

Reglas de Daly (propuestas para la consecución de un desarrollo sostenible)

- La tasa de consumo de los recursos renovables debe ser igual o inferior a la tasa de renovación.
- Se debe racionalizar el consumo de recursos no renovables y emplear parte de los beneficios generados por su consumo en investigar y desarrollar fuentes de recursos renovables eficaces, que puedan sustituir a los no renovables cuando estos comiencen a escasear.
- La tasa de generación de contaminación no debe exceder la capacidad de asimilación de la misma por parte del entorno.

## 9.1 RECURSOS MINERALES

### LOS RECURSOS MINERALES SON UNA IMPORTANTE FUENTE DE MATERIAS PRIMAS

- Los recursos minerales son recursos naturales no renovables que obtenemos de la geosfera. Han sido continuamente explotados a lo largo de la historia como fuente de materias primas. En los últimos tiempos han evolucionado las técnicas de explotación y también el impacto causado por las diferentes técnicas mineras.

### LAS ROCAS INDUSTRIALES SON APROVECHADAS POR SUS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

- Las rocas empleadas en construcción reciben la denominación general de áridos y constituyen el grupo al que mayor volumen y peso corresponde de todos los recursos minerales. Algunas se emplean tal y como se encuentran en la naturaleza, mientras que otras requieren un procesado previo a su utilización.
- Entre los materiales empleados en construcción podemos destacar:
  - Bloques de piedras. Se extraen en canteras. Antiguamente su uso en construcción estaba más generalizado, pero en la actualidad han sido sustituidos por cemento y hormigón en la mayoría de los casos y sólo se emplean con carácter ornamental.
  - Rocalla. Roca triturada que se emplea en la construcción de carreteras y vías férreas o para fabricar hormigón.
  - Arena y grava. Se extraen de graveras, lugares en los que se acumulan de forma natural (cauces de ríos, playas o flechas litorales). Su extracción origina graves impactos (figura 11.42, pág. 350).
  - Cemento. Mezcla de caliza y arcilla. Las cementeras, en las que se elabora cemento a partir de estos componentes, se suelen situar en las proximidades de las canteras de las que se extrae la caliza.
  - Hormigón. Mezcla de cemento y arena o grava. Si se añaden barras de hierro constituye el hormigón armado.
  - Yeso. Se obtiene de la calcinación de la roca del mismo nombre.
  - Arcillas. Antiguamente (actualmente también en zonas subdesarrolladas) se empleaban sin cocer, mezcladas con paja, para fabricar ladrillos de adobe. Actualmente se cuecen y se emplean para fabricar ladrillos, tejas, baldosas y azulejos.
  - Vidrio. Se fabrica derriendiendo arena de cuarzo, sosa y cal, materiales abundantes y baratos.

### LOS MINERALES INDUSTRIALES SE APROVECHAN POR LAS SUSTANCIAS QUE CONTIENEN O POR SU POTENCIAL ENERGÉTICO

- Los recursos minerales han sido continuamente explotados a lo largo de la historia como fuente de materias primas. En los últimos tiempos han evolucionado las técnicas de explotación y también el impacto causado por las diferentes técnicas mineras.
- Los recursos minerales se pueden clasificar en metalíferos y no metalíferos.
- Los lugares en los que los minerales metalíferos se encuentran concentrados se conocen como yacimientos. Las explotaciones de un yacimiento se denominan minas y pueden ser a cielo abierto o profundas.
- Los minerales de los cuales se extrae un metal, por tener una proporción elevada del mismo, se conocen como menas. Una vez extraídos se someten a diversos procesos por medio de los cuales se extrae el metal y se desecha el resto, las escorias, que suelen acumularse junto a las explotaciones.

PRINCIPALES MENAS METALÍFERAS		
METAL	MENAS	ALGUNAS UTILIDADES
Aluminio	Bauxita	Construcción. Industria de aviones y automóviles.
Hierro	Magnetita, hematites, limonita, siderita, pirita. Lateritas	Muy importante en la industria. Se usa para fabricar acero (con carbono) y acero inoxidable (con cromo y níquel).
Manganeso	Pirolusita	Usado en la producción de acero y pinturas.
Cromo	Cromita	Se usa en la producción de acero inoxidable, para fabricar ladrillos refractarios (resistentes al fuego) y pinturas.
Titanio	Ilmenita	Se utiliza en la fabricación de aviones, pinturas y para fabricar prótesis óseas.
Cobre	Calcopirita, cuprita, malaquita, azurita	Se usa para fabricar cables. También para fabricar latón (con cinc) y bronce (con estaño).
Plomo	Galena	Utilizado para fabricar cañerías, emplomar vidrieras, fabricar baterías y se añade a la gasolina como antidetonante.
Cinc	Blenda	Se utiliza para fabricar latón y en el galvanizado del hierro o el acero para protegerlos de la corrosión.
Estaño	Casiterita	Se usa en la construcción del fuselaje de los aviones y para soldar. También para obtener bronce.
Plata	Plata nativa, diversos minerales argentíferos	Usada en la industria fotográfica, en joyería, ...
Oro	Oro nativo	Se usa principalmente en joyería y como referencia en los sistemas monetarios.
Mercurio	Cinabrio	Utilizado en la construcción de termómetros y en industrias papeleras o de plásticos.
Uranio	Uraninita	Combustible de centrales nucleares.

- Las lateritas son horizontes edáficos enriquecidos en óxidos e hidróxidos de hierro que se acumulan por la meteorización química producida en zonas de relieve horizontal situadas sobre rocas ricas en hierro o en minerales ferromagnesianos. Las bauxitas son similares a las lateritas, pero enriquecidas sobre todo en hidróxidos de aluminio, ya que se forman sobre rocas ricas en este elemento. Ambos materiales se originan en lugares en los que alternan una estación seca con otra en la que hay precipitaciones abundantes (ciertos climas tropicales, ya que las altas temperaturas también favorecen la meteorización química).

MINERALES NO METÁLICOS	
MINERAL	APLICACIONES
Carbón*	Obtención de energía
Pirita FeS <sub>2</sub>	Obtención de ácido sulfúrico
Calcita CaCO <sub>3</sub>	Obtención de productos químicos, óptica, etc.
Apatito Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F, Cl) Silvina KCl	Fertilizantes
Halita NaCl	Conservante, condimento, deshielo en caso de nevadas, etc.
Talco Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> Mg <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub>	Pintura, industria papelera y cosmética, etc.

\* No se trata realmente de un mineral, sino de una roca

## LA EXPLOTACIÓN DE LOS MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES PROVOCA IMPORTANTES IMPACTOS

La legislación española obliga a realizar de un estudio de impacto ambiental previo a la construcción de una mina y, una vez abandonada su explotación, a llevar a cabo un plan de restauración del paisaje, sobre todo en las minas a cielo abierto.

- La explotación de minerales y rocas industriales puede hacerse por distintos procedimientos dependiendo de la profundidad a la que se encuentre, de su valor económico y de la disposición del yacimiento (concentrado en filones, disperso en estratos, etc.).
- Todos los procedimientos de extracción provocan impactos en el medio ambiente que, especialmente en algunos casos, llegan a ser muy graves. Los principales impactos ambientales producidos por la minería son:
  - Contaminación del aire debido al polvo generado y, en menor medida, por las emisiones de la maquinaria empleada.

- Contaminación sonora provocada por la maquinaria y por las voladuras.
  - Contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas debido a los vertidos de aceites procedentes de la maquinaria o al lavado de las escombreras, que pueden contener elementos contaminantes que pueden ser movilizados por disolución.
  - Contaminación del mar por los vertidos de crudo en las plataformas petrolíferas.
  - Pérdida de suelo para otros usos.
  - Alteración de la geomorfología y del paisaje.
  - Deterioro de ecosistemas debido a la suma de los impactos anteriores: pérdida de suelo y vegetación en el área de explotación; alteración del crecimiento de las plantas en áreas adyacentes por la acumulación de polvo; abandono de los lugares de nidificación de las aves como consecuencia del ruido; alteración de la fauna acuática como consecuencia de la contaminación; ...
- También hay que considerar los impactos sociales que se producen, por ejemplo, cuando una mina deja de ser rentable y se cierra, ya que normalmente los ingresos de una parte importante de la población dependen de ella, o por el efecto que puede tener sobre otras actividades el impacto ambiental provocado por la mina.

A menudo resulta más barato comprar metales o carbón en países menos desarrollados que explotarlos en el propio. Esto se debe a que en estos países pobres, pero con abundancia de materias primas, los salarios son muy bajos y apenas existen leyes que penalicen el deterioro ambiental ocasionado por las explotaciones mineras. A partir de estas materias primas, compradas a precios muy bajos, se elaboran productos que luego son vendidos a precios muy altos a estos mismos países, ya que ellos carecen de tecnología y de infraestructuras necesarias para elaborarlos.

TIPO DE EXTRACCIÓN	DESCRIPCIÓN	IMPACTOS
Cantera	Extracción en superficie. El frente de extracción es horizontal, lo cual implica que hay que hacerlo en una montaña.	Pérdida de suelo. Impacto paisajístico. Contaminación acústica (explosiones, paso de camiones ...). Contaminación atmosférica (polvo).
Gravera	Extracción en superficie en cauces de ríos, playas o flechas litorales. El frente de extracción puede ser horizontal o vertical. Los materiales extraídos están sueltos	Pérdida de suelo. Posible alteración de la dinámica de los acuíferos. Peligro de contaminación de los acuíferos, ya que, a menudo, los orificios practicados se convierten en vertederos. Alteración de los cauces fluviales. Impacto paisajístico.
Mina a cielo abierto	Extracción a poca profundidad. El frente de explotación es vertical. Se utiliza cuando el mineral se encuentra disperso.	Posible alteración de la dinámica de los acuíferos. Contaminación de los acuíferos (acidificación debida al lavado de los minerales). Gran impacto paisajístico.
Mina subterránea	Extracción en profundidad. El frente de extracción puede ser vertical (pozos) u horizontal (galerías). Se utiliza si la mineralización se encuentra concentrada en filones.	El lavado de los minerales y la acumulación de depósitos de ganga estéril (escombros) generan aguas contaminadas. Impacto paisajístico por acumulación de escombros.

#### SE PUEDEN TOMAR MEDIDAS PARA PREVENIR O CORREGIR LOS IMPACTOS PROVOCADOS POR LAS EXPLOTACIONES

- Como medidas preventivas se puede: programar las explosiones en épocas que no coincidan con la anidación, recoger los aceites usados, regar las pistas de acceso para limitar la emisión de polvo, sustituir los volquetes por cintas transportadoras, etc.
- Como medidas correctoras podemos: rellenar los huecos con estériles procedentes de las escombreras o de zonas próximas; si no se pueden rellenar huecos, por lo menos se deben estabilizar los taludes para reducir los riesgos de erosión por aguas de escorrentía; reforestación con especies autóctonas; etc.
- La correcta planificación previa al inicio de la explotación permitirá garantizar la recuperación del suelo y de la cubierta vegetal si se retiran y conservan los horizontes de suelo evitando su compactación y su erosión.
- Para reducir el impacto visual y la alteración del paisaje, se debe hacer un diseño previo de la explotación, situándola en zonas de escasa visibilidad o colocando pantallas (de vegetación) de protección acústica y/o visual.

## 9.2 FUENTES DE ENERGÍA CONVENCIONALES

- Las fuentes de energía pueden ser clasificadas en primarias (provistas por la naturaleza) y secundarias (transformadas a partir de las fuentes primarias). Los recursos primarios están conformados por los combustibles fósiles (petróleo crudo, gas natural, carbón mineral), la energía solar, la hidroenergía, la energía eólica, la energía nuclear y la biomasa.
- Por otro lado podemos distinguir las energías procedentes de fuentes renovables por formar parte de ciclos naturales en oposición a aquellas que proceden de reservas. Son energías renovables la solar, eólica, del agua, mareomotriz y de la biomasa.
- Las energías convencionales se obtienen de las fuentes clásicas como carbón, petróleo y gas natural; también se incluyen en este grupo la energía nuclear y la hidroeléctrica. En cambio, son energías alternativas la solar, eólica, geotérmica, mareomotriz y de la biomasa, que, además, son energías renovables.

### NO TODAS LAS FUENTES DE ENERGÍA SON IGUALMENTE EFICACES

- La calidad de las diversas fuentes de energía se evalúa en función de su capacidad para producir trabajo útil por unidad de masa o volumen, siendo de mayor calidad las fuentes más concentradas (tabla 11.1, pág. 323).

Para comparar distintas fuentes de energía se emplea la TEC (tonelada equivalente de carbón) o la TEP (tonelada equivalente de petróleo) que corresponden a la energía liberada por la combustión de una tonelada de carbón ( $7 \cdot 10^6$  kcal aproximadamente) o de petróleo ( $10 \cdot 10^6$  kcal aproximadamente) respectivamente.

	TEP	TEC
1 tonelada de carbón	0,66	1
1 tonelada de petróleo	1	1,5
1000 m <sup>3</sup> de gas natural	0,9	1,35
1000 kWh de electricidad	0,222	0,333
1 tonelada de uranio natural	$10^4$	$6 \cdot 10^5$

- La rentabilidad económica de una determinada fuente energética viene dada por su accesibilidad, la facilidad de explotación y de transporte, etc.
- El conjunto de procesos realizados sobre la energía desde sus fuentes originarias hasta sus usos finales constituye un sistema energético.  
Las fases de un sistema energético son:
  - Captura o extracción de la energía primaria.
  - Transformación en energía secundaria (que se podrá utilizar directamente).
  - Transporte hasta el lugar de utilización.
  - Consumo de la energía secundaria.

Cada componente del sistema que permite la transformación de una forma de energía en otra para facilitar su transporte o uso es un convertidor. Cada proceso de conversión conllevará unas ciertas pérdidas.

- El rendimiento de un sistema energético es la relación entre la energía que obtenemos de un sistema y la que le hemos suministrado (salidas/entradas) expresada en tanto por ciento.
- El coste energético es el precio que pagamos por utilizar la energía secundaria. Además de éste existen otros costes ocultos, como los asociados con los equipos e instalaciones implicados en todo el proceso energético o los impactos ambientales que provoca cada fase y sus consecuencias. Estos costes ocultos a menudo se pagan mediante impuestos.

### LAS ENERGÍAS CONVENCIONALES DEBEN IR SIENDO SUSTITUIDAS PROGRESIVAMENTE POR ENERGÍAS ALTERNATIVAS

- Las fuentes de energía convencionales son las que se han usado y se siguen usando principalmente en la actualidad. Son los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), la fisión nuclear y la energía hidroeléctrica.
- Muchas de ellas (combustibles fósiles, energía nuclear) no son renovables, por lo que la situación no se podrá mantener mucho tiempo. Además estas fuentes energéticas provocan un fuerte impacto ambiental.

ENERGÍAS CONVENCIONALES	Combustibles fósiles	ENERGÍAS NO RENOVABLES
	Fisión nuclear	
	Energía hidroeléctrica	
ENERGÍAS ALTERNATIVAS	Biomasa	ENERGÍAS RENOVABLES
	Energía eólica	
	Energía solar	
	Energía maremotriz	
	Energía geotérmica	
	Hidrógeno	
	Fusión nuclear	

### LOS COMBUSTIBLES FÓSILES SUMINISTRAN EL 79,6% DE LA ENERGÍA COMERCIAL USADA EN EL MUNDO

- Se llama reserva a la cantidad de un combustible o de un mineral cuya explotación resulta económicamente rentable (figura 11.11, pág. 328 y figura 11.13, pág. 329).
- Provocan graves problemas de contaminación e incremento del efecto invernadero, por lo que deben ir siendo sustituidos progresivamente por otras energías alternativas que provoquen un menor impacto y permitan un desarrollo energético sostenible.

#### CARBÓN

- El carbón es un combustible de alto poder calorífico y uno de los más abundantes (se estiman reservas para 220 años al actual ritmo de consumo actual), pero es muy contaminante debido a su alto contenido de azufre, que le convierte en el principal causante de la lluvia ácida.
- El carbón es el resultado de la transformación de restos vegetales acumulados en el fondo de pantanos, lagunas o deltas fluviales, mediante la acción de bacterias anaerobias que han provocado la descomposición de los hidratos de carbono, enriqueciéndose progresivamente en carbono (carbonización). Si los restos vegetales son enterrados, la elevación de la presión y la temperatura determina su compactación y las transformaciones que dan lugar a la formación de carbones.
- Los diferentes tipos de carbones dependen, en parte, de la clase de vegetales acumulados, pero, sobre todo, del grado de carbonización alcanzado. Además, influyen las presiones y temperaturas sufridas por el carbón después de su depósito, como consecuencia de la profundidad alcanzada en la corteza terrestre y de las presiones orogénicas.

	MADERA	TURBA	LIGNITO	HULLA	ANTRACITA
Densidad (g/cc)	0,6 - 1,3	0,8 - 1,1	1,1 - 1,4	1,3 - 1,5	1,4 - 1,7
Porcentaje medio de C	50%	60%	68%	82%	92%
Poder calorífico (Kcal/Kg)	3000	4200	4500	7000	8000
Contenido de volátiles	55-65%	40-55%	25-40%	15-25%	5-10%

Si el proceso de enriquecimiento de carbono continúa, puede llegarse a la formación de grafito, que es carbono puro.

#### PETRÓLEO

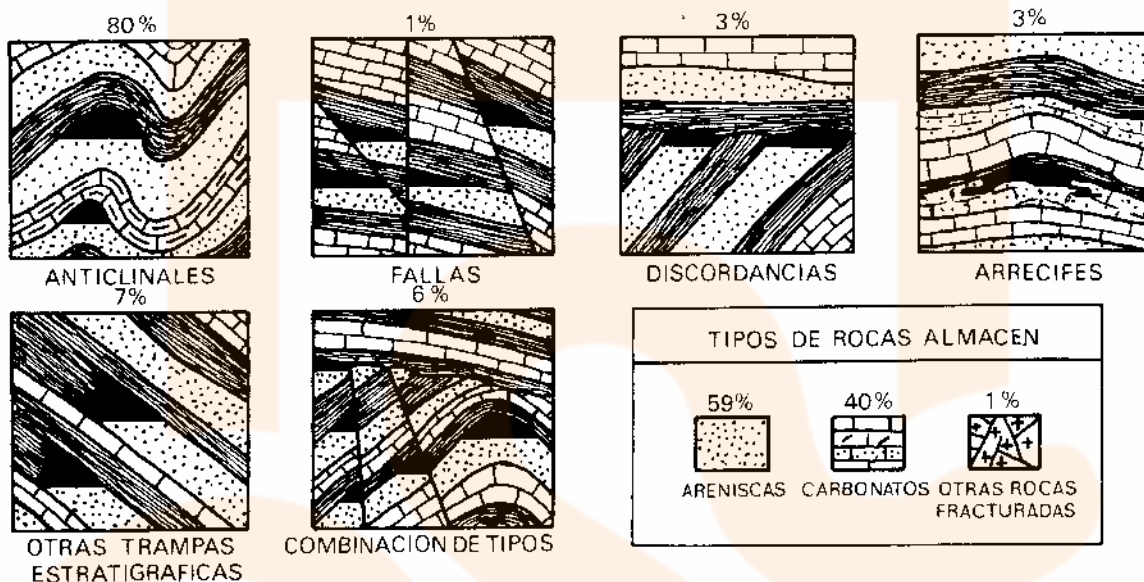
- El petróleo es un líquido aceitoso de color oscuro, menos denso que el agua y que arde con facilidad. Está formado por una mezcla de hidrocarburos, principalmente líquidos, pero también gaseosos (metano, etano, propano, butano y acetileno) y sólidos (asfaltos y betunes). También se hallan compuestos orgánicos, como la colesteroína y las porfirinas, los cuales revelan su origen orgánico.
- El petróleo se forma a partir de la acumulación de grandes cantidades de organismos planctónicos que mueren debido a cambios ambientales a los que son muy sensibles (cambio de salinidad, enturbiamiento del agua, cambio de temperatura, etc.). Estos restos de materia orgánica pueden quedar enterrados por arenas y arcillas formando fangos en los que se desarrollan bacterias anaerobias que descomponen los restos orgánicos, eliminando el N y O y quedando un residuo enriquecido en C y H. El resultado de las fermentaciones es la formación de un fango rico en materia orgánica descompuesta, negro y de mal olor, que se denomina sapropel. El enterramiento de estos barros provoca un incremento de temperatura y una creciente maduración de los restos orgánicos. En una primera etapa se forman los betunes y asfaltos, materiales sólidos que impregnan los sedimentos y que dan lugar a las arenas asfálticas y a las pizarras bituminosas. Con temperaturas crecientes, se generan sus-

tancias con peso molecular más bajo y consistencia fluida, y en un estado más avanzado el gas natural, que puede llegar a ser el único componente del yacimiento.

- Para la formación de un yacimiento petrolífero se requiere, no sólo que éste se forme, sino que también concurren una serie de circunstancias favorables para su almacenamiento.

Los yacimientos de petróleo son grandes masas rocosas con sus poros y fisuras inundados con este material (normalmente con metano por encima y agua salada por debajo), siendo las litologías más favorables (rocas almacén) las areniscas no cementadas y las calizas. Normalmente la roca almacén no corresponde al lugar o roca madre en la que se generó el petróleo, ya que, debido a su menor densidad, su estado fluido y la presión a la que está sometido, se produce su migración desde dicha roca hasta la que actúa como almacén.

La migración del petróleo se ve detenida en los casos en los que se encuentra una "pantalla" impermeable (roca de cobertera) en las trampas petrolíferas, estructuras generadas por la tectónica (pliegues y fallas), por diapiros o bien por la propia naturaleza de las series estratigráficas.



- Para su utilización, el petróleo debe pasar por una serie de procesos de refinado que se denominan destilación fraccionada. Consisten en un progresivo aumento de temperatura, con lo que se consigue separar las distintas fracciones según su punto de ebullición: primero los gases (metano, etano, butano, ...), después los líquidos (gasolina, nafta, queroseno, ...), quedando finalmente depositados los sólidos (alquitrán, betún, ...).

#### GAS NATURAL

- El gas natural procede también de la descomposición lenta en condiciones anaerobias de materia orgánica. Frecuentemente aparece asociado a los yacimientos de petróleo, pero también puede existir en yacimientos independientes.
- Su extracción y su transporte, normalmente por medio de gasoductos, son sencillos, por lo que su explotación resulta muy económica.
- El gas natural se emplea en los hogares (calefacción, cocinas), en la industria y en las centrales térmicas, donde empieza a sustituir al carbón.
- Los escapes y el CO<sub>2</sub> producido en su combustión incrementan el efecto invernadero, pero su impacto en el medio ambiente es menor que el de los otros combustibles fósiles ya que no produce otros contaminantes.
- Las reservas de gas natural se estima que pueden durar unos 60 años, pero por su menor impacto ambiental se considera que puede jugar un importante papel en la transición hacia otras formas de energía renovables. Además, las infraestructuras para su distribución podrían ser reutilizadas con el hidrógeno por ejemplo.

#### EL PRINCIPAL PROBLEMA DE LAS CENTRALES NUCLEARES ES EL ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS QUE GENERA

- En los años cincuenta y sesenta esta forma de generar energía fue acogida con entusiasmo, dado el poco combustible que consumía (con un solo kilo de uranio se podía producir tanta energía como con 1000 toneladas de carbón). Pero ya en la década de los 70 y especialmente en la de los 80 cada vez hubo más voces que alertaron sobre los peligros de la radiación, sobre todo en caso de accidentes.

- Los accidentes de Three Mile Island (que no tuvo consecuencias) y de Chernobyl (que sí tuvo graves consecuencias) y el problema del almacenamiento de los residuos radiactivos han puesto en contra a la opinión pública y han hecho que la construcción de centrales nuevas se haya paralizado en muchos países e incluso que se desmantelen las que estaban en funcionamiento.
- El sistema más usado para generar energía nuclear utiliza U-235, que es sometido a fisión nuclear en los reactores. En este proceso el núcleo del átomo de uranio es bombardeado por neutrones y se rompe originándose dos átomos más ligeros y liberándose energía y neutrones que inciden sobre átomos de U-235 vecinos, que vuelven a romperse, originándose una reacción en cadena.
- El mineral de uranio se encuentra en la naturaleza en cantidades limitadas. Es por tanto un recurso no renovable. Suele hallarse casi siempre junto a rocas sedimentarias. Hay depósitos importantes de este mineral en Norteamérica (27,4% de las reservas mundiales), África (33%) y Australia (22,5%). El mineral del uranio debe ser purificado y enriquecido con plutonio-239 para que sea utilizable en las centrales.
- Una central nuclear tiene cuatro partes (figura 11.15, pág. 330):
  - El reactor en el que se produce la fisión.
  - El generador de vapor en el que el calor producido por la fisión se usa para hacer hervir agua.
  - La turbina que produce electricidad con la energía contenida en el vapor.
  - El condensador en el cual se enfría el vapor, convirtiéndolo en agua líquida.
- El calor de la fisión calienta el agua de un circuito primario que se enfría con circuito de agua, llamado secundario. El agua de este circuito secundario se transforma en vapor a presión que es conducido a una turbina que mueve un generador que es el que produce la corriente eléctrica.
- El enfriamiento del circuito secundario se realiza frecuentemente con agua que entra de un río. La elevación de la temperatura del agua del río afecta a los ecosistemas del mismo.

#### **EN LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS SE APROVECHA LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA**

- Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente. Es una energía renovable pero no alternativa, estrictamente hablando, porque se viene usando desde hace muchos años como una de las fuentes principales de electricidad.
- La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento.
- Desde el punto de vista ambiental la energía hidroeléctrica es una de las más limpias, aunque esto no quiere decir que sea totalmente inocua, porque los pantanos que hay que construir suponen un impacto importante al alterar el ecosistema fluvial:
  - se destruyen hábitats;
  - se modifica el caudal del río;
  - se alteran las características del agua como su temperatura, grado de oxigenación y otras.
  - También producen un importante impacto paisajístico y humano, porque con frecuencia su construcción exige trasladar a pueblos enteros y sepultar bajo las aguas tierras de cultivo, bosques y otras zonas silvestres.
- Los pantanos también tienen algunos impactos ambientales positivos. Así, por ejemplo, han sido muy útiles para algunas aves acuáticas que han sustituido los humedales costeros que usaban para alimentarse o criar, muchos de los cuales han desaparecido, por estos nuevos hábitats. Algunas de estas aves han variado incluso sus hábitos migratorios, buscando nuevas rutas de paso por la Península a través de determinados pantanos.
- La construcción de pantanos es cara, pero su costo de explotación es bajo y es una forma de energía rentable económicamente. Al plantearse la conveniencia de construir un pantano no hay que olvidar que su vida es de unos 50 a 200 años, porque con los sedimentos que el río arrastra se va llenando poco a poco hasta inutilizarse (colmatación).

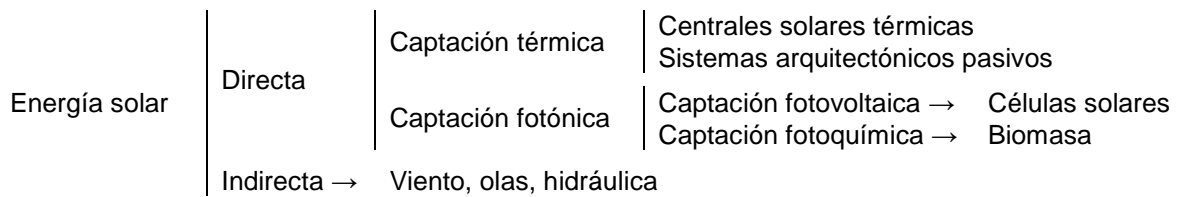
## **9.2 FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA**

### **TODAS LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS SON RENOVABLES Y DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**

- Las energías alternativas sustituirán progresivamente a las fuentes energéticas convencionales que no sean renovables.
- Para incentivar el uso de las energías alternativas los gobiernos deben promover políticas fiscales que las hagan competitivas.

## EL SOL ES EL ORIGEN DIRECTO O INDIRECTO DE MUCHAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS

- Existen múltiples mecanismos de captación de la energía solar que pueden ser aprovechados como fuentes de energías alternativas:



### CENTRALES SOLARES TÉRMICAS

- En las centrales solares se concentra la luz mediante un colector y se utiliza para calentar un fluido (aceite). El calor almacenado de esta manera en el fluido se utiliza posteriormente para producir electricidad. El colector puede consistir en un disco parabólico, un conducto parabólico o una serie de espejos planos distribuidos en una gran superficie (producen el mismo efecto que un disco parabólico de gran tamaño (figura 11.21, página 334).

### SISTEMAS ARQUITECTÓNICOS PASIVOS

- El diseño, la orientación, el espesor de los muros, el tamaño de las ventanas, los materiales de construcción empleados y el tipo de acristalamiento, son algunos elementos de la arquitectura solar pasiva. Los principios básicos de esta arquitectura, también denominada arquitectura bioclimática, fueron ya empleados por civilizaciones antiguas.
- Se puede ahorrar mucha energía aislando adecuadamente las construcciones que necesitan calefacción o aire acondicionado para mantenerse confortables. Construir un edificio con un buen aislamiento cuesta más dinero, pero a la larga es más económico porque ahorra mucho gasto de calefacción o de refrigeración del aire.
- Los árboles, además de dar sombra, enfrían su entorno al evaporar agua y pueden servir de barrera a los vientos dominantes en invierno, por lo que la plantación de árboles cerca de las casas puede ahorrar entre un 15% a un 40% del consumo de energía que hay que hacer para mantener la casa confortable.

### CENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS

- Las células solares fotovoltaicas transforman directamente la energía de la luz en energía eléctrica mediante el uso de semiconductores.
- Los principales inconvenientes de este sistema son:
  - La energía solar es dispersa, por lo que hay que cubrir grandes superficies para conseguir una cantidad suficiente de energía, con el impacto visual que puede suponer.
  - La energía solar es intermitente y de distribución heterogénea, por lo que no se puede aprovechar en todas partes.
  - El coste de fabricación de las células fotovoltaicas es, la menos de momento, muy elevado.
- A pesar de los inconvenientes, su implantación puede ser rentable en zonas donde no existe una red de distribución eléctrica. Además se trata de una fuente de energía que no produce ningún tipo de contaminación ni ruidos.

### ENERGÍA DE LA BIOMASA

- La biomasa incluye la madera, plantas de crecimiento rápido, algas cultivadas, desechos agrícolas y de animales, basura, etc. Es renovable siempre que se use adecuadamente, barata, limpia y requiere tecnologías poco complejas.
- La biomasa puede ser usada directamente como combustible. Alrededor de la mitad de la población mundial sigue dependiendo de la biomasa como fuente principal de energía. El problema es que en muchos lugares se está quemando la madera y destruyendo los bosques a un ritmo mayor que el que se reponen, por lo que se están causando graves daños ambientales: deforestación, pérdida de biodiversidad, desertificación, degradación de las fuentes de agua, etc.



- También se puede usar la biomasa para preparar, mediante fermentación y destilación, combustibles líquidos (biocombustibles), como el metanol o el etanol, que luego se usan en los motores. El principal problema de este proceso es que su rendimiento es bajo: de un 30 a un 40% de la energía contenida en el material de origen se pierde en la preparación del alcohol.
- Otra posibilidad es usar la biomasa para obtener biogás. Esto se hace en depósitos en los que se van acumulando restos orgánicos, residuos de cosechas y otros materiales que pueden descomponerse, en un depósito al que se llama digestor. En ese depósito estos restos fermentan por la acción de los microorganismos y la mezcla de gases producidos se pueden almacenar o transportar para ser usados como combustible.
- El uso de biomasa como combustible presenta la ventaja de que los gases producidos en la combustión tienen mucho menor proporción de compuestos de azufre, causantes de la lluvia ácida, que los procedentes de la combustión del carbono. Al ser quemados añaden CO<sub>2</sub> al ambiente, pero este efecto se puede contrarrestar con la siembra de nuevos bosques o plantas que retiran este gas de la atmósfera.
- En la actualidad se están haciendo numerosos experimentos con distintos tipos de plantas para aprovechar de la mejor forma posible esta prometedora fuente de energía.

#### ENERGÍA EÓLICA

- Los molinos de viento se han usado desde hace muchos siglos para moler el grano, bombear agua u otras tareas que requieren energía. En la actualidad, sofisticados molinos de viento (aerogeneradores) se usan para generar electricidad, especialmente en áreas expuestas a vientos frecuentes, como zonas costeras, alturas montañosas o islas.
- El impacto ambiental de este sistema de obtención de energía es bajo. La contaminación es nula y el impacto que produce es principalmente visual, ya que alteran el paisaje, aunque también hay que considerar la muerte de aves por choque con las aspas de los molinos.
- La evolución técnica y la experiencia acumulada han permitido que la energía eólica haya llegado a ser económicamente competitiva y que se extienda su uso como complemento de otras fuentes tradicionales de energía.

#### OTRAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS NO PROVIENEN DEL SOL

##### ENERGÍA MAREOMOTRIZ

- El origen de esta energía está en las interacciones gravitatorias del sistema Sol-Tierra-Luna que provocan las mareas. Las corrientes de marea hacen girar unas turbinas, situadas en emplazamientos especialmente adecuados, que generan energía eléctrica.
- De momento es un sistema poco usado, existiendo sólo dos centrales experimentales.

##### ENERGÍA GEOTÉRMICA

- La temperatura de la Tierra aumenta con la profundidad y se puede usar esa energía con las tecnologías apropiadas.
- Algunos países como Islandia o Nueva Zelanda utilizan muy eficazmente esta fuente de energía. Son países situados en zonas en las que a poca profundidad hay temperaturas muy altas y una parte importante de sus necesidades energéticas las obtienen de esta fuente. Otros países están aumentando el uso de esta fuente de energía, aunque la producción mundial sigue siendo muy pequeña.
- Desde el punto de vista ambiental la energía geotérmica tiene varios problemas. Por una parte el agua caliente extraída del subsuelo es liberada en la superficie contaminando térmicamente los ecosistemas, al aumentar su temperatura natural. Por otra parte el agua extraída asciende con sales y otros elementos disueltos que contaminan la atmósfera y las aguas si no es purificada.

##### EL HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

- El hidrógeno se obtiene de la hidrólisis del agua por medio de una corriente eléctrica. Se está investigando su obtención por medio de la fotólisis del agua.

- El hidrógeno obtenido se quema para obtener energía, con la ventaja de que su combustión genera sólo agua y no CO<sub>2</sub>. Como el hidrógeno se obtiene del agua y su combustión produce agua, se puede considerar como una fuente energética prácticamente inagotable.
- Otra ventaja adicional del empleo del hidrógeno como combustible es que se podrían utilizar para su transporte los gasoductos que ya existen.
- En las pilas de combustible se combinan hidrógeno y oxígeno mediante un catalizador formando agua y desprendiéndose electrones (electricidad). Esta forma de usar el hidrógeno es la que está más avanzada en la actualidad.

#### FUSIÓN NUCLEAR

- Cuando dos núcleos atómicos (por ejemplo de hidrógeno) se unen para formar uno mayor (por ejemplo helio) se produce una reacción nuclear de fusión. Este tipo de reacciones son las que se están produciendo en el sol y en el resto de las estrellas, emitiendo gigantescas cantidades de energía.
- Muchas personas que apoyan la energía nuclear ven en este proceso la solución al problema de la energía, pues el combustible que requiere es el hidrógeno, que es muy abundante. Además es un proceso que, en principio, produce muy escasa contaminación radiactiva.
- La principal dificultad es que estas reacciones son muy difíciles de controlar porque se necesitan temperaturas de decenas de millones de grados centígrados para inducir la fusión y todavía, a pesar de que se está investigando con mucho interés, no hay reactores de fusión trabajando en ningún sitio.

#### SE PUEDEN ADOPTAR MEDIDAS QUE PERMITAN UN USO MÁS EFICIENTE DE LA ENERGÍA

A partir de la crisis del petróleo de 1973 se ha planteado una "nueva fuente de energía": el ahorro

- Usar eficientemente la energía significa no emplearla en actividades innecesarias y conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible. Desarrollar tecnologías y sistemas de vida y trabajo que ahorren energía es lo más importante para lograr un auténtico desarrollo, que se pueda llamar sostenible.
- Las medidas específicas para mejorar la eficiencia en el uso de la energía son:
  - Aumento la eficiencia en el sistema eléctrico (mejorando el sistema de transporte y fomentando el empleo de aparatos más eficientes).
  - Valoración del coste real de la energía que consumimos, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los aparatos eléctricos.
  - Valoración de los costes ocultos de la energía.
  - Reducción del consumo en los diferentes sectores: transporte, industria y hogar.
  - Fomento de las medidas de ahorro personales.
- Entre las posibilidades más interesantes de ahorro de energía están:
  - La cogeneración de energía es una técnica en la que se aprovecha el calor residual (por ejemplo utilizar el vapor caliente que sale de una instalación tradicional, como podría ser una turbina de producción de energía eléctrica, para suministrar energía para otros usos). Esta técnica triplica el rendimiento energético
  - Se puede ahorrar mucha energía aislando adecuadamente las viviendas, oficinas y edificios que necesitan calefacción o aire acondicionado para mantenerse confortables. Construir un edificio con un buen aislamiento cuesta más dinero, pero a la larga es más económico porque ahorra mucho gasto de calefacción o de refrigeración del aire.
  - En chalets o casas pequeñas medidas tan simples como plantar árboles que den sombra en verano o que corten los vientos dominantes en invierno, se ha demostrado que ahorran entre un 15% a un 40% del consumo de energía que hay que hacer para mantener la casa confortable.
  - Las luces fluorescentes usan la cuarta parte de la energía que consumen las incandescentes.
  - Las mejoras en el diseño aerodinámico de los automóviles, su disminución de peso y las nuevas tecnologías usadas en los motores permiten construir ya, automóviles que hacen 25 km por litro de gasolina y se están probando distintos prototipos que pueden hacer 40 km y más por litro.
  - También se están construyendo interesantes prototipos de coches que funcionan con electricidad, con metanol o etanol o con otras fuentes de energía alternativas que contaminan menos y ahorran consumo de petróleo. Los coches eléctricos pueden llegar a ser interesantes cuando sus costos y rendimientos sean competitivos, pero siempre que usen electricidad producida por medios limpios. Si consumen electricidad produ-

cida en una central térmica, generan más contaminación que un coche de gasolina. Por esto sólo interesan coches eléctricos que consuman electricidad producida con gas o, mejor, con energía solar o hidrógeno.

- El uso de hidrógeno como combustible es especialmente interesante. Los científicos están estudiando la manera de producirlo con ayuda de células fotovoltaicas cuya electricidad se usa para descomponer el agua por electrólisis en hidrógeno y oxígeno. Después el hidrógeno se usa como combustible en el motor del coche. Vuelve a unirse con el oxígeno en una reacción que produce mucha energía, pero que no contamina prácticamente nada pues regenera vapor de agua, no forma CO<sub>2</sub> ni óxidos de azufre, y los pocos óxidos de nitrógeno que se forman son fáciles de controlar. Por ahora se han construido algunos prototipos, pero todavía sus costos y sus prestaciones no son suficientemente buenos para comercializarlos.
  - Además del avance tecnológico, es necesario que la legislación favorezca la implantación de los nuevos modelos y que se cree un estado de opinión entre los consumidores de vehículos que favorezca la venta de los coches que ahorren energía.
  - Reciclar las materias primas es una de las maneras más eficaces de ahorrar energía. Aproximadamente las tres cuartas partes de la energía consumida por la industria se usa para extraer y elaborar las materias primas.  
Reciclar el acero emplea sólo el 14% de la energía que se usaría para obtenerlo de su mena. Y en el caso del aluminio la energía empleada para reciclarlo es sólo el 5% de la que se usaría para fabricarlo nuevo.
- En los países desarrollados el consumo de energía tiende a disminuir debido a un uso cada vez más eficiente de la energía. En cambio en los países en desarrollo, aunque el consumo de energía por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora. Esto sucede, entre otros motivos, porque muchas veces las tecnologías que implantan son anticuadas.