se añade cloro al agua. ¿Por qué se añade cloro al agua?

PREGUNTA 4

Supón que los científicos que analizan el agua de la potabilizadora descubren la presencia de bacterias peligrosas en el agua después de haber concluido el tratamiento de potabilización. ¿Qué deben hacer los consumidores con el agua, en sus casas, antes de beberla?

PREGUNTA 5

¿Puede el agua contaminada producir los problemas de salud siguientes?
Marca con un círculo la respuesta, *Sí* o *No*, en cada caso.

¿Puede el agua contaminada producir este problema de salud?	¿Sí o No?
Diabetes	Sí / No
Diarrea	Sí / No
VIH/SIDA	Sí / No

PREGUNTA 6 (ACTITUDES)

¿Te interesa la información siguiente? Marca sólo una casilla en cada fila.

	Me interesa mucho	Me interesa a medias	Me interesa poco	No me interesa
a) Saber cómo se analiza el agua para detectar la contaminación bacteriana.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
b) Aprender más sobre el tratamiento químico que se aplica al suministro de agua.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
c) Saber cuáles son las enfermedades que se transmiten a través del agua que bebemos.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

Tras realizar la anterior actividad PISA, discutir en el aula las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué es PISA? ¿Cuál ha sido su efecto mediático?
2. ¿Cómo han quedado los estudiantes de tu comunidad autónoma en las pruebas PISA?
3. ¿Qué crees que se evalúa en la prueba anterior: conceptos, procedimientos o actitudes? Analízala en sus distintas partes.
4. Diseña una actividad similar para los estudiantes de tercer ciclo de primaria.

ACTIVIDAD 5: ¿Dónde están los minerales y las rocas?

Uno de los problemas de la enseñanza de las ciencias es la escasa relevancia de los contenidos científicos en la vida del alumnado, junto a un enfoque de la enseñanza de las ciencias descontextualizado, ajeno a la realidad. Esto hace que los alumnos perciban las ciencias como lejanas, ajenas a ellos, no llegando a captar su atención. Este hecho ocurre de forma más aguda en ciencias como la geología.

Te proponemos esta actividad en la que se resalta la importancia de los materiales terrestres en nuestras vidas. Las tareas a realizar son las siguientes:

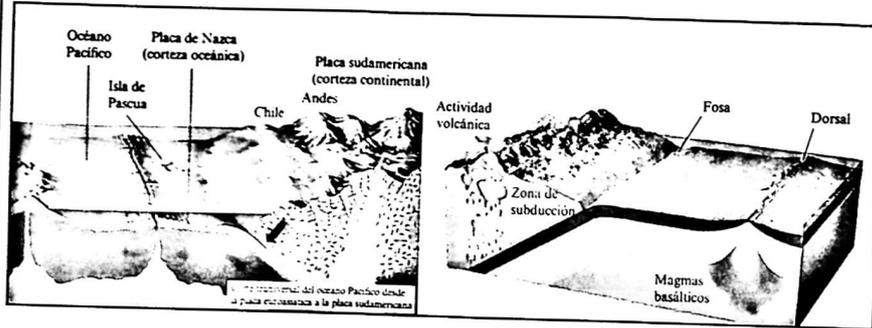
1. Describe alguna estrategia para acercar la temática de los minerales y las rocas al alumnado de Educación Primaria.
2. Fíjate en el aula y en todo lo que hay en ella, y trata de establecer con todo detalle la relación entre lo que ves y los materiales terrestres.
3. ¿Qué otro contexto, realizando la misma experiencia, habría que enriquezca el potencial didáctico de la actividad?
4. Visiona este breve documental de Reporteros 4 (<http://goo.gl/eAbtwQ> o <https://goo.gl/5VvJhH>) y responde a lo siguiente: ¿Qué relación guarda con la temática aquí tratada? ¿En qué consiste un enfoque de las ciencias desde la perspectiva CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad)? ¿Podrías diseñar una actividad para tercer ciclo de Educación Primaria basada en la temática aquí tratada? ¿Qué otras problemáticas hay que guarden relación con los materiales terrestres o con las Ciencias de la Tierra en general?

ACTIVIDAD 6: Investigando el interior de la Tierra.

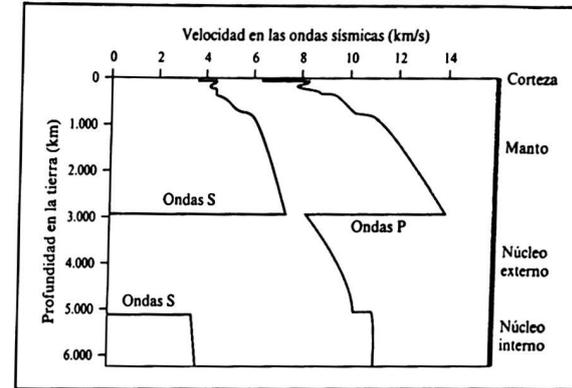
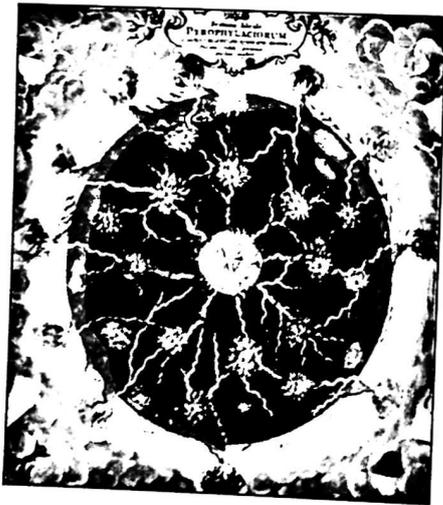
En esta actividad se trata de construir conocimiento científico escolar a partir de una pequeña investigación intentando desarrollar la competencia científica, en especial el uso de pruebas. Además, se aprovechará para realizar otras reflexiones de carácter didáctico.

Partimos de dos preguntas: ¿Qué hay en el interior terrestre? ¿De dónde proviene el magma que luego es expulsado por los volcanes? Ya has dado una respuesta preliminar, mediante un dibujo, en el cuestionario de ideas previas. Para llegar a resolver adecuadamente este problema se deben construir evidencias, lo que se hará a partir de algunos datos que deben analizarse.

- Tienes que preparar una presentación que incluya una imagen representativa del origen de las rocas volcánicas y su relación con la estructura de la Tierra. Se cuenta con las siguientes dos imágenes. Elige una, argumentando tu decisión.



- Hecha la elección, se pasa a comparar los modelos del interior de la Tierra y del magmatismo, previamente expresados en el cuestionario de ideas previas, con un modelo de geosfera del siglo XVII. ¿Encuentras similitudes?



- Por la propia existencia de los volcanes, es una evidencia que en el interior terrestre, al menos en algunas zonas, hay magma. Pero, ¿existe, como algunos defienden, una capa de magma en la geosfera? Para responder a esto se analiza una gráfica del comportamiento de las ondas sísmicas en el interior terrestre. Las ondas P (Primarias) son de tipo longitudinal, mientras que las ondas S (Secundarias) son transversales¹¹.
- De la anterior actividad se deduce que existe una capa líquida en la Tierra. Para averiguar de qué está formada acudimos a otras pruebas. En la dirección <http://youtu.be/OACXblG4ppw> se puede visionar con un modelo el comportamiento de la Tierra ante un imán. Las brújulas en la superficie de la Tierra se comportan de igual manera. Si este comportamiento de la Tierra se origina por esa capa líquida, ¿de qué material está constituida? ¿Puede ser ese material el mismo que sale por los volcanes, y que da lugar a las rocas volcánicas cuando se enfría?
- Probablemente en este punto te encuentres en un callejón sin salida, puesto que las hipótesis que te planteabas de partida han sido refutadas con las pruebas empleadas. También se descarta el modelo del siglo XVIII, que por otra parte pone de manifiesto que a veces las ideas previas mimetizan a los modelos científicos de otras épocas. La solución que actualmente nos aporta la ciencia aparece reflejada en uno de los modelos que tuviste que elegir para una hipotética presentación de clase. Se espera que en este momento, tras el uso de pruebas y la reflexión realizada, no tengas dudas de que una de las imágenes presenta res significativos en cuanto a la localización del magma, y por tanto la otra es la Explicar por qué es así es complejo y escapa a nuestros objetivos. Solo se añadirá que lo que controla que las rocas fundan y se forme el magma no sólo depende de la temperatura. Hay otros factores, como el descenso de la presión que sufren las rocas, o la presencia de agua previamente liberada en los procesos metamórficos, que van a permitir la fusión de las rocas.

¹¹ Para poder interpretar en un contexto educativo la implicación sobre la transmisión de las ondas en distintos tipos de medios se puede recurrir a la analogía que aparece en la siguiente dirección: http://www.earthlearningidea.com/PDF/77_Spanish.pdf.

ACTIVIDAD 7: Interpretando el relieve terrestre.

Las imágenes son muy importantes en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, aunque dependiendo de la disciplina dicha importancia puede variar. En algunos casos se llega a que los contenidos científicos se pueden comunicar casi exclusivamente por medio de imágenes. La enseñanza del relieve puede ser un ejemplo de ello.

El contenido fundamental de esta actividad son las propias imágenes del relieve que debemos identificar, y, lo que es más interesante aún, interpretar su origen.

Así, se visionarán 22 imágenes (accesibles en <http://goo.gl/fEImyu>) de determinadas formas del paisaje o elementos geomorfológicos. Se corresponden con los términos presentes en la primera columna de la tabla siguiente. Tu trabajo consistirá en asignar una imagen a cada término, teniendo en cuenta que a cada imagen sólo le corresponde un término (segunda columna: foto n.º). En la tercera columna habrá que indicar si en la formación de la morfología dominan los *procesos erosivos*, los de *sedimentación*, o si los *procesos erosivos y de sedimentación* son equivalentes en importancia. Finalmente, en la cuarta columna hay que asignar los elementos del relieve a tipos de modelados o relieves (*modelado por aguas de escorrentía fluvial; modelado glaciar; modelado kárstico; modelado árido/desértico; modelado costero*). Hay que subrayar que, entre los términos (con sus imágenes asociadas), los hay que corresponden a procesos, y por tanto no tiene sentido completar la tercera y cuarta columna. También los hay que se deben fundamentalmente a procesos geológicos internos, por lo que tampoco se pueden rellenar ambas columnas.

Término	Foto n.º	Proceso de formación	Modelado
Abanico aluvial			
Acantilado			
Cárcavas (<i>bad lands</i>)			
Circo			
Cordillera			
Delta			
Dolina			
Duna			
Estalagmita			
Flecha litoral			

Término	Foto n.º	Proceso de formación	Modelado
Fosa oceánica			
Gelifracción			
Lapiaz			
Llanura aluvial (inundación)			
Meteorización química			
Meandro			
Playa			
Polje			
Reg			
Tómbolo			
Valle fluvial (cabecera de río)			
Valle glaciar			

La Tierra en el Universo 5



Para repasar y consolidar contenidos ya estudiados en etapas anteriores te presentamos, como guía, este plan de trabajo.

Una vez realizadas todas las actividades propuestas, has de ser capaz de (compruébalo):

1. Describir los principales modelos de Universo que se han defendido a lo largo de la historia.
2. Reconocer las galaxias como el componente principal del universo, y las estrellas como el componente principal de las galaxias.
3. Enumerar los astros que forman el Sistema Solar.
4. Explicar las causas y la periodicidad del día y la noche, las estaciones, las mareas y las fases de la Luna.
5. Identificar las principales constelaciones del hemisferio norte.

Antes de comenzar, responde al cuestionario de conocimientos previos del anexo de este tema con el fin de poder ubicarnos, a nivel de clase, en el contexto del conocimiento que tengamos sobre algunos fenómenos relacionados con la Tierra en el universo.

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La Tierra en el Universo.

1. EL UNIVERSO

1.1. ¿Qué podemos ver en el cielo?

1. Antes de seguir leyendo, responde a la pregunta del título (tómate tu tiempo).

Si observas el cielo con detenimiento verás que:

- Se observan astros con apariencia y movimientos diferentes: el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas. Todos, en su movimiento diario, aparecen más o menos por el este (el levante), cruzan el cielo y se ocultan más o menos por el oeste (el poniente).

- El día comienza cuando el Sol «sale» (amanece), y termina cuando «se pone» (anochece). Durante el día, la luz del Sol impide que se vean los demás astros (excepto, en ocasiones, la Luna), al incidir sobre la atmósfera terrestre.
- En verano, el Sol está mucho más alto que en invierno.
- La Luna tiene *fases* (luna llena, cuarto menguante, luna nueva y cuarto creciente). Además, aparentemente se mueve mucho más despacio que las estrellas.
- Los planetas tienen un comportamiento particular, pues observados durante un periodo largo de tiempo (por ejemplo, un año) no sólo se mueven unos más rápido que otros, sino que unas veces parece que se desplazan «hacia atrás» y, a continuación, prosiguen su movimiento anterior¹.
- Las estrellas no parecen moverse unas con respecto a otras, y todas describen círculos alrededor de la Estrella Polar.
- A veces se observan *estrellas fugaces* y, en menor medida, cometas.

2. De todo lo anterior, ¿hay algo que no hayas observado o que no supieras?

¹ Esto realmente es una observación «de experto», que requiere una observación sistemática y continuada.

1.2. La astronomía en la Grecia Clásica

Todas las civilizaciones han investigado los astros del cielo, pero fue en la Grecia Clásica donde llegaron a elaborarse modelos astronómicos y realizarse medidas utilizando procedimientos ingeniosos.

La teoría comúnmente aceptada en la época era la teoría geocéntrica, con la Tierra inmóvil ocupando el centro del universo. Así, Aristóteles (siglo IV a. C.) describió un modelo geocéntrico de esferas concéntricas, donde la Luna, el Sol y los cinco planetas conocidos (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) estaban cada uno inserto en la superficie de una esfera que giraba con centro en la Tierra. Las estrellas se encontraban todas en la superficie de la esfera más externa, que cerraba el universo.

Varios siglos más tarde Ptolomeo (siglo II d. C.), tomando como base las ideas de Aristóteles, propuso otro modelo geocéntrico que explicaba con mayor precisión los movimientos y posiciones de los astros. Lo más original fue describir el movimiento de los planetas (realmente complicado visto desde la Tierra) por la combinación de dos movimientos circulares (véase figura 5.1). El planeta, en consecuencia, se movía en una circunferencia (epiciclo), cuyo centro giraba simultáneamente alrededor de la Tierra en otra circunferencia mayor (deferente).

La teoría geocéntrica fue compartida unánimemente en la Grecia antigua, con alguna excepción puntual como Aristarco de Samos (siglo III a. C.), quien creía que era la Tierra la que se movía alrededor del Sol. Defendida por Aristóteles y acorde con la visión antropocéntrica imperante (que después asumió el Cristianismo), ejerció su hegemonía durante la Antigüedad, Edad Media y comienzos de la Edad Moderna.

3. Busca información sobre las contribuciones a la explicación del universo de alguno de los siguientes filósofos griegos: Anaxágoras, Aristarco, Eratóstenes, Aristóteles, Hiparco y Ptolomeo. ¿En qué época se hicieron?

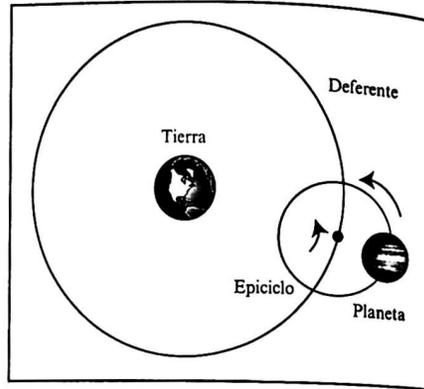


Figura 5.1.—Epiciclo y deferente.

1.3. El modelo heliocéntrico de Copérnico

Durante casi veinte siglos se utilizó el modelo geocéntrico para explicar el movimiento de los astros. Pero había ciertos fenómenos cuya explicación parecía muy complicada, y esto llevó a otros pensadores a intentar nuevas explicaciones. En el siglo XVI el astrónomo polaco Nicolás Copérnico defendió el modelo heliocéntrico, por considerarlo más sencillo, y que puede resumirse así²:

- El Sol está inmóvil en el centro del sistema.
- La Tierra gira a su alrededor, y además sobre sí misma.
- La Luna gira en torno a la Tierra.
- Los planetas giran en torno al Sol, incluida la Tierra.
- Las estrellas están fijas en su esfera inmóvil.

² En el prólogo del libro de Copérnico, consciente del escándalo que el nuevo modelo levantaría, se puede leer que el modelo no pretendía afirmar que la Tierra no fuese el centro del universo, sino que era un simple modelo matemático para simplificar los cálculos. El libro, titulado *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, se publicó en 1543, días después de la muerte de Copérnico.

4. Escribe las hipótesis del modelo geocéntrico y heliocéntrico en sendas columnas y analiza sus semejanzas y diferencias.
5. ¿Has oído alguna vez la frase «dar un giro copernicano»? ¿Sabrías interpretarla?

1.4. Galileo Galilei y su telescopio

Aunque los defensores del modelo de Copérnico señalaban que era más fácil de utilizar para los cálculos astronómicos, esto no bastó para desbancar el modelo geocéntrico, porque muchos fenómenos del movimiento de los cuerpos que observamos no tenían explicación si la Tierra se moviera. Tuvo que pasar algún tiempo para que se comenzara a aceptar el heliocentrismo.

La aportación principal vino, en el primer cuarto del siglo XVII, de manos de Galileo Galilei (1564-1642), quien recogió indicios que apoyaban el esquema heliocéntrico. Así, enfocó un telescopio de construcción propia hacia los astros del cielo y pudo comprobar fenómenos que contradecían la teoría geocéntrica y que requerían del heliocentrismo para ser explicados. En particular, descubrió cuatro satélites en torno a Júpiter (son los más voluminosos de los hoy conocidos) y que Venus presenta fases (como la Luna)³.

6. ¿Por qué estos fenómenos no pueden explicarse con el modelo geocéntrico y sí con el heliocéntrico? (Buscar información en Internet).

La defensa de Galileo al heliocentrismo provocó que la teoría copernicana sea condenada en 1616 como «una insensatez, un absurdo en filosofía y formalmente herética», y se sugiere a Ga-

³ También observó que en la superficie de la Luna existen montañas y valles, lo que contradecía la idea aceptada en la época de que la Luna, al igual que todos los cuerpos celestes, era una esfera perfecta.

ileo exponer su tesis como una hipótesis y no como un hecho comprobado.

En 1633, un año después de la publicación del *Diálogo de los dos Máximos Sistemas: Ptolomeico y Copernicano*, la Inquisición lo lleva a juicio y le obliga a retractarse del heliocentrismo. La condena impuesta es de arresto domiciliario de por vida (en ese momento tenía 69 años). Antes de morir en 1642 se dedicó a redactar su segunda gran obra, *Discursos sobre dos nuevas ciencias*, que logra enviar a su editor aprovechando las visitas que recibe.

1.5. Johannes Kepler, Isaac Newton y Edwin Hubble

No pretendemos incluir todas las personas que han realizado contribuciones al estudio del universo, sino destacar las aportaciones más importantes para que se entienda el modelo cosmológico actual. Partimos para ello de la aceptación del modelo heliocéntrico.

Comenzaremos con Johannes Kepler (1571-1630), quien, a partir de numerosos datos disponibles en su época, enunció tres leyes en relación con el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Se conocen como Leyes de Kepler, y vienen a afirmar que:

- Los planetas no describen circunferencias alrededor del Sol, sino elipses.
- La velocidad con la que un planeta describe su órbita no es siempre la misma. Se mueve más rápido cuando está más cerca del Sol y viceversa.
- Cuanto más cerca del Sol esté la órbita de un planeta, menos tarda en dar una vuelta completa (más corto es el «año» del planeta).

Como puedes observar, aunque el modelo sigue siendo heliocéntrico, las Leyes de Kepler introducen variaciones en relación a los modelos

anteriores: las órbitas de los planetas no son circunferencias perfectas y su velocidad no es constante.

Partiendo de todos los datos e hipótesis recogidos hasta el momento, Isaac Newton (1642-1727) publica en 1687 sus *Principios matemáticos de Filosofía Natural*, en los que, además de las tres leyes de la dinámica que ya has estudiado, formula la Ley de la Gravitación Universal. Según esta ley, dos cuerpos cualesquiera sienten una atracción mutua, llamada gravitatoria, y la fuerza con la que se atraen depende de sus masas (a mayor masa, más fuerza) y de la distancia a la que se encuentren (a mayor distancia, menos fuerza).

7. Busca la expresión matemática de esta ley y comprueba que es otra forma de escribir lo que acabamos de decir.
8. Dibuja dos cuerpos esféricos de tamaño (masa) diferente y representa mediante flechas las fuerzas de atracción gravitatoria. Ten en cuenta la tercera ley de Newton, de acción y reacción.

Pasados varios siglos, aunque con grandes avances en su comprensión, el universo conocido se reducía a nuestro sistema solar y las estrellas visibles de nuestra galaxia. Fue Edwin Hubble (1889-1953) quien, en 1924, identificó estrellas en lo que entonces se conocía como Nebulosa de Andrómeda. Por ello llegó a la conclusión de que no podía tratarse de una nebulosa, sino de otra galaxia.

En los años siguientes siguió identificando estrellas en más nebulosas, dejando claro que «la galaxia» (la nuestra) no era única, sino que el universo estaba formado por una gran cantidad de ellas. Además, comprobó que prácticamente todas estas galaxias se están separando de la nuestra, tanto más rápidamente cuanto más lejanas estuviesen, mostrando una imagen de universo en expansión. Así pues, en pocos años se pasó de un universo constituido por nuestra galaxia a otro

constituido por muchas de ellas, y en expansión en lugar de estático.

9. Con los modelos anteriores estaba claro que el centro del universo era la Tierra o el Sol, pero con el descrito..., ¿cuál es el centro del Universo?

1.6. Un paréntesis. Diferencia entre masa y peso

Ahora que conoces la Ley de la Gravitación Universal de Newton puedes entender la diferencia entre «masa» y «peso», dos magnitudes que se confunden con frecuencia.

La masa, como ya has estudiado, está relacionada con la cantidad de materia que tiene un cuerpo, y en el SI su unidad de medida es el kilogramo (kg). El peso, sin embargo, es la fuerza gravitatoria con la que la Tierra (o cualquier otro astro) atrae a un cuerpo. Al tratarse de una fuerza, en el SI se mide en newton (N). Se puede calcular, a partir de la Ley de Newton, como el producto de la masa por la intensidad del campo gravitatorio. Matemáticamente:

$$P = m \cdot g$$

con $g = 9,8 \text{ N/kg}$ si estamos en la superficie terrestre.

10. Utilizando el interactivo «Masa y peso» de CONCIWI, comprueba tu peso en cada uno de los planetas del Sistema Solar.
11. Utilizando la expresión matemática de la Ley de la Gravitación Universal que buscaste en la actividad 7, calcula tu peso en la Tierra (busca los datos que necesites). ¿Obtienes lo mismo que con $P = m \cdot g$? Comenta estos resultados.

1.7. El modelo actual de universo

Cada vez se han ido construyendo más y mejores telescopios que permiten escudriñar más a fondo el universo, pero todos los telescopios tradicionales, que se encuentran en la superficie terrestre, reciben la luz de los astros después de atravesar la atmósfera, por lo que les llega muy distorsionada. En 1990 se puso en órbita el telescopio espacial Hubble (en honor a Edwin Hubble, figura 5.2 izquierda), y por primera vez se pudo observar el universo sin los inconvenientes que presenta la atmósfera de la Tierra.

Cada uno de los puntos de luz de la imagen de la derecha de la figura 5.2 es una galaxia. Las hay de diferentes formas y edades. Las más antiguas tienen unos 13.500 millones de años. Existen miles de millones de ellas y, como se ha comentado, todas se alejan de todas.

Entonces, si pudiéramos «mover la película hacia atrás», llegaría un momento en el que todas estaban juntas, en el mismo punto. Y si se están expandiendo es porque algo las expulsó hacia el exterior, al estilo de una gran explosión.

A esta gran explosión, a partir de la cual se creó toda la materia que forma el universo conocido, se le conoce como «Big Bang». Aún se está estudiando qué pasó en ese momento, a partir del cual comienza a contar el tiempo de nuestro universo.

12. Ya que conoces la teoría del Big Bang, puedes contestar a la pregunta: ¿dónde está el centro del Universo?
13. Teniendo en cuenta que la fuerza gravitatoria siempre es atractiva, ¿qué te parece más lógico, que la expansión del Universo se vaya acelerando o se vaya frenando?

Hasta hace poco se pensaba en la posibilidad de que la expansión del Universo fuera cada vez más lenta hasta que se frenase, comenzando una contracción que terminaría en un «Big Crunch», es decir, en una gran implosión o gran colapso. No obstante, las últimas mediciones de la velocidad de las galaxias apuntan a que la expansión es acelerada, por lo que el Universo tendrá cada vez más extensión de espacio vacío.

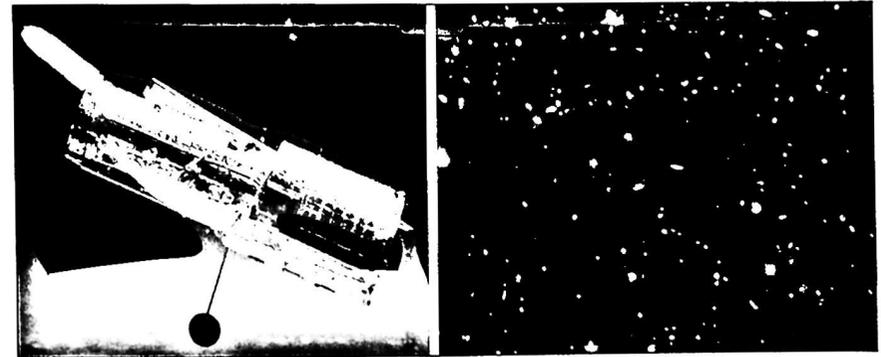


Figura 5.2.—Telescopio espacial Hubble e imagen de galaxias.

ACTIVIDAD 2: Técnicas de orientación.**2. NUESTRA GALAXIA: LA VÍA LÁCTEA**

Aunque podemos verla en el cielo en las noches claras y lejos de zonas de contaminación lumínica (figura 5.3, izquierda), no hemos podido fotografiarla desde fuera, pero conocemos las estrellas que la forman y sus posiciones, con lo que podemos hacernos una idea de cómo es. La figura 5.3 (derecha) muestra una de las recreaciones de cómo se vería si saliésemos de ella.

Todas las estrellas que se observan a simple vista, unas 6.000 desde los dos hemisferios (entre ellas, el Sol), pertenecen a la Vía Láctea. Además, podemos identificar la galaxia de Andrómeda, en la constelación del mismo nombre.

14. Para que te hagas una idea de las distancias astronómicas, el diámetro medio de la Vía Láctea es de unos 100.000 años luz⁴, y

su espesor central (vista de perfil) de unos 1.000 años luz. La galaxia más cercana, la de Andrómeda, se encuentra a 2,2 millones de años luz. Expresa estas distancias en kilómetros.

15. La luz del Sol tarda en llegar a la Tierra unos 8 minutos (por eso se dice que la distancia Tierra-Sol es de 8 minutos luz). La Luna está a 1,2 segundos luz, y la estrella más cercana al Sol (alfa-Centauro) está a 4,3 años luz. Esto significa que la luz que nos llega de la Luna salió de ella hace poco más de un segundo, y la que en este momento nos llega desde alfa-Centauro salió hace más de cuatro años. Entonces, ¿quién habitaba la Tierra cuando salió la luz que nos llega desde la galaxia de Andrómeda? Piensa que la estamos viendo tal y como era en ese momento.

Si observamos el cielo nocturno percibimos que hay algunas estrellas que brillan con mucha intensidad, y entre ellas destacan unas que no titilan. Realmente no son estrellas, sino los pla-

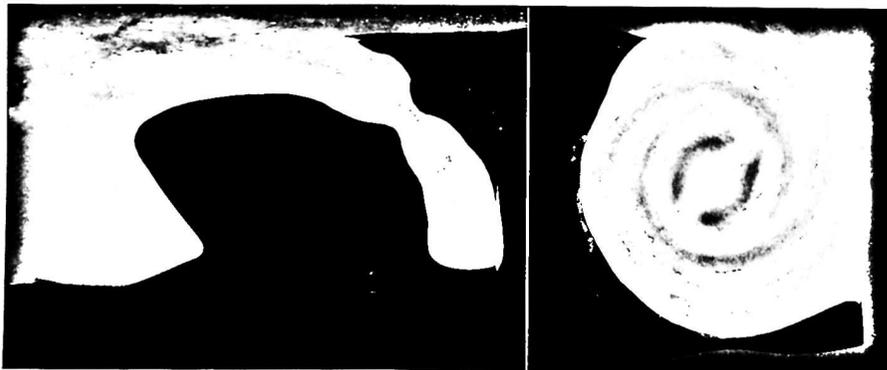


Figura 5.3.—La Vía Láctea.

⁴ La luz viaja (en el vacío) a, aproximadamente, 300.000 km/s. Un año luz es la distancia recorrida por la luz en un

año. Se trata de una unidad de distancia, y no de tiempo, como frecuentemente oímos en los medios de comunicación.

netas compañeros de la Tierra en el Sistema Solar. A simple vista se distinguen Mercurio (con mucha dificultad, pues siempre está cerca del Sol), Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Ya se distinguieron en la Antigua Grecia, y de ahí que tengan nombres de dioses griegos. Además, comprobaron que su movimiento no era igual que el de las estrellas (véase 1.1), por lo que los llamaron *planetas* (la palabra «planeta» significa «errante»). Hoy día los puntos luminosos, que se como aparecen los planetas al observarlos sin aparatos, se han transformado en imágenes muy cercanas tomadas de ellos por las sondas espaciales.

3. EL SISTEMA SOLAR**3.1. Componentes del Sistema Solar**

El Sistema Solar está formado por una estrella, el Sol, y todos los astros que giran a su alre-

dedor. El Sol está situado en el centro del sistema, por ser el astro de mayor masa, y girando a su alrededor, en órbitas elípticas, encontramos ocho planetas, que a su vez pueden tener otros astros girando a su alrededor: los satélites. También podemos considerar los asteroides (pequeños astros rocosos, como los que constituyen el cinturón entre Marte y Júpiter), los cometas (de órbita muy excéntrica) y los planetas enanos (por ejemplo, Plutón).

La figura 5.4 es una recreación del Sistema Solar. Nunca se podrá obtener una imagen como ésta del sistema, pues no está a escala. En realidad las distancias entre astros son enormes, y desde cualquiera de ellos, sin telescopio, se verían los otros (sólo algunos) como pequeños puntos luminosos (excepto el Sol). Además, aquí se han dibujado alineados, situación que sería casi imposible que sucediese. Pasamos a continuación a comentar sus componentes.

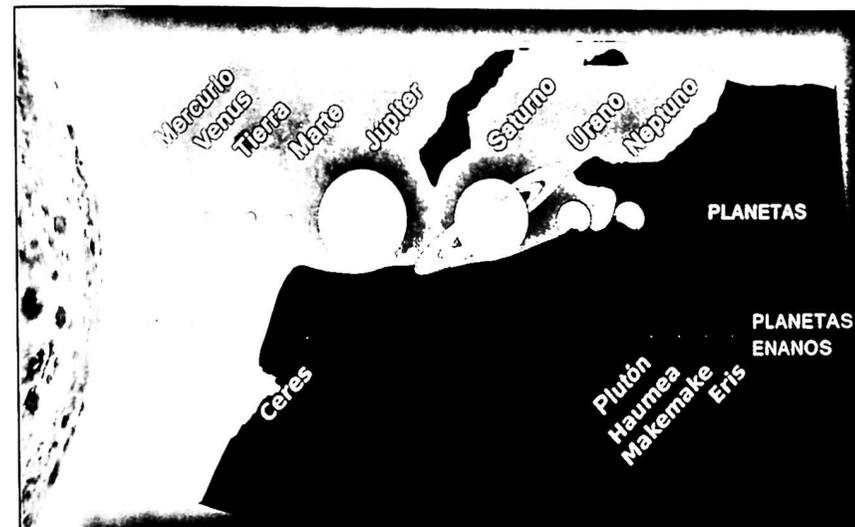


Figura 5.4.—Representación del Sistema Solar.

El Sol

Es el astro mayor del sistema, una gran esfera incandescente. Si lo vemos pequeño es porque está muy lejos, a unos 150.000.000 km. En la figura 5.5 puedes observar el ciclo de vida del Sol (se marca con una flecha la situación actual).

Actualmente su núcleo se encuentra a la increíble temperatura de 15 o 20 millones de grados centígrados (la llama de un mechero no llega a 1.000 °C). La parte más fría, la fotosfera, lo que nosotros vemos como «superficie», está a unos 6.000 °C. Esta elevada temperatura es consecuencia de las reacciones nucleares que se producen en su interior, donde fundamentalmente el hidrógeno se transforma en helio (fusión nuclear). Está reaccionando así desde hace unos 5.000 millones de años, y aún le queda combustible (hidrógeno) para otros 5.000 millones de años más.

- Aunque la Tierra te parezca grande, es insignificante si la comparas con el Sol. Para comprobarlo, calcula el volumen de ambos astros (busca los datos que necesites) y determina cuántos planetas del tamaño de la Tierra habría que juntar para formar un astro del volumen del Sol.

Los planetas

Los planetas son astros que giran en torno al Sol, que tienen forma esférica y que han limpiado

las inmediaciones de su órbita de astros menores por su atracción gravitatoria.

En el Sistema Solar hay ocho planetas, que podemos clasificar en dos grandes grupos: planetas terrestres (los cuatro más cercanos al Sol) y planetas gigantes o gaseosos (los cuatro más lejanos). En orden, por distancia al Sol, son: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Todos describen dos movimientos: el de traslación alrededor del Sol y el de rotación sobre sí mismo.

- Busca información para completar la siguiente tabla:

Astro	Masa (kg)	Radio (m)	Distancia al Sol (m)
Sol			—
Mercurio			
Venus			
Tierra			
Marte			
Júpiter			
Saturno			
Urano			
Neptuno			

- Representa en una gráfica de barras las masas de los planetas, y en una gráfica de sectores sus volúmenes. Compara la masa de todos los planetas juntos con la del Sol.

Entre las órbitas de Marte y Júpiter se encuentra el cinturón de asteroides, que describimos más adelante.

Los planetas terrestres (también llamados «interiores», por encontrarse entre el Sol y el cinturón de asteroides) presentan una superficie sólida formada por rocas semejantes a las de la Tierra y un núcleo metálico. Los planetas gigantes («exteriores») son esencialmente líquidos en las capas más profundas y gaseosos en el resto. Lo que vemos cuando los observamos no es su superficie, sino las nubes más externas.

Los planetas enanos

Los planetas enanos son astros que giran en torno a una estrella, de forma esférica, y que no han logrado limpiar su órbita de cuerpos menores. Entre ellos podemos destacar a Plutón (que antes se consideraba planeta) y Ceres (el mayor de los cuerpos del cinturón de asteroides).

- Visita http://es.wikipedia.org/wiki/Planeta_enano y comprueba la lista de planetas enanos, y la de astros que se encuentran en espera para ser calificados como tales.

Los cuerpos menores

En el Sistema Solar hay una inmensa cantidad de cuerpos menores que giran en torno al Sol, de todos los tamaños y formas. Generalmente están formados por rocas y hielos, pero también los hay formados por metales. Lo sabemos porque a veces caen sobre la Tierra y podemos estudiarlos. Podría hablarse de dos clases de cuerpos menores: los asteroides y los cometas.

- Asteroides.** La mayoría, como se ha dicho, se encuentran formando un anillo alrededor del Sol entre Marte y Júpiter. También hay muchísimos más allá de los últimos planetas. Algunos se encuentran en órbitas que cruzan la de la Tierra, y por esto caen sobre nuestra atmósfera como meteoritos.
- Cometas.** También forman parte de los cuerpos menores del Sistema Solar. Se mueven alrededor del Sol, como los planetas, pero sus órbitas son muy excéntricas (alargadas) y completan su ciclo en periodos que oscilan entre 5 y 300 años. Su aspecto suele ser tan espectacular que en la antigüedad despertaban grandes miedos entre la gente supersticiosa. Entre sus partes destaca, aparte de un núcleo, la cola. Ésta se forma por calentamiento del núcleo al acercarse al Sol, que hace que el hielo que lo forma pase a gas por sublimación. Por tanto, la cola no existe cuando está lejos del Sol (figura 5.6).

- ¿Has visto alguna vez una «estrella fugaz»? Describe el fenómeno que tiene lugar.

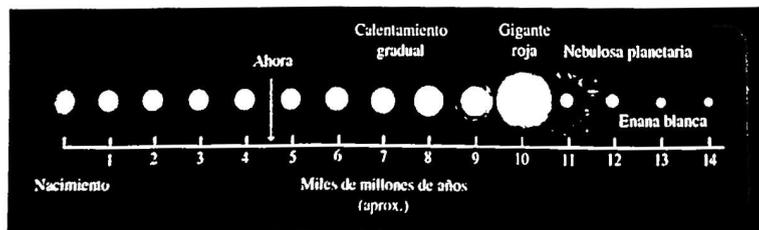


Figura 5.5.—Ciclo de vida del Sol.



Figura 5.6.—Evolución de la cola de un cometa al acercarse al Sol.

ACTIVIDAD 3: Representación de distancias y fenómenos en el aula.

3.2. El sistema Sol-Tierra-Luna

En este apartado nos centraremos en cinco preguntas. Respóndelas antes de continuar:

21. ¿Por qué hay días y noches?
22. ¿A qué se debe la sucesión de primaveras, veranos, otoños e inviernos?
23. ¿Por qué no vemos siempre la Luna completamente iluminada?
24. ¿Podemos saber cuándo se va a producir un eclipse? ¿Qué clases de eclipses conoces?
25. ¿Por qué razón las aguas del mar suben y bajan dos veces cada día?

El día y la noche

El día y la noche son consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra, que gira sobre su eje completando una vuelta cada 24 horas. El giro

se efectúa de este a oeste, por lo que desde la superficie terrestre vemos que el Sol y todos los astros se mueven en sentido contrario, esto es, «salen» más o menos por el este y «se ponen» más o menos por el oeste.

Si trazamos 24 meridianos, cada uno de ellos será un meridiano horario (figura 5.7), y el territorio comprendido entre dos de ellos será un huso horario. A cada huso horario se le asigna la misma hora solar. Desde cualquier punto de la superficie terrestre, las 12, hora solar, es cuando el Sol se encuentra en su posición más alta durante el día.

26. La hora que marcan nuestros relojes no es la hora solar. ¿Qué diferencia marcan, en verano y en invierno, respecto a ésta? ¿Por qué no los sincronizamos con la hora solar? ¿Por qué no los sincronizamos con la hora solar?
27. ¿Qué ángulo gira un punto del Ecuador en relación al centro de la Tierra cada hora?

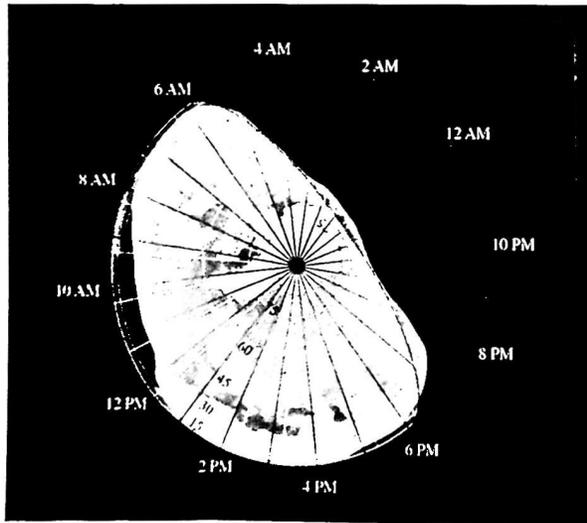


Figura 5.7.—Meridianos horarios.

Las estaciones

El eje de rotación de la Tierra no es perpendicular a su plano de traslación, llamado *plano de la eclíptica*, sino que forma con la perpendicular a dicho plano un ángulo de 23,5° (figura 5.8), que se mantiene constante y paralelo a sí mismo durante el movimiento de traslación. Debido a ello, los hemisferios terrestres reciben diferente radiación solar a lo largo del año, haciéndolo unas veces más el hemisferio norte y otras el sur. Ésta es la causa de las estaciones (figura 5.9⁵).

En el solsticio del 21 de junio (figura 5.9, punto c) los rayos del Sol caen perpendiculares al Trópico de Cáncer (comienza el verano en el hemisferio norte y el invierno en el sur), y en el del 21 de diciembre (figura 5.9, punto a) lo hacen en el Trópico de Capricornio (comienza el invierno en el hemisferio norte y el verano en el sur). En los dos equinoccios (puntos b y d), días del año en los que el día y la noche duran igual en todos

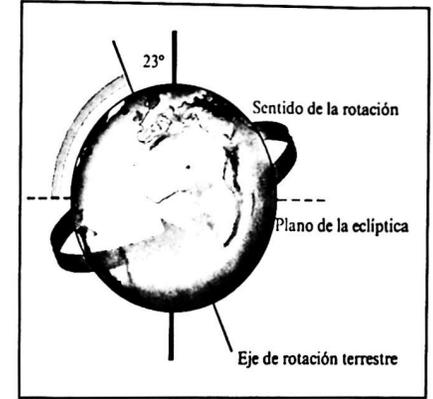


Figura 5.8.—Eje de rotación de la Tierra.

los puntos del planeta, los rayos solares caen perpendiculares al ecuador.



Figura 5.9.—Solsticios y equinoccios.

⁵ Esta imagen, al igual que todas las de este tema, no está a escala de tamaños ni distancias.

28. Dibujar la sombra de un poste vertical situado en un punto del ecuador al mediodía (12 h solar): a) en el solsticio de verano; b) en el equinoccio de otoño; c) en el equinoccio de primavera; d) en el solsticio de invierno. Indicar la situación de los cuatro puntos cardinales en cada dibujo.
29. En el lugar en el que vives, ¿alguna vez has visto el Sol justo encima de tu cabeza, de modo que un poste vertical no produce sombra al mediodía (12:00, hora solar)? ¿Dónde ocurre esto, y en qué momentos del año?

La Luna

La mayoría de los planetas del Sistema Solar tienen satélites. Algunos, como Júpiter y Saturno, tienen muchos. Hay cinco satélites más grandes que la Luna⁶, pero comparados con los planetas a los que pertenecen todos ellos son muy pequeños.

La Luna, comparada con la Tierra, resulta un satélite enorme, y al girar a su alrededor provoca importantes fenómenos que iremos estudiando, como las mareas y los eclipses. Su diámetro es algo mayor que 1/4 del terrestre, y su distancia media a la Tierra (384.000 km) es pequeña en términos astronómicos.

La hipótesis más aceptada en la actualidad es que se formó como resultado del impacto de un cuerpo celeste del tamaño de Marte con la joven Tierra, desprendiéndose material que quedó en órbita alrededor de ésta y finalmente formó la Luna.

La Luna es el primer astro, y hasta ahora el único, pisado por el ser humano. El día 20 de julio de 1969, Armstrong y Aldrin pusieron sus pies sobre el llamado Mar de la Tranquilidad y describieron la Luna como «un astro desolado y gris».

⁶ Tritón (satélite de Neptuno), Titán (de Saturno), Ganimedes, Calisto e Io (de Júpiter).

Su superficie está acribillada por cráteres, consecuencia de los impactos de infinidad de meteoritos que cayeron sobre ella hace miles de millones de años (como sobre todos los demás astros del sistema Solar), y cuyas huellas se mantienen intactas al no haber atmósfera ni agua que los erosione. No se ha detectado actividad geológica, por lo que podemos decir que es un astro «muerto».

Nuestro satélite completa una vuelta alrededor de la Tierra en aproximadamente 27 días⁷ y gira sobre su eje en el mismo tiempo. Al coincidir los períodos de traslación y de rotación, vemos desde la Tierra siempre la misma «cara» de la Luna (figura 5.10, izquierda). La «cara oculta» no la hemos conocido hasta que se envió un satélite a fotografiarla a finales de la década de 1950 (figura 5.10, derecha).

Las fases de la Luna

Las distintas fases lunares que apreciamos desde la superficie terrestre son consecuencia de las posiciones relativas del Sol, la Luna y la Tierra (imagen 5.11):

- Cuando vemos todo el disco lunar iluminado por el Sol, la llamamos luna llena (plenilunio). Cuando no se ve, debido a que la cara iluminada es la oculta, la llamamos luna nueva (novilunio).
- Cuando la zona iluminada por el Sol es la derecha (la que se correspondería con las 3, si la cara de la Luna fuese una esfera de reloj) hablamos de cuarto creciente, y cuando la zona iluminada es la izquierda, cuarto menguante. Esto, naturalmente, vista desde el hemisferio norte (desde el hemisferio sur al contrario).

⁷ El llamado periodo o mes sinódico se refiere a la repetición de una fase lunar, lo cual ocurre cada 29,5 días, ya que la Tierra se mueve también alrededor del Sol.

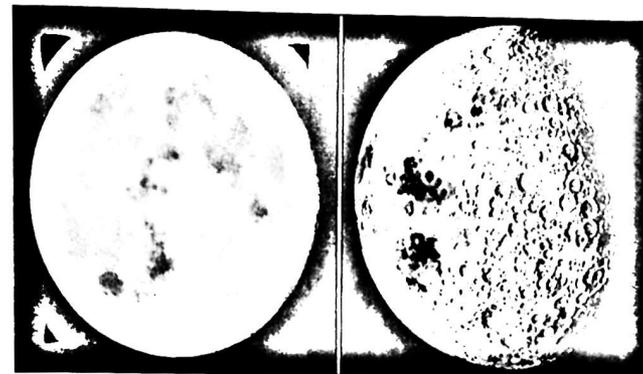


Figura 5.10.—Las caras de la Luna.

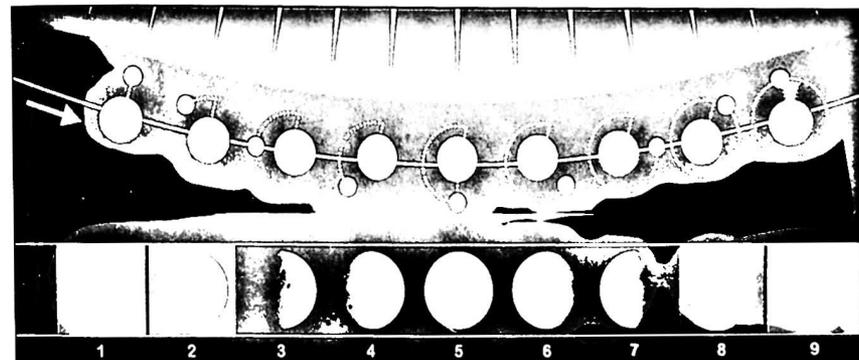


Figura 5.11.—Fases lunares.

30. ¿Entiendes que cuando desde el hemisferio norte se ve iluminada la parte derecha de la Luna desde el hemisferio sur se ve iluminada la izquierda? En el enlace <http://www.tutiempo.net/luna/fases.htm> dispones de un calendario lunar en el que puedes comprobar cómo se verá la Luna el día que tú elijas desde ambos hemisferios.

Las mareas

Las mareas son variaciones periódicas del nivel de las aguas de los mares y océanos por efecto de los movimientos y atracciones gravitatorias de la Tierra, la Luna y el Sol (principalmente de la Luna, véase la figura 5.12, en la que la superficie del agua está muy exagerada). La Tierra tarda 24 horas en completar un giro sobre sí misma, por

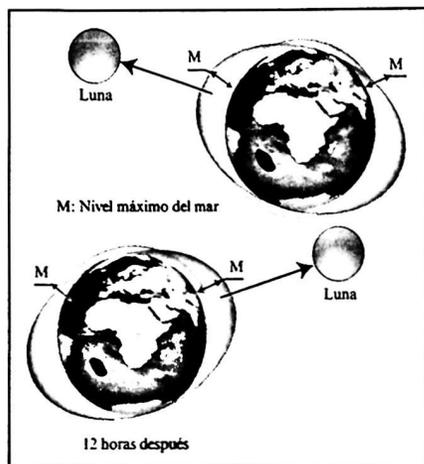


Figura 5.12.—Fuerzas gravitatorias que causan las mareas.

lo que el movimiento completo de subida y bajada de las aguas de marea se repite cada 12 horas aproximadamente, esto es, el mar sube (pleamar) dos veces cada día, y baja (bajamar) otras dos⁸.

Dos veces al mes los efectos de la Luna y el Sol se superponen, cuando se alinean los tres astros, y se producen mareas vivas; esto es, la diferencia de alturas entre pleamar y bajamar es máxima (figura 5.13, superior). Otras dos veces se contrarrestan, cuando la dirección Tierra-Luna es perpendicular a la dirección Tierra-Sol, y se producen mareas muertas: mínima diferencia entre pleamar y bajamar (figura 5.13, inferior).

31. Observa la figura 5.11 de las fases de la Luna. De la definición de mareas vivas y muertas,

⁸ La diferencia entre el nivel máximo del mar y el mínimo varía de unas regiones a otras, dependiendo de la forma de la costa y de la profundidad y longitud de la plataforma continental.

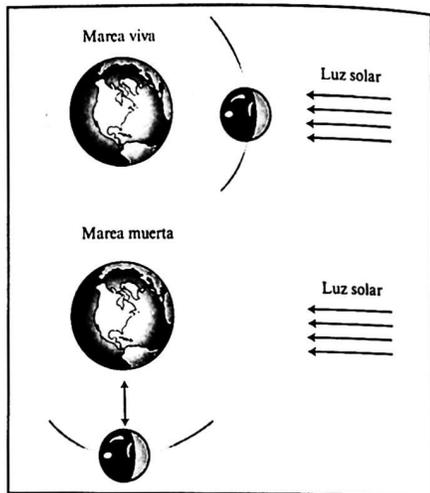


Figura 5.13.—Mareas vivas y muertas.

32. deduce: ¿en qué fases de la Luna se producirán las mareas vivas? ¿Y las muertas? ¿Qué diferencias y semejanzas hay entre las mareas altas y las vivas? ¿Y entre las bajas y las muertas?

Los eclipses

El eclipse (palabra de origen griego que significa «desaparición») es un suceso en el que la luz procedente de un cuerpo celeste es bloqueada por otro. En el sistema Tierra-Luna se pueden observar, desde la superficie terrestre, eclipses de Sol y de Luna, que ocurren cuando el Sol y la Luna se alinean con la Tierra de una manera determinada (figura 5.14)⁹.

⁹ En estas imágenes no se han respetado, como suele ocurrir en todas las que puedas encontrar sobre eclipses, las proporciones de tamaños y distancias entre astros, lo que ocasiona que las áreas de umbra y penumbra se observen en ellas muy exageradas respecto a la realidad.

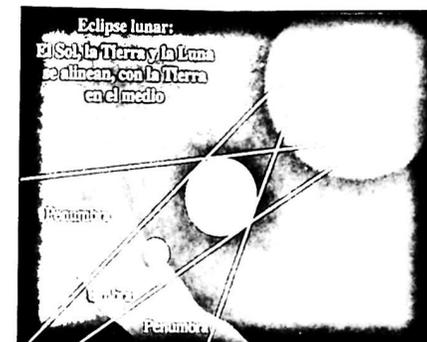
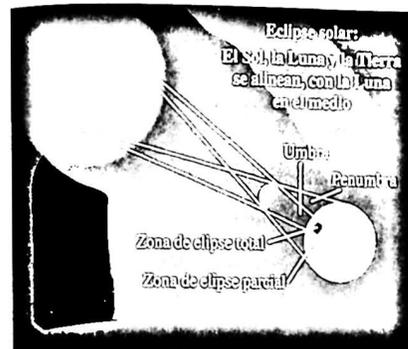


Figura 5.14.—Eclipse solar y lunar.

Como puede apreciarse en la imagen, en el eclipse de Luna la sombra de la Tierra cae sobre el satélite. En el eclipse de Sol, éste no se ve desde una parte de la Tierra, aquella sobre la que cae la sombra de la Luna.

33. ¿En qué fase de la Luna se producen los eclipses de Sol? ¿Y los de Luna?

ACTIVIDAD 4: Simulaciones informáticas (Stellarium y Celestia).

34. Busca información y responde. ¿Por qué no siempre que la Luna está en las fases anteriores se producen eclipses?

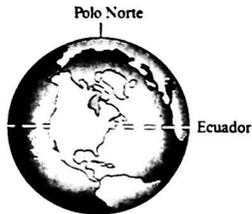
ANEXO. ACTIVIDADES DE AULA

ACTIVIDAD 1: Cuestionario de ideas previas. La Tierra en el Universo.

Apellidos y nombre _____ Fecha _____

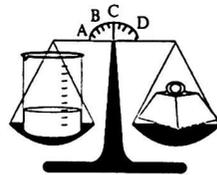
Señala la opción correcta en cada una de las siguientes cuestiones y responde a las tareas.
(Algunas adaptadas de: Sanmarti, N. y Pujol, R. M. (eds.). (2000). *Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza*. Barcelona: Praxis.)

Se transportan 1.000 kg de hierro desde el Ecuador hasta el Polo Norte. ¿Qué es lo que sucede?



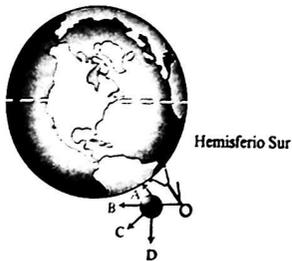
- a) Pierde masa.
- b) Gana masa.
- c) Pierde peso.
- d) Gana peso.
- e) Ninguna de las anteriores.

Disponemos de una balanza equilibrada en la superficie de la Tierra. Si en esta situación se trasladara a la Luna, ¿hacia dónde se desplazaría la aguja?



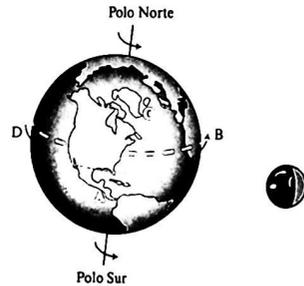
- a) Se desplazaría hasta A.
- b) Se desplazaría hasta D.
- c) Se desplazaría hasta B.
- d) Permanecería en C.

Si la persona dibujada, situada en el hemisferio Sur de la Tierra, suelta la bola que tiene en la mano, indica la dirección en que caerá la bola.



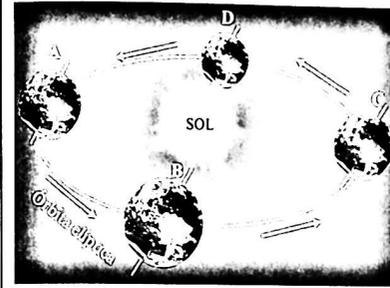
- A
- B
- C
- D

En la figura se muestra la Tierra rotando y la Luna (los tamaños y distancias no están a escala). ¿Qué zonas de la Tierra se encontrarán ahora en marea alta y en marea baja?



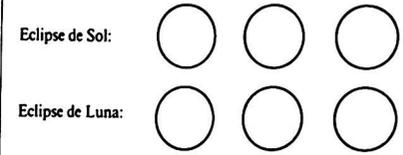
- Marea alta: A B C D
Marea baja: A B C D

Señala las posiciones en las que el hemisferio norte se encuentra en: otoño, invierno, primavera, verano.



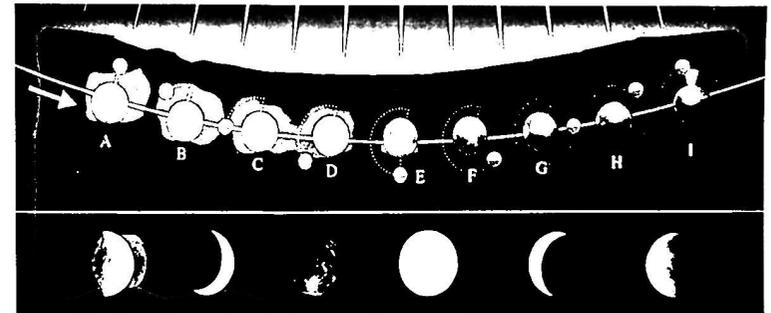
- Otoño: A B C D
Invierno: A B C D
Primavera: A B C D
Verano: A B C D

¿En qué orden se tienen que encontrar los astros Sol (S), Tierra (T) y Luna (L) para que se produzcan los siguientes fenómenos?:



Haz una representación gráfica de lo que ocurre en ambos casos.

En la figura se representa el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra y los rayos procedentes del Sol. Señala sobre cada círculo la posición en la que se encontraría la Luna para que así la viéramos.



Una vez realizado el cuestionario de ideas previas, reflexionad y responded a las siguientes preguntas (en pequeños grupos):

- ¿Qué conclusiones podemos sacar?
- ¿Influye el sistema educativo a la hora de provocar cambios conceptuales permanentes en las mentes de los alumnos?
- ¿Cómo podría entonces plantearse el profesor el fomento de aprendizajes significativos en su alumnado?

Se muestran a continuación algunas de las ideas previas más comunes sobre los contenidos que estudiarás en este tema. Después de estudiarlo, vuelve a esta tabla y proporciona las explicaciones adecuadas para aquellas que no sean acordes con el conocimiento científico actual.

Peso y gravedad

- El peso depende del estado de movimiento.
- El peso no es el resultado de una interacción, sino una propiedad de los cuerpos.
- No existe gravedad cuando no hay atmósfera.
- La gravedad puede actuar sobre unos cuerpos y sobre otros no.
- Interpretación de la gravedad en términos de un arriba y un abajo absolutos.
- A mayor distancia de la superficie terrestre, mayor peso.

La Tierra como cuerpo cósmico

Cinco grandes concepciones

- La Tierra plana, con el cielo arriba y la tierra abajo.
- La Tierra esférica y con dos hemisferios: el inferior sólido, sobre cuya parte plana vivimos, y el superior gaseoso, formado por cielo y/o aire. Fuera no hay nada, o hay aire sin oxígeno.
- La Tierra esférica y sólida, rodeada de un espacio ilimitado en el que existen un arriba y un abajo absolutos.
- La Tierra esférica rodeada de un espacio ilimitado donde se relaciona arriba-abajo con «de la Tierra hacia fuera» o viceversa. En la Tierra hay un arriba-abajo absolutos.
- La Tierra como planeta esférico, rodeado por el espacio y hacia cuyo centro caen los objetos.

ACTIVIDAD 2: Técnicas de orientación.

Desde tiempos remotos el ser humano ha emprendido grandes desplazamientos por causas diversas. En la actualidad contamos con instrumentos, con la brújula y el GPS, pero antes no se disponía de esta tecnología. ¿Cómo crees que se orientaban estos viajeros en el mar? ¿Y por tierra?

ORIENTACIÓN NOCTURNA. LAS CONSTELACIONES

Una constelación es, en pocas palabras, una agrupación de estrellas que ocupa una región del cielo. En la Grecia Antigua, cuna de la civilización actual, decidieron conectar las estrellas mediante líneas imaginarias, trazando figuras sobre la bóveda celeste y poniéndoles nombres cercanos a su cultura, que hoy conocemos como «mitología griega». Como Grecia se encuentra en el hemisferio norte, son las constelaciones pertenecientes a este hemisferio las que han conservado estos nombres. Algunos ejemplos de ellas son *Orión*, *Andrómeda*, *Pegaso*, *Cefeo* o *Perseo*, todos ellos héroes de esta mitología.

Las constelaciones del hemisferio sur se observaron y definieron más tarde, cuando nos atrevimos a surcar los mares, y tienen nombres más modernos. Ejemplos de ellas son *Telescopio*, *Brújula*, *Octante*, *Compás*, *Microscopio* o *Vela*, que como ves son artilugios más modernos.

Como artificio del ser humano, no todas las civilizaciones han definido las mismas constelaciones en la bóveda celeste. Cada cultura ha visto en el cielo distintas figuras, relacionadas con su modo de vida. Por poner un ejemplo, observa en las siguientes figuras cómo vieron los griegos a los conjuntos de estrellas que hoy conocemos como Osa Mayor y Osa Menor (figura 5.15), que ellos definieron como dos constelaciones relacionadas con la mitología antes mencionada, y cómo lo hacían los pueblos que vivían en el actual Kazajistán, cuya cultura giraba en torno a los caballos (figura 5.16).

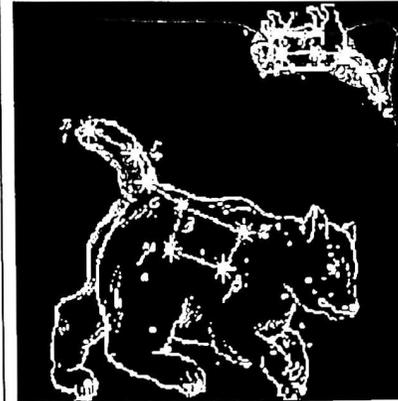


Figura 5.15.—La Osa Mayor era, para los griegos, la ninfa Calisto, a quien la diosa Hera, por celos, transformó en osa. La Osa Menor la definieron por similitud en la disposición de las estrellas.



Figura 5.16.—Los pueblos que vivían en el actual Kazajistán vieron que la estrella polar no cambiaba de sitio, y la llamaron Clavo de Hierro, en torno a la cual giraba atado un caballo.

La Osa Mayor quizá sea la constelación que más nombres ha recibido. En la Grecia Antigua también la llamaban Carro. En la Rusia Antigua la llamaban Carro, Carroza, Cacerola, Cazuela, Talega, Cazuela Mayor y Alce. Algunos de estos nombres aún se conservan en estas zonas.

Aparte de representar parte de la historia de la humanidad, las constelaciones se utilizan desde hace tiempo para orientarse durante la noche. Una de las constelaciones del hemisferio norte más nombrada en los libros de astronomía es la Osa Mayor. Esto se debe a que es muy fácil de localizar, pues a latitudes altas de este hemisferio no se oculta en toda la noche, y además tiene una forma muy característica y fácil de identificar. Por ello casi siempre se recomienda que sea la primera constelación a localizar.

Y ése será nuestro primer objetivo para ir conociendo las estrellas. Una rápida ojeada a un cielo estrellado nos debe bastar para localizar la Osa Mayor. A partir de ésta, no tendremos problema para localizar la estrella polar, y si la noche lo permite conseguiremos ver la Osa Menor al completo, o al menos sus estrellas más importantes (figura 5.17).

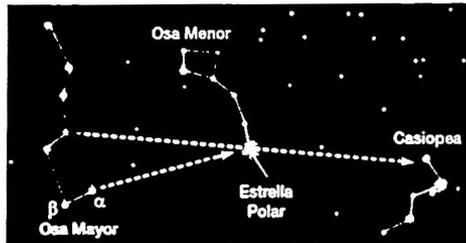


Figura 5.17.—La distancia entre α y la estrella polar es cinco veces la distancia entre α y β .

Una vez hayamos localizado la estrella polar¹⁰ ya sabemos hacia qué punto cardinal estamos mirando. La estrella polar siempre nos señala el norte. Si la observas durante un rato te darás cuenta de que siempre se encuentra en el mismo sitio, mientras todas las demás giran en torno a ella (siempre acordándonos de que ese efecto se debe al movimiento de rotación de la Tierra en sentido contrario).

ORIENTACIÓN DIURNA

Durante el día no es difícil localizar los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este y oeste), pues sabemos que el Sol, aproximadamente, «sale» por el este y «se pone» por el oeste. Si miramos hacia

¹⁰ La estrella polar forma parte de la constelación de la osa menor, pero se suele localizar mejor a partir de la osa mayor.

el este a la derecha tendremos el sur, a la izquierda el norte y el oeste a nuestra espalda. Al contrario si miramos hacia el oeste. Te presentamos dos sencillas formas de orientarse de día.

El reloj de sol

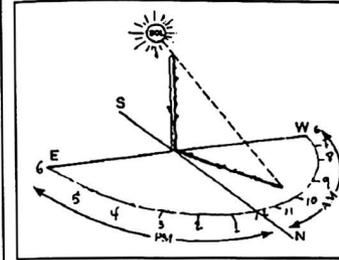


Figura 5.18.—Reloj de sol.

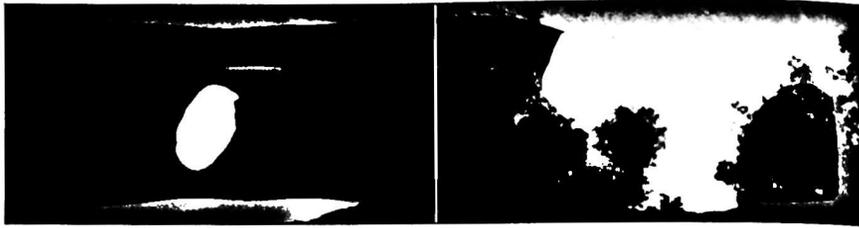
Sin más que clavar un palo en el suelo, en posición vertical, habrás construido un reloj de sol (figura 5.18). Si vas marcando las sombras proyectadas sobre el suelo, verás que la más corta se produce a mediodía (las doce, hora solar). Esta sombra marca la dirección norte-sur. Como la Tierra gira 15° cada hora, si a partir de la sombra más corta (las doce) trazas ángulos de 15° , cada uno de éstos trazos marcará una hora. Recuerda que si vives en la Península o en Baleares, la hora oficial en verano es la solar más dos, y en invierno la solar más uno. Si vives en Canarias sólo deberás sumar uno a la hora solar en verano, ya que en invierno tu horario coincidirá con el solar.

Observación de la naturaleza

En la zona templada donde nosotros vivimos, las laderas norte de los montes son más verdes y tienen más vegetación. En los bosques, las caras norte de los troncos gruesos son verdesas y anaranjadas porque tienen musgo y líquenes.

ACTIVIDADES

1. Puesto que la Estrella Polar se encuentra en la prolongación hacia el norte del eje de la Tierra, explica en qué posición del cielo se vería si estuvieras en: el Polo Norte, España, el ecuador y Argentina.
2. Nos hemos perdido, y hemos realizado las dos fotografías siguientes (figura 5.19) con muchos minutos de exposición para que se aprecie el movimiento de las estrellas; una de ellas (izquierda) con una cámara enfocada hacia el norte, y la otra (derecha) hacia el sur. Deduce:
 - El hemisferio en que estamos.
 - Si la latitud es muy alta (cercana al polo), muy baja (cercana al ecuador) o intermedia.
 - Si allí se habla español, ¿dónde podríamos estar?



Las estrellas giran alrededor de un punto que no llegamos a ver.

Las estrellas giran alrededor de un punto en el que no se observa ninguna estrella.

Figura 5.19.—Fotografías de larga exposición con cámara enfocada al norte (izquierda) y al sur (derecha).

ACTIVIDAD 3: Representación de distancias y fenómenos en el aula.

La primera parte de esta actividad se realiza de modo individual (se necesita una regla de al menos 30 cm y los datos solicitados en la actividad 17 de este tema). La segunda, en pequeños grupos, que traerán a clase el material necesario (flexo, pelotas e hilo).

Como venimos diciendo a lo largo del tema, las imágenes del Sistema Solar que encontramos en los libros de texto, o en Internet, son representaciones artísticas que no respetan la escala de distancias. Dedicaremos la primera parte de esta actividad a representar a escala estas imágenes y comprobar las dificultades que se presentan.

En primer lugar nos centraremos en las distancias al Sol, para lo que te proporcionamos los datos a representar en UA (tabla inferior). Representálas sobre una línea de 30 cm dibujada en

Astro	Distancia al Sol (UA)
Mercurio	1/3
Venus	3/4
Tierra	1
Marte	1,5
Júpiter	5
Saturno	10
Urano	20
Neptuno	30

la diagonal de una hoja A4, en cuyo extremo izquierdo estaría el Sol y Neptuno en el derecho. Introducimos aquí una unidad de distancias muy utilizada en astronomía, la unidad astronómica (distancia Sol-Tierra; 1 UA = 150.000.000 km), que en nuestra representación equivale a 1 cm.

Marcadas las distancias entre planetas, dibuja los astros como circunferencias en esta escala (con los datos de la actividad 17). Como observarás, aquí surge un problema, ya que el Sol, astro principal del sistema, tendría un diámetro de tan solo 0,01 cm. Y qué decir de los planetas. Júpiter, el gigante, habría que dibujarlo con un diámetro de una milésima de centímetro. ¿Vas siendo consciente de la magnitud de las distancias astronómicas?

Podemos ejemplificar con el siguiente símil: si el Sol fuese del tamaño de una pelota de baloncesto (unos 25 cm de diámetro), la Tierra tendría un diámetro de 2,3 mm (algo así como una cabeza de alfiler), y estaría situada a 26,94 m de la pelota. Y así con el resto de planetas. ¿Está, o no, vacío, el sistema?

Estos ejercicios de escala son muy interesantes para comprobar las distancias reales entre astros, y de este modo observar con espíritu crítico las representaciones artísticas de los astros del Sistema Solar.

Aclaradas estas cuestiones, pasaremos al sistema Tierra-Luna. En este caso, si tomamos la Tierra como la pelota de baloncesto, la Luna sería una esfera de unos 7 cm (podemos utilizar una pelota de tenis), situada a unos 7,5 m de la pelota de baloncesto (en esta escala el Sol tendría un diámetro de 27,3 m y estaría situado a 2,9 km).



Figura 5.20.

Utilizando una pelota de baloncesto como Tierra, una de tenis como Luna y un flexo (o linterna) como equivalente de la radiación solar, simularemos fenómenos cotidianos como el día y la noche, los eclipses y las estaciones (figura 5.20).

Queda claro, pues, que no podremos respetar la distancia Tierra-Luna, aunque sí, aproximadamente, sus tamaños. Con hilo representaremos el paralelo terrestre en el que nos encontramos para aclarar las cuestiones relacionadas con la duración del día y la noche en las diferentes estaciones.

Para finalizar la actividad debéis dar respuesta, por grupos, a las preguntas 21 a 25 del plan de trabajo autónomo, y comparar estas respuestas con las que disteis anteriormente. Los comentarios a esta comparación es lo que tendréis que entregar al profesor.

ACTIVIDAD 4: Simulaciones informáticas (Stellarium y Celestia).

Esta actividad se basa en el uso de dos programas de simulación, Stellarium y Celestia, ambos de uso libre y gratuito. Se pueden descargar realizando una búsqueda desde cualquier buscador de

internet. Se realizará en pequeños grupos, que han de traer a clase un ordenador portátil con los programas instalados.

Las posibilidades que nos ofrece Stellarium de centrarnos en cualquier astro, seguirlo en su movimiento o hacer zoom hasta obtener una imagen del mismo, entre otras, nos permitirán entender mejor algunos de los contenidos estudiados en este tema. Realizaremos con él las siguientes actividades:

1. Representación de las constelaciones de ambos hemisferios celestes, con figuras mitológicas y sin ellas.
2. Identificación de la estrella polar.
3. Comprobación del movimiento circular de las estrellas, con centro la estrella polar, en el hemisferio norte. Igual en el hemisferio sur, pero sin estrella en el centro.
4. Visualización del sol de medianoche en ambos hemisferios y en diferentes entornos (podemos, incluso, tomar una panorámica desde nuestro lugar habitual de observación e incluirla en el programa).
5. Visualización de eclipses de Sol y de Luna.
6. Las fases de la Luna en ambos hemisferios.
7. Comprobación de las posiciones relativas del Sol y la Luna durante un mes.
8. Las trayectorias del Sol y la Luna en las distintas estaciones.
9. Los planetas y la eclíptica.
10. El movimiento retrógrado de los planetas.
11. ¿Cómo veríamos el cielo si no existiera atmósfera?
12. Visualización de galaxias desde la superficie terrestre.
13. Las coordenadas celestes.
14. ¿Tiene base científica la astrología?

Comprobados los fenómenos visibles desde la superficie terrestre, saldremos de ella con Celestia. En primer lugar debemos comentar la limitación que supondría el tener que viajar a velocidades usuales de una nave espacial por el universo. Incluso la velocidad de la luz impondría limitaciones temporales en viajes cercanos, dentro del propio Sistema Solar, en una sesión de clase (tardaríamos ocho minutos en llegar al Sol desde la Tierra). Aprovechamos la posibilidad que nos brinda el programa de violar las leyes de la Física y viajar a velocidades superiores.

Visto esto, utilizaremos Celestia para:

1. Visitar los planetas y planetas enanos del Sistema Solar y comprobar cómo se vería el Sol desde ellos.
2. Visualizar cómo veríamos el Sistema Solar desde fuera del mismo, recordando lo que se vio en la actividad de aula 3 en relación con las distancias entre astros y el vacío entre ellos.
3. Comprobar la tercera ley de Kepler.
4. ¿Cómo se vería el Sol desde algunas estrellas vecinas?
5. ¿Qué forma tendrían las constelaciones vistas desde otros lugares del universo?

6. ¿Dónde están, y cómo se mueven, los principales satélites artificiales y las sondas y telescopios espaciales?
7. ¿Qué aspecto tiene nuestra galaxia vista desde fuera?
8. ¿Por qué la vemos como la vemos desde la superficie terrestre?

Dejando claro que se trata de simulaciones, con las limitaciones que ello supone, los dos programas utilizados en esta actividad constituyen un excelente recurso para trabajar en las aulas la observación del firmamento. Son herramientas que, sin duda, te facilitarán tanto la comprensión de algunos fenómenos naturales como tu labor docente a la hora de enseñarlos.

PARTE SEGUNDA
Seminarios

Seminario temático 1 (una sesión de seminario). Real Decreto de mínimos de Educación Primaria

SESIÓN 1 (ÚNICA): REVISAR Y ANALIZAR LA LEGISLACIÓN VIGENTE

Algo que se ha de tener presente durante todo el curso es la normativa vigente sobre contenidos mínimos de Educación Primaria. Las habilidades para el análisis del currículo educativo y su adaptación al trabajo en el aula son imprescindibles para el desarrollo de algunas competencias profesionales. El comienzo del curso es el mejor momento para empezar a trabajar con él.

En este seminario, después de comentar los aspectos más relevantes de dicha normativa, ten-

dréis que afrontar, en pequeño grupo, las siguientes cuestiones:

- Leer la introducción al currículo de Ciencias de la Naturaleza y señalar lo que os parezca más destacable en relación con el modo de planificar la enseñanza de las ciencias.
- Localizar los contenidos relacionados con Física, Química, Geología y Tecnología.
- Identificar los contenidos que puedan ocasionaros mayores dificultades de comprensión y explicar por qué.

Para finalizar, redactar una reflexión de seis o siete líneas acerca de la utilidad de lo realizado en este seminario.

Seminario temático 2 (dos sesiones de seminario Análisis de los contenidos de un libro de texto

En muchos casos, los libros de texto son utilizados de forma literal para la enseñanza en las aulas, algo criticable ya que deberían constituir un medio o recurso más para la enseñanza, pero nunca el único. Nuestro entorno está plagado de otras posibles fuentes de aprendizaje (bibliografía complementaria, dispositivos de laboratorio, ma-

teriales cotidianos, itinerarios de campo, museos de ciencia...), muchas veces ignoradas o infrutilizadas. Por ello debemos adquirir la capacidad de analizar, modificar o ampliar la información que presenta el libro de texto.

En el cuadro 1 se muestra una propuesta de protocolo de análisis.

CUADRO 1

Protocolo de análisis de un libro de texto

0. Datos completos del libro analizado.
1. Relación entre contenidos, temas y bloques de temas.
2. Estructura de los temas (por ejemplo, introducción, preguntas iniciales, etc.).
3. Uso de la imagen. Tipos (dibujos, fotografías, tablas...). Cuantificarlas y valorarlas de acuerdo al decálogo repartido.
4. Lenguaje utilizado (nivel de comprensión, uso de analogías, sexismo, interculturalidad, glosario...).
5. Contenidos:
 - 5.1. Tipos conceptuales, procedimentales y actitudinales, concretándolos para una unidad (véase tabla II).
 - 5.2. Adecuación a los objetivos y contenidos de la legislación (de ámbito científico).
 - 5.3. Conexión con el medio.
 - 5.4. Relaciones interdisciplinares: áreas transversales (por ejemplo, Educación Ambiental, Educación para la Salud, etc.) y CTS (véase pág. 31).
 - 5.5. Visión que ofrece sobre la Naturaleza de la Ciencia e Historia de la Ciencia.
 - 5.6. Grado de actualización científica.
 - 5.7. Errores conceptuales.
6. Actividades:
 - 6.1. Adecuación a los objetivos marcados por la legislación (de ámbito científico) y al desarrollo de las competencias.

CUADRO 1 (continuación)

- 6.2. Tipos de actividades (clasificarlas de acuerdo con la tabla 1.1, pág. 36).
 - 6.3. Grado de directividad (según sean las instrucciones para su resolución).
 - 6.4. Grado de complejidad.
 - 6.5. Recursos didácticos (materiales que deben utilizarse en las actividades).
 - 6.6. Adecuación al contexto del alumno.
7. Valoración general del libro y propuestas de mejora.

1. RELACIÓN ENTRE CONTENIDOS, TEMAS Y BLOQUES DE TEMAS

Este punto se refiere a la búsqueda en el libro de referencias explícitas a los contenidos de otros temas (en la introducción al libro, en la forma en que se estructura el índice, en el desarrollo de los distintos temas...), de manera que el alumno pueda percibir que existe relación entre ellos y no aparezcan (como suele suceder) como temas aislados unos de otros que se van abordando sucesivamente sin saber por qué.

El indicador de esta relación es básicamente si los autores del libro hacen alusión al contenido de otros temas y/o justifican por qué el contenido está organizado de la forma en que se hace (por ejemplo, frases del tipo «Una vez que en el tema anterior mencionamos las fuentes de energía, ahora vamos a estudiar...»). Ello exigirá, por tanto, hacer una lectura general del libro, especialmente el índice general, la introducción y el inicio de cada tema (si estuviera accesible el libro del profesor, sería conveniente comprobar si en él si se ofrece una justificación de las relaciones buscadas).

ESTRUCTURA DE LOS TEMAS (POR EJEMPLO, INTRODUCCIÓN, PREGUNTAS INICIALES, ETC.)

Extraer la estructura común de los temas del libro, que suele respetarse a lo largo del mismo. deben identificar las secuencias de desarrollo

de cada uno de ellos (por ejemplo, preguntas iniciales, exposición del contenido, etc.). Ello, a su vez, permitirá ubicar la metodología de enseñanza que subyace en el libro (algo ya abordado en la Actividad 1.2).

3. USO DE LA IMAGEN. TIPOS, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN

Con el fin de que se tome conciencia de la importancia que tienen las ilustraciones en los libros de texto actuales (al menos en cuanto a la superficie que ocupan, cada grupo tomará un tema del libro de texto y medirá, con ayuda de una regla, la superficie ocupada por las ilustraciones y la ocupada por el texto escrito, calculando los porcentajes de cada formato para poder compararlos.

A continuación se va a tratar de clasificar las ilustraciones presentes en el libro. Para ello podemos basarnos en el tema del libro elegido en el párrafo anterior y seleccionar al azar entre 10 y 15 ilustraciones del mismo. Los criterios que nos pueden servir para hacerlo se muestran en la tabla 1¹.

¹ Si se desea profundizar más en esta temática, pueden consultarse:

- Jiménez, J. D. y Perales, F. J. (2001). El análisis secuencial del contenido. Su aplicación al estudio de libros de texto de Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 3-19.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 369-386.

Tal clasificación se puede llevar a cabo mediante una elaboración de una ficha individual para cada ilustración (incluyéndola escaneada) en la que aparezca cada criterio de la tabla I y cómo se clasifica dicha ilustración según él. Dentro de

la misma ficha se puede incorporar la valoración didáctica de la ilustración de acuerdo al decálogo que se muestra en el cuadro 2, justificando la valoración de los puntos del decálogo con la ilustración analizada.

TABLA I

Criterios de clasificación de las ilustraciones de un libro de texto

Criterio de clasificación	Descripción del mismo
1. Función didáctica en la que aparecen las ilustraciones ¹ .	Evocación, definición, aplicación, descripción, interpretación y problematización.
2. Iconicidad.	¿Qué semejanza posee la ilustración con la realidad (realistas, realistas con elementos simbólicos, esquemas, gráficos...)?
3. Relación con el texto principal.	¿Cómo se refiere el texto escrito a la ilustración (referencia detallada, breve o no se refiere a ella)?
4. Etiquetas verbales.	¿Incorporan textos dentro de la ilustración y/o a pie de la ilustración?

¹ Véase la actividad 2 del anexo 1 del tema 1.

CUADRO 2

Decálogo para el análisis didáctico de las ilustraciones de un libro de texto

1. Cuando una ilustración está dedicada sólo a «adornar» el libro, no produce un efecto positivo sobre el aprendizaje.
2. Cuando un texto describe un sistema (por ejemplo, un motor) mediante relaciones causa-efecto (por ejemplo, la explosión del combustible produce la expansión del pistón), las ilustraciones mejoran su comprensión si muestran estas relaciones y su secuencia (apoyadas en etiquetas verbales).
3. Si las relaciones son sólo entre conceptos, las ilustraciones que las representan (por ejemplo, mapas conceptuales) ayudan al establecimiento de dichas relaciones por parte del lector.
4. Las imágenes mixtas (las que incluyen representaciones realistas y abstractas) deberían mostrar en primer lugar tales representaciones por separado y establecer claramente la relación entre ambas (por ejemplo, una pila y su símbolo en un circuito eléctrico).
5. Las ilustraciones ambiguas pueden provocar desconcierto entre los lectores, por lo que el profesor debería eliminar todo elemento accesorio o de dudosa interpretación.
6. La enseñanza por analogías se beneficia de las representaciones pictóricas, pero sólo cuando el análogo es bien conocido, más simple y se explicitan las limitaciones de la analogía.

CUADRO 2 (continuación)

7. Son preferibles las ilustraciones de diseño sencillo, ya que la complejidad o el exceso de detalles pueden dificultar su comprensión.
8. Las ilustraciones deberían estar destinadas a aprendices con un bajo nivel de conocimiento previo , lo que garantizaría su accesibilidad a la mayoría de los lectores.
9. Para un mejor aprovechamiento didáctico de las ilustraciones es imprescindible dirigir el proceso de exploración por parte de los lectores a extraer información de ellas.
10. Algunas actividades con ilustraciones podrían ser: clarificar los signos gráficos; mejorar su coordinación con el texto escrito; simultanear las observaciones realistas y simbólicas; corregir errores; producir imágenes los propios alumnos, e integrarlas en la evaluación del aprendizaje.

4. LENGUAJE UTILIZADO

Se trata de adquirir una primera aproximación al lenguaje utilizado en el libro. Para ello se abordará la lectura de un apartado de un tema, anotando (justificadamente y señalando las frases textuales) los siguientes aspectos:

- Frases o párrafos que presenten dificultad de comprensión (para los estudiantes de esta asignatura y, supuestamente, para los de Educación Primaria).
- Recursos lingüísticos para fomentar la comprensión, como las analogías (no confundir con ejemplos, véase el tema 2).
- Referencias que puedan indicar (implícita

o explícitamente) algún tipo de discriminación en cuanto a sexo, cultura, religión...
 — Si el libro dispone de algún glosario que defina o clarifique los términos más novedosos.

5. CONTENIDOS

Continuando con el análisis de los contenidos del libro de texto, hay que revisarlos de acuerdo a los epígrafes del cuadro 1.

En la tabla II se relacionan los ámbitos de los contenidos con los diferentes tipos de aprendizaje y las formas en se pueden evaluar (punto 5.1).

TABLA II

Ámbitos de contenidos, tipos de aprendizaje y formas de evaluación (Bolívar, 1996)

Clase de contenido	Tipo de aprendizaje	Criterios y formas de evaluación
CONCEPTUAL: hechos, conceptos y principios	<ul style="list-style-type: none"> • Hechos: memorístico, reproductivo y aislado. • Conceptos: significativo, relación e integración. • Principios: comprensión de relaciones entre conceptos o hechos. 	<ul style="list-style-type: none"> • SABER: conocer, analizar, enumerar, explicar, describir, resumir, relacionar, recordar, etc. • Definición, exposición, identificación, categorización, etc.

TABLA II (continuación)

Clase de contenido	Tipo de aprendizaje	Criterios y formas de evaluación
PROCEDIMENTAL: distintas acciones y estrategias para resolver objetivos o alcanzar metas.	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento y utilización (funcionalidad, uso y aplicación) de un conjunto de habilidades y estrategias, métodos, reglas, destrezas o hábitos aplicados a las tareas o situaciones particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> • SABER HACER: elaborar, aplicar, experimentar, demostrar, planificar, construir, manejar, etc. • Uso y aplicación práctica en situaciones apropiadas. Integración de acciones, generalización, contextualización, etc.
ACTITUDINAL: actitudes, valores y normas.	<ul style="list-style-type: none"> • Componente afectivo, cognitivo y comportamental. • Predisposición a actuar de una determinada forma socialmente deseable. 	<ul style="list-style-type: none"> • VALORAR: comportarse, respetar, tolerar, apreciar, preferir, sentir, valorar, aceptar, etc. • Observación sistemática en sus distintas variantes y situaciones.

6. ACTIVIDADES

En este apartado se analizarán las actividades de un tema del libro de texto escogido, poniendo los ejemplos oportunos, de acuerdo a los puntos del cuadro 1.

7. VALORACIÓN GENERAL DEL LIBRO Y PROPUESTAS DE MEJORA

Por último, en este apartado se pretende establecer unas conclusiones generales teniendo en cuenta los puntos fuertes y débiles hallados en el análisis previo, señalando cómo podría intentarse paliar las deficiencias detectadas en el libro.

Seminario temático 3 (5 sesiones de seminario + exposiciones)

El diseño de unidades didácticas

En este seminario temático se abordará el esquema general para el diseño de una unidad didáctica (cuadro 3) como prototipo de lo que constituirá la herramienta básica en manos del maestro para planificar su enseñanza.

CUADRO 3

Orientaciones generales para el diseño de una unidad didáctica (puntos a desarrollar en un anexo)

Posibles epígrafes a considerar en el diseño de una unidad didáctica	
1. Portada	<ul style="list-style-type: none">• Título de la UD elegida.• Ciclo/curso.• Bloque(s) de contenido(s) implicado(s), de los establecidos por la legislación vigente.• Autores y número de grupo.
2. Índice numerado	
3. Justificación de la elección	<ul style="list-style-type: none">• Relevancia social y curricular.
4. Contextualización	<ul style="list-style-type: none">• Número de alumnos previsto.• Características (reales o hipotéticas) del centro.
5. Competencias y objetivos	<ul style="list-style-type: none">• Competencias a adquirir.• Objetivos:<ul style="list-style-type: none">— Generales (de la etapa y/o área, relacionados con la unidad).— Específicos (de la unidad).

CUADRO 3 (continuación)

Posibles epígrafes a considerar en el diseño de una unidad didáctica

6. Contenidos*Conocimiento científico:*

- Revisión y ampliación de los contenidos a tratar desde una perspectiva científica (en Anexo).
- Selección de contenidos.
- Elaboración de un mapa conceptual.

Conocimiento didáctico:

- Revisión bibliográfica de la literatura educativa relacionada con la UD (en Anexo).
- Secuenciación de contenidos.
- Conocimientos previos y dificultades de aprendizaje.
- Contenidos transversales y enfoque CTS que correspondan a la UD.

7. Metodología y temporalización

- Justificación del modelo(s) didáctico(s) que se asume y estimación de las sesiones que se dedicarán a la UD.

8. Actividades

- Descripción y secuenciación de las actividades a realizar.
- Justificar su inclusión en función del modelo anterior.
- Justificar las competencias básicas y objetivos que se desarrollan con cada una de ellas.
- Recursos necesarios para desarrollar la metodología.
- Atención a la diversidad.

9. Evaluación

- Considerar los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje previstos en la legislación vigente.
- Relacionarla con los objetivos específicos.
- Considerar las distintas dimensiones del aprendizaje.
- Especificar los instrumentos de evaluación.
- Proponer los criterios de calificación.

10. Esquema general de la UD

- Relacionar los distintos componentes de los apartados 5, 6, 8 y 9.

11. Referencias bibliográficas

- Expresadas correctamente según normativa APA.

12. Anexos

- Lo indicado en apartados anteriores.
- Información complementaria.

Nota importante: Los contenidos de esta UD que se hayan extraído de un libro, página web..., han de incluir la referencia a los mismos (por ejemplo, autor y año de la cita en el texto de la UD y la referencia completa en la bibliografía final de aquella), lo contrario puede ser considerado «plagio». La Universidad dispone de un programa antiplagio que ayuda a descubrir esta conducta.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

Explicar las razones que han llevado al grupo a elegir esa unidad desde el punto de vista de la relevancia que puede presentar en la sociedad actual.

4. CONTEXTUALIZACIÓN

Se incluirán los datos requeridos en el cuadro 3, intentando dotar de realismo a la propuesta contemplando algún centro escolar conocido por alguno de los miembros del grupo de trabajo (el período de prácticas nos ofrece una excelente oportunidad para ello).

5. COMPETENCIAS Y OBJETIVOS

A partir de lo abordado en el seminario 1, reflexionar sobre las competencias y objetivos que se esperan alcanzar con la UD.

Para las primeras se consultará la normativa vigente en Educación Primaria y se argumentará qué competencias parecen más adecuadas para desarrollar con la UD.

Para los segundos, en el caso de los generales, también se hará uso de la normativa, y en el caso de los específicos de la UD se habrán de enunciar por parte del grupo de trabajo, teniendo en cuenta lo que inicialmente se pretende que adquieran los alumnos (los criterios y formas de evaluación de la tabla II del seminario anterior pueden servir de orientación). En cualquier caso, estos objetivos podrán ser modificados a medida que se profundice en la UD, hasta llegar a su redacción definitiva.

Algunos verbos que pueden orientarnos para concretar el tipo de aprendizaje que se persigue, y que facilitan la redacción de objetivos, son los siguientes (tabla III):

TABLA III

Algunos verbos a utilizar en la enunciación de objetivos

Objetivos		Verbos
Conocimientos		Conocer, comprender, trasladar, componer, identificar, indicar, dibujar, señalar, etc.
Habilidades	Académicas	Leer, ver, oír, tomar nota, hacer gráficos, interpretar, construir, diseñar, clasificar, organizar, explicitar, analizar, elaborar, etc.
	Investigación	Observar, plantear hipótesis, analizar, aplicar, buscar, manipular, tabular, interpretar, experimentar, probar.
	Sociales	Cooperar, saber discutir, defender ideas, argumentar, trabajar en equipo, resolver conflictos, etc.
Actitudes		Apreciar, tomar conciencia, sensibilizarse, interesarse, tomar parte, esforzarse, comprometerse, participar, adaptarse, conseguir, cooperar, habituarse a, ser responsable, tolerar, valorar, aceptar, aprovechar, responsabilizarse, etc.

6. CONTENIDOS

Conocimiento científico

- *Revisión y ampliación de los contenidos.* En relación con los objetivos planteados, hemos de decidir qué contenidos se trabajarán y cómo. Para ello partimos siempre de los contenidos mínimos establecidos en la normativa vigente. Se ha de prestar atención a los contenidos conceptuales, a los procedimentales y a los actitudinales. Los tres tipos de contenido son igual de importantes, no pudiendo asumir que cualquiera de ellos se aprenda de forma significativa sin prestar atención a los otros. Si bien los contenidos solían presentarse en forma de tabla con tres columnas, una para cada tipo, la tendencia actual se orienta en el sentido de relacionar las destrezas y valores con el conocimiento correspondiente, dando mayor coherencia al diseño de los mismos.

La inclusión de los contenidos que se desea aprendan los estudiantes requerirá por parte de los miembros del grupo de trabajo un conocimiento previo de ellos, en amplitud y profundidad, por lo que se aconseja consultar distintas fuentes de información (especificando cuáles han sido, incluyendo este mismo libro, y mencionando dichas fuentes en el anexo correspondiente a esta UD). No es necesario que en la UD aparezca el desarrollo de los contenidos que se pretende aprendan los alumnos.

- *Selección de contenidos.* Ante la cuestión de qué enseñar se ha de tener en cuenta que la información sobre cualquier temática es casi inabarcable. Por ello se han de adoptar criterios de selección de los contenidos, tales como los contenidos mínimos de la legislación, criterios lógicos (mapa conceptual anterior), psicodidácticos (revisión bibliográfica posterior) y la relevancia social de aquellos (punto 3 del cuadro 3). Especificar

los criterios utilizados y los contenidos seleccionados.

- Finalmente se elaborará un *mapa conceptual* de dichos contenidos.

Conocimiento didáctico

Aquí se trata de reflexionar sobre **cómo enseñar** los contenidos de la UD. Para ello se llevarán a cabo las siguientes acciones que se indican en el cuadro 3:

- *Revisión bibliográfica de la literatura educativa relacionada con la UD.* Hacer una revisión bibliográfica sobre algunas innovaciones o investigaciones que se hayan realizado sobre la enseñanza de los contenidos de esta UD (preferiblemente a nivel de Educación Primaria), y anotar las consecuencias que pueden extraerse respecto a qué contenidos los contenidos de esta UD enseñar y cómo hacerlo. Podemos comenzar con el buscador «Google académico», introduciendo palabras clave relacionadas con dichos contenidos (por ejemplo, «la enseñanza de la energía en Educación Primaria»). Una vez localizados los documentos, deberíamos leer los resúmenes (en el caso de tratarse de artículos de revista). Los documentos que más interesen se descargarán directamente o a través de las bases de datos de la Biblioteca Universitaria. Finalmente, en el anexo correspondiente se formalizará una ficha de cada uno con un resumen y con las conclusiones que mejor puedan servir para el diseño de la UD.
- *Secuenciación de contenidos.* La importancia del orden temporal que se siga en los contenidos debe quedar reflejada en la justificación de la misma, que puede estar basada en la propuesta por el RD de contenidos mínimos pero también en criterios lógicos (apoyar unos contenidos en otros que son necesarios para entender los actua-

les) y psicodidácticos (extraídos de la revisión bibliográfica anterior). Esta decisión no es simple y se ha de tener en cuenta, al menos, dos prototipos: secuenciación inductiva y deductiva. La primera parte de fenómenos concretos y desemboca en leyes generales (por ejemplo, los cuerpos caen cuando se les suelta, o todos los cuerpos sufren una atracción gravitatoria); la segunda opera en sentido contrario: de lo general a lo particular. Esto tendrá luego consecuencias de cara a los modelos didácticos que propongáis. Especificar los criterios de secuenciación utilizados y los contenidos secuenciados.

- *Conocimientos previos y dificultades de aprendizaje.* La revisión bibliográfica anterior de la literatura educativa (también la primera actividad incluida en los temas 2 a 5 de este libro) nos puede proporcionar datos sobre las algunas ideas previas de los alumnos. Igualmente podría ser el momento de tener en cuenta las limitaciones cognitivas que posee la enseñanza de algunos contenidos científicos (en el sentido piagetiano del término), ejemplificándolas con la Taxonomía de Shayer y Adey (1986) ya vista (anexo 2 del tema 1). Los propios maestros tutores del Practicum pueden orientaros en este campo. De todo lo anterior, además de lo que haya podido tratarse en las sesiones de gran grupo, ha de hacerse una relación de las previsible ideas previas y dificultades de aprendizaje que puedan presentar vuestros futuros alumnos, de cara a la propuesta de las actividades de enseñanza.
- *Contenidos transversales (Educación Ambiental, para la Salud, para el Consumidor) y CTS que correspondan a la unidad.* Deben incorporarse contenidos de naturaleza transversal que, además, suelen tener un carácter preferentemente actitudinal. También habréis de tener en cuenta los enfoques

Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), para lo que deberéis consultar el apartado 2.3 capítulo 1 de este manual.

Al final de este apartado, se enunciarán contenidos que se van a incorporar en la UD, como síntesis de los subapartados anteriores.

7. METODOLOGÍA Y TEMPORALIZACIÓN

Se consultará el apartado de modelos didácticos tratado y el relativo a estrategias didácticas (tema 1).

Sería recomendable pensar en lo que desea que aprendan los alumnos (retomando el apartado de objetivos específicos de esta unidad) cómo podrían hacerlo. Para ello, hay elaborar justificadamente una secuencia metodológica general de la UD, que podría combinar uno o más modelos didácticos.

En cuanto a la temporalización, se hará en función del calendario escolar y las horas dedicadas a Conocimiento del Medio.

8. ACTIVIDADES

Partiremos de lo visto en el apartado 4 del tema 1. En primer lugar habrá que reconocer las competencias básicas y los objetivos específicos de la UD, ya que son ellos los que condicionan las actividades, así como los propios contenidos que queremos enseñar. Para ello recomendamos hacer una tabla donde se especifiquen secuenciadamente las actividades correspondientes (por ejemplo, explicaciones magistrales, actividades prácticas, problemas, etc.), justificándolas de acuerdo al modelo didáctico por el que se haya optado junto con las competencias y objetivos a que correspondan e incluyendo los recursos necesarios para llevarlas a cabo (por ejemplo, TIC, material de laboratorio, salidas extraescolares, etc.).

Las actividades deberán ser variadas en cuanto a la demanda cognitiva y al tipo de tarea que se requiera (incluyendo posibles salidas externas, uso de Internet y medios de comunicación, etc.). Finalmente, se propondrán algunas de las actividades programadas para atender a la diversidad.

Por otro lado, deberá diseñarse una actividad práctica con material casero, para mostrarla durante la sesión de puesta en común de la UD.

9. EVALUACIÓN

Este es el colofón de la UD y debe servir para contrastarla a todos los niveles. En primer lugar debe recordarse y reflexionar sobre el concepto moderno de evaluación y sus distintas acepciones en función del momento de intervención (inicial, formativa y sumativa), retomando lo visto en el apartado 5 del capítulo 1.

En primer lugar se deben revisar los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que aparecen en el RD de enseñanzas mínimas y los objetivos específicos de la UD.

Seguidamente se elaborará un listado de criterios de evaluación para la UD partiendo de los objetivos específicos (cambiando el infinitivo por el presente), comprobando que satisfacen los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de enseñanzas mínimas.

Se debe diferenciar entre evaluación inicial, continua y final, así como la evaluación de conceptos, procedimientos y actitudes.

Describir los instrumentos de evaluación que se van a emplear en función de los apartados anteriores (para la evaluación inicial y continua podrían servir algunas de las actividades previs-

tas en la UD y/o incorporar otros instrumentos complementarios; en cualquier caso es preciso que aparezcan ejemplificados dichos instrumentos).

Posteriormente se definirán los criterios de calificación de las mismas.

Como instrumento de evaluación, los docentes suelen utilizar un diario de clase en el que anotan las observaciones e incidencias de aula. Aparte de servir como instrumento para obtener la calificación final, se puede utilizar para proponer futuras mejoras de la UD.

10. ESQUEMA GENERAL DE LA UD

Se trata de «chequear» la coherencia de la UD, verificando que hay una adecuada relación entre objetivos, contenidos, actividades e instrumentos de evaluación (ayudándose, por ejemplo, de una tabla donde aparezcan relacionados los elementos mencionados).

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Expresada correctamente y por orden alfabético. Revisar normas APA y consultar el modo en que se hacen las referencias bibliográficas de este manual.

12. ANEXOS

Se incluirá información complementaria a la recogida en los apartados anteriores (al menos los indicados en el cuadro 3).

Referencia bibliográfica

- Benarroch, A. (2011). *Los modelos didácticos*. Máster Universitario de Profesorado, Universidad de Granada.
- Bolívar, A. (1996). Los contenidos actitudinales en la LOGSE. En Perales, F. J., Gutiérrez, J. y Álvarez, P. (eds.). *I Jornadas sobre Actitudes y Educación Ambiental*. Granada: ICE de la Universidad de Granada.
- Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid: Paraninfo.
- Carmen, L. del. (2000). Los trabajos prácticos. En Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- Carrillo-Rosúa, F. J., Morales-Ruano, S. y Bagar-González, M. G. (2012). Minerales y medio ambiente. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (2), 151-158.
- DOUE (2006). Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (DOUE L394, de 30 de diciembre de 2006). Último acceso el 7 de enero de 2012 desde http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2006/l_394/l_39420061230es00100018.pdf.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Educación infantil y primaria. Madrid: Ediciones Morata.
- EURYDICE (2003). *Las competencias clave. Un concepto en expansión en la educación general obligatoria*. Madrid. MEC. Último acceso el 4 de noviembre de 2011. desde http://www.riic.unam.mx/01/02_Biblio/doc/CompetenciasClave.pdf.
- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 229-240.
- Geli, A. M. (2000). La evaluación de los procesos y de los resultados en la enseñanza de las ciencias. En Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Gil, D. y Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones. ¿Necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (2), 302-329. Último acceso el 24 de octubre de 2011. desde http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen2/Numero_2_3/Gil_Vilches_2005b.pdf.

- Giordan, A. (1982). *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Siglo XXI.
- Hernández, C. (2011). *Identificación de los indicios de calidad en la transición de los libros de texto de papel hacia los libros digitales: el caso de las Ondas*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1991). *La ciencia de los alumnos. Su utilización en didáctica de la Física y Química*. Vélez Málaga: ELZEVIR.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). Modelos didácticos. En Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- Jiménez, J. D. y Perales, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 3-19.
- Lillo Bevia, J. y Redonet Álvarez, L. F. (1985). *Didáctica de las ciencias naturales*. Vol. I. Aspectos generales. Valencia: Ecir.
- Membiola, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. *Alambique*, 3, 7-11.
- Navarrete, C., Azcárate, P. y Oliva, J. M. (2004). Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: revisión de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (3), 146-166.
- OCDE (2005). La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo. Último acceso el 6 de noviembre de 2011, desde <http://www.deseco.admin.ch/bfs/desece/en/index/03/02.par-sys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dscexecutivesummary.sp.pdf>.
- Oliva, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones de los alumnos y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 93-108.
- Pedrinaci, E. (2001). *Los procesos geológicos internos*. Madrid: Síntesis.
- Perales, F. J. (1994). Los trabajos prácticos y la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 121-125.
- Perales, F. J. (1997). Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 233-247.
- Perales, F. J. (2000a). La resolución de problemas. En Perales, F. J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.
- Perales, F. J. (2000b). *Resolución de problemas*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Perales, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 13-30.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 369-386.
- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
- Piaget, J. (1970). *L'épistémologie génétique*. Paris: PUF (trad. castellano: *La epistemología genética*. Barcelona: A. Redondo, 1970).
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog, W. (1982). Accomodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Pro, A. de (2002). ¿Qué procedimientos y actitudes debemos enseñar según los nuevos programas de ciencias? *Alambique*, 33, 37-48.
- Pro, A. de (2007). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique*, 53, 10-21.
- Pujol, R. M. (2003). *La didáctica de las ciencias en la educación primaria*. Madrid: Síntesis S.A.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Shayer, M. y Adey, P. (1986). *La Ciencia de enseñar Ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Madrid: Narcea.
- Vílchez, J. M. y Perales, F. J. (2009). Física y Dibujos Animados. Una estrategia para la alfabetización científica (y televisiva) en la educación secundaria. *Alambique*, 60, 54-63.

TÍTULOS RELACIONADOS

- APLICACIONES DE INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA, *J. N. García-Sánchez* (coord.).
- APRENDIENDO A ENSEÑAR, *J. Domingo Segovia y M. Pérez Ferrá* (coords.).
- BASES TEÓRICAS Y DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN ESPECIAL, *J. L. Gallego Ortega y A. Rodríguez Fuentes*.
- CÓMO ENSEÑAR EN EL AULA UNIVERSITARIA, *J. Paredes y A. de la Herrán* (coords.).
- CONOCER Y COMPRENDER LAS ORGANIZACIONES EDUCATIVAS, *M.ª J. Camusca, J. M. Coronel, M.ª L. Fernández, M.ª P. García, S. González y E. Moreno*.
- CONOCIMIENTOS, CAPACIDADES Y DESTREZAS ESTUDIANTILES, *L. M. Villar, P. S. de Vicente y O. M.ª Alegre*.
- DESARROLLO CURRICULAR DE LA EDUCACIÓN FÍSICA EN LA EDUCACIÓN INFANTIL, *P. Gil Madrona* (coord.).
- DESARROLLO EMOCIONAL EN LOS PRIMEROS AÑOS DE VIDA, *M. Giménez-Dasí y L. Quintanilla Cobián*.
- DIDÁCTICA, *C. Moral Sanuaella y M.ª P. Pérez García*.
- DIDÁCTICA DE LA LENGUA Y EDUCACIÓN LITERARIA, *P. Guerrero y M.ª T. Caro* (coords.).
- DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS PARA EDUCACIÓN PRIMARIA, *J. M. Vilchez* (coords.).
- DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES II, *F. González* (coord.).
- DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES, *Á. Liceras y G. Romero* (coords.).
- DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS SOCIALES PARA LA EDUCACIÓN PRIMARIA, *S. Alonso*.
- DIFICULTADES DE APRENDIZAJE Y TRASTORNOS DEL DESARROLLO, *M.ª J. Fuiza Asoy y M.ª Pilar Fernández Fernández*.
- EDUCACIÓN, NEOLIBERALISMO Y JUSTICIA SOCIAL, *F. M. Martínez*.
- EDUCACIÓN ESPECIAL, *A. Sánchez Palomino y J. A. Torres González*.
- EDUCACIÓN INFANTIL CONTEMPORÁNEA, *J. Hologado Barroso*.
- EDUCACIÓN INTERCULTURAL Y APRENDIZAJE COOPERATIVO, *M.ª J. Díaz-Aguado*.
- EDUCACIÓN Y PATRIMONIO CULTURAL, *M.ª de la E. Cambil Hernández y A. Tudela Sancho* (coords.).
- ELEMENTOS DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA PARA EL PROFESOR DE SECUNDARIA, *L. Rico Romero y A. Moreno Verdejo* (coords.).
- ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN EDUCACIÓN INFANTIL, *E. Castro Martínez* (coord.).
- ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS EN EDUCACIÓN PRIMARIA, *L. Rico Romero y P. Flores Martínez* (coords.).
- ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA EN EDUCACIÓN INFANTIL, *R. Quijano López* (coord.).
- ENTORNO, SOCIEDAD Y CULTURA EN EDUCACIÓN INFANTIL, *A. L. Bonilla Martos e Y. Gueash Mari* (coords.).
- ESCRITURA ACADÉMICA. De la teoría a la práctica, *J. A. Núñez* (coord.).
- ESCRITURA Y LECTURA EN EDUCACIÓN INFANTIL (MANUAL + CUADERNILLO), *F. Guzmán Simón, M. Navarro Pablo y E. García Jiménez*.
- ESCUELA Y TOLERANCIA, *M.ª J. Díaz-Aguado*.
- ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE, *J. A. González-Pienda, J. C. Núñez Pérez, L. Álvarez Pérez y E. Soler Vázquez* (coords.).
- ESTRATEGIAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ADOLESCENTES, *M. A. Adell i Cueva*.
- EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN DIDÁCTICA, *F. Peñañel Martínez, J. A. Torres González y J. M.ª Fernández-Batanero*.
- EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA EN DIFICULTADES DE APRENDIZAJE, *A. Miranda, E. Vidal-Abarca y M. Soriano*.
- FORMACIÓN PARA LA EDUCACIÓN CON TECNOLOGÍAS, *M.ª J. Gallego-Arrufat y M. Raposo-Rivas* (coords.).
- INICIACIÓN ESCOLAR A LA ESCRITURA Y LA LECTURA, *A. Suárez Yáñez*.
- INNOVACIÓN EDUCATIVA. Más allá de la ficción, *M. Fernández Navas y Noelia Alcaraz Salarinche* (coords.).
- INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA, *L. Álvarez Pérez, J. A. González-Pienda, J. C. Núñez Pérez y E. Soler Vázquez*.
- INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA EN NIÑOS CON TRASTORNOS GENERALIZADOS DEL DESARROLLO, *F. Alcantud Marín* (coord.).
- INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA EN LOS TRASTORNOS DEL DESARROLLO, *J. N. García Sánchez* (coord.).
- INTERVENCIÓN PSICOPEDAGÓGICA Y CURRÍCULUM ESCOLAR, *J. A. Beltrán Llera, V. Bermejo Fernández, L. F. Pérez Sánchez, M.ª D. Prieto Sánchez, D. Vence Balleñas y R. González Blanco*.
- LA ALTERIDAD EN EDUCACIÓN, *J. L. Gallego y A. Rodríguez*.
- LA CONVIVENCIA ESCOLAR EN POSITIVO, *S. Ibarrola y C. Iriarte*.
- LA EDUCACIÓN REPENSADA, *M.ª R. Belando-Montoro* (coord.).
- LA ESCUELA A EXAMEN, *M. Fernández Enguita*.
- LA ORIENTACIÓN EN EDUCACIÓN INFANTIL, *R. Mérida Serrano, A. Ramírez García, C. Corpas Reina y M.ª E. González Alfaya*.
- LA PEDAGOGÍA EN EL LABERINTO, *R. Soler*.
- LAS CIENCIAS DE LA NATURALEZA EN LA EDUCACIÓN INFANTIL, *R. Fernández Manzanal y M. Bravo Tudela*.
- LEER PARA APRENDER, *D. Rose y J. R. Martín*.
- LOS MEDIOS Y LAS TECNOLOGÍAS EN LA EDUCACIÓN, *M. Area Moreira*.
- LOS PROYECTOS DE TRABAJO, *M.ª P. Bravo, B. Corpas, M.ª C. Encinas, M.ª E. González* (coord.), *O. M.ª Guzmán, M.ª C. Lara, M.ª C. León, A. López, M. López, R. Mérida* (coord.), *M.ª Á. Olivares* (coord.) y *N. Sánchez*.
- MANUAL DE DIDÁCTICA, *I. Gómez Hurtado y F. J. García Prieto*.
- MANUAL DE DIDÁCTICA GENERAL PARA MAESTROS DE EDUCACIÓN INFANTIL Y DE PRIMARIA, *B. Bermejo y C. Ballesteros* (coords.).
- MANUAL DE DIFICULTADES DE APRENDIZAJE, *M.ª del R. Ortiz González*.
- MANUAL DE LOGOPEDIA, *F. Villegas Lirola*.
- MANUAL DE PSICOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN, *M.ª del M. Prados, V. Sánchez, I. Sánchez, R. del Rey, M.ª Á. Pertegal, M. del C. Reina, P. Rida, F. J. Ortega y J. Mora*.
- MANUAL DE TUTORÍA Y ORIENTACIÓN EN LA DIVERSIDAD, *J. Riart* (coord.).
- MATEMÁTICAS PARA MAESTROS DE EDUCACIÓN PRIMARIA, *I. Segovia y L. Rico* (coords.).
- MEDIACIÓN EDUCATIVA, *P. Gil-Madrona y J. Abellán-Hernández* (coords.).
- NEUROEDUCACIÓN DE PROFESORES Y PARA PROFESORES, *M.ª Caballero*.
- NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA EDUCACIÓN EN LA ERA DIGITAL, *J. A. Ortega Carrillo y A. Chacón Medina* (coords.).
- NUEVOS ESCENARIOS DIGITALES, *J. Barroso y J. Cabero* (coords.).
- OPTIMIZACIÓN DEL DESARROLLO Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN EL AULA DE EDUCACIÓN INFANTIL (MANUAL + SEMINARIOS), *M.ª Fernández Cabezas, A. Burgos García, G. Alba Corredor y A. Justicia Arráez*.
- ORIENTACIÓN EDUCATIVA EN EDUCACIÓN PRIMARIA, *A. Ramírez* (coord.).
- ORIENTACIÓN PSICOPEDAGÓGICA Y CALIDAD EDUCATIVA, *R. Sant Oro*.
- PENSAR LA EDUCACIÓN, *L. Núñez Cubero y C. Romero Pérez*.
- PRÁCTICAS DE PSICOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN, *L. Álvarez Pérez, J. A. González-Pienda, P. González-Castro y J. C. Núñez Pérez*.
- PRÁCTICAS DE PSICOLOGÍA DEL APRENDIZAJE (MANUAL + CUADERNILLO), *E. Merino Tejedor y J. A. Valdivieso Burón*.
- PROMOVER EL CAMBIO PEDAGÓGICO EN LA UNIVERSIDAD, *A. de la Herrán Gascón y J. Paredes* (coords.).
- PSICOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN, *S. Rodríguez Sánchez* (coord.).
- PSICOLOGÍA DE LA EDUCACIÓN PARA DOCENTES, *J. I. Navarro y C. Martín* (coords.).
- PSICOLOGÍA PARA DOCENTES, *E. Briones Pérez y Alicia Gómez-Linares* (coords.).
- PSICOMOTRICIDAD E INTERVENCIÓN EDUCATIVA, *D. Martín Domínguez*.
- PSICOPATOLOGÍA EN EL CONTEXTO ESCOLAR, *M.ª del M. Aires, S. Herrero, E. M.ª Padilla y E. M.ª Rubio* (coords.).
- RELACIONES INTERPERSONALES EN LA EDUCACIÓN, *M.ª R. Bueno y M.ª A. Garrido*.
- TEORÍA DE LA EDUCACIÓN, *L. Núñez Cubero y C. Romero Pérez*.
- TEORÍA DE LA EDUCACIÓN, *P. Casarres y A. Soriano* (coords.).
- VIVIR LA ESCUELA COMO UN PROYECTO COLECTIVO, *M.ª M. García y M.ª Á. Olivares*.