

BLOQUE 8: RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS. **AGUAS SUBTERRÁNEAS**

1. EL MEDIO AMBIENTE COMO RECURSO PARA LA HUMANIDAD. LOS

RECURSOS: CONCEPTO Y TIPOS

1.1. Concepto de Recurso

Es todo material, producto, servicio o información que es usado por la humanidad para satisfacer sus deseos o necesidades. (Es todo material, producto, servicio o información que tiene utilidad para la humanidad).

1.2. Concepto de Recurso Natural

Distinguimos los recursos naturales que son aquellos que se obtienen directamente de la naturaleza.

Ejemplo: agua, alimentos, petróleo, minerales, etc. Mientras que recursos culturales o humanos son aquellos que genera nuestra actividad social, como la tecnología, el conocimiento y la cultura, el trabajo, Internet, electrodomésticos..., todos los recursos nombrados hasta ahora son recursos tangibles, es decir, recursos que se pueden medir o cuantificar. Pero existen recursos intangibles como el nivel cultural de una población, la belleza de un paisaje, el grado de satisfacción de una sociedad...

Dentro de recursos naturales hay dos tipos:

- **No renovable:** es llamado así porque existen cantidades limitadas y se agotan tarde o temprano ya que su tasa de consumo es mayor que su tasa de renovación. Ejemplo: petróleo, carbón, oro...
- **Renovable:** son aquellos que con una gestión adecuada se regeneran a la misma velocidad o mayor de la que se consumen. Ejemplo: agua, vegetales, animales, Sol, viento...

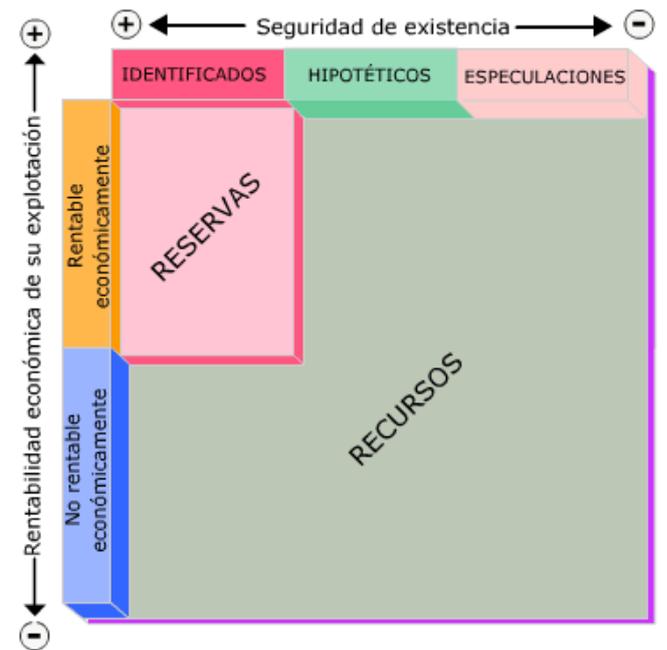
Un recurso renovable pasa a ser no renovable si no le damos tiempo a regenerarse como sucede en el SE Español, donde el agua es considerada más como recurso no renovable que como renovable.

2. RECURSOS DE LA GEOSFERA Y SUS RESERVAS.

2.1 Tipos de recursos (ya visto en el apartado anterior)

Diferencia entre recurso y reserva

Las reservas son los recursos que consumimos o que podríamos consumir porque son rentables, conocidos y tenemos la tecnología necesaria para consumirlos. Y los recursos son todos los que existen, incluidas las reservas. Por ejemplo: el recurso oro es todo el oro que existe y la reserva de oro es sólo el oro que sale rentable extraer de la mina (porque hay mucha cantidad de oro o porque es de gran calidad y valor...) para compensar el gasto económico de su explotación, transporte, tratamiento... En muchos casos la reserva es sólo una mínima parte del recurso.



3. YACIMIENTOS MINERALES.

La sociedad actual depende de un suministro constante y creciente no sólo de energía, sino también de materias primas, entre las que destacan los recursos minerales que son esenciales para la industria. **Los recursos minerales son no renovables** ya que su regeneración es mucho más lenta que el ritmo de consumo de sus reservas.

Los recursos minerales están distribuidos de forma desigual y dispersa, de tal manera que a menudo los más importantes son escasos y difíciles de encontrar y explotar, aunque en ocasiones, debido a ciertos fenómenos geológicos algunos minerales se separan del resto y se concentran en determinadas zonas formando los yacimientos minerales.

3.1 Concepto de yacimiento mineral

Se denomina yacimiento mineral a toda concentración natural de sustancias minerales que es susceptible de ser explotada. Las explotaciones de un yacimiento se llaman minas, las cuáles puede ser a cielo abierto si se encuentran en la superficie o subterráneas (también llamadas profundas), cuando se explotan bajo la superficie a profundidades variables. El mineral que se encuentra en una importante proporción en el yacimiento y que es el objeto de la explotación se llama mena, mientras que se llama ganga al resto de minerales que acompañan a la mena y que en ese yacimiento no resultan rentables económicamente. En el caso de los metales, no se suelen hallar en estado puro y se somete a un proceso tecnológico para extraer el metal del mineral y se desecha el resto, las escorias, que se acumulan en montones junto a las minas.

3.2 Principales yacimientos minerales

Se dividen en yacimientos minerales metálicos para obtener metales (aluminio, hierro, manganeso, cromo, titanio, cobre, plomo, zinc, estaño, plata, oro, mercurio y uranio) y yacimientos minerales no metálicos para usos muy diversos como materiales de construcción y

usos industriales. Los yacimientos han podido tener origen magmático, metamórfico y sedimentario.

El origen magmático es si se ha producido por enfriamiento del magma (roca fundida), por ejemplo se acumulan en el fondo de la cámara magmática (debido a la mayor densidad) los primeros minerales en solidificar como ocurre con minerales de hierro, en otros caso el agua caliente se puede infiltrar entre las grietas arrastrando en disolución los llamados minerales hidrotermales que rellenan las grietas como ocurre con el oro, pirita,...

El origen metamórfico es cuando los minerales son sometidos en estado sólido (sin llegar a fundirse sino sería magmático) a presiones y/o temperaturas distintas a las que se formaron, pudiendo transformarse en otros minerales.

El origen sedimentario del yacimiento es cuando los minerales han sido acumulados por sedimentación de minerales meteorizados y erosionados, por ejemplo algunos agentes atmosféricos (oleaje, viento, ríos,...) pueden concentrar minerales de densidad elevada y formar placeres como los de arenas, oro, diamantes, platino,... otro ejemplo la precipitación de minerales disueltos en agua como la halita (ClNa), silvina (ClK),...

3.2.1 Yacimientos minerales no metálicos

Pueden ser utilizados como materiales de construcción o tener usos industriales variados:

3.2.1.1 Materiales de construcción: Entre los materiales de construcción destacan:

Rocas ornamentales: muchas rocas que, convenientemente tratadas, pueden ser utilizadas para decoración, son las llamadas rocas ornamentales, las más conocidas son el mármol y el granito que pulidos aumentan su brillo y belleza. Otras rocas que pueden usarse como ornamentales son el gabro, la diorita, la pegmatita, el gneis, esquistos, pizarras, algunas calizas,... Las rocas ornamentales se explotan en canteras a cielo abierto.

Otros: otros materiales de construcción son la caliza, la arcilla, las margas, los conglomerados, las areniscas, el yeso, las cuarcitas y los áridos (gravas y arenas).

El **cemento** se obtiene de una mezcla de caliza y arcilla (más caliza que arcilla) cocida a 1400°C para que pierda agua y CO₂ y después se tritura. Al añadirle de nuevo agua se convierte en una masa que se endurece y que da cohesión a los materiales de construcción.

El **hormigón** es una mezcla de agua con cemento y arenas o gravas (áridos) que se endurece cuando se seca, a veces para aumentar todavía más su consistencia se añaden barras de hierro, obteniéndose el conocido como hormigón armado.

El **yeso** para construcción se obtiene de la calcinación del yeso natural, proceso en el que pierde el agua de su molécula, después se reduce a un polvo blanco, que al mezclarlo con agua se obtiene una masa que se utiliza para revestimientos de muros y tabiques.

Las **arcillas** se cuecen para fabricar ladrillos, tejas o baldosas rústicas, además se pueden vidriar para hacer baldosas o azulejos. El vidrio se fabrica derritiendo a 1700°C arenas ricas en cuarzo (o cuarzo pero las arenas son más baratas), sosa y cal (de la calcita se obtiene la cal) y luego se enfrían rápidamente.

3.2.1.2 Minerales industriales: Entre los minerales industriales destacan los nitratos y fosfatos de los que se obtienen fertilizantes, la halita (ClNa) que es la sal común usada en alimentación, tanto para dar sabor a nuestros platos como para conservar alimentos (jamón curado, salazones de pescado,...), también usada para eliminar el hielo de las calles y carreteras, como materia prima en la industria química,... y el corindón usado como abrasivo por su dureza.

MATERIALES Y OBJETOS DE USO COMÚN	MATERIAS PRIMAS: MINERALES Y ROCAS
ÁRIDOS	Rocas carbonatadas, rocas ígneas, gravas
CEMENTO	Caliza y minerales de la arcilla
ACERO	Hematites y carbón
METALES	Hematites (Fe), bauxita (Al), calcopirita (Cu), galena (Pb)
VIDRIO COMUN (Si-Ca-Na)	Arena silícea, calcita, carbonatos y/o sulfatos de Na
MATERIALES CERÁMICOS	Minerales de la arcilla (ilita, caolinita), cuarzo, feldespatos
PIGMENTOS	Hematites, barita, ilmenita, malaquita, azurita
FERTILIZANTES	Nitratina, apatito, silvina
INDUSTRIAS QUÍMICAS: limpieza, farmacia, cosmética, alimentación...	Halita, calcita, azufre, glauberita, fluorita, borax, minerales de la arcilla...
PAPEL	Calcita, caolín, talco, bentonita
ELECTRÓNICA	Oro, cuarzo, grafito, berilo, minerales de Li, coltán y grafeno
VIDRIOS ESPECIALES	Borax, galena, apatito, fluorita
ABRASIVOS	Diamante, arena silícea, bauxita, granate, diatomita
FILTROS, ABSORBENTES Y CATÁLISIS	Zeolitas, diatomitas, sepiolita, bentonita

3.4 IMPACTOS DERIVADOS DE LA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES

A) Incremento de la erosión: La eliminación de la vegetación y las excavaciones y desmontes de terreno realizados en minas y canteras a cielo abierto generan pendientes desprotegidas muy

propensas a la meteorización y erosión. Como consecuencia, algunas zonas pueden sufrir importantes pérdidas de suelo fértil e impactos paisajísticos en pocos años, sobre todo si llueve torrencialmente.

B) Generación de riesgos: Los desmontes llevados a cabo en minas y canteras, y las escombreras localizadas junto a las minas (a veces son verdaderas montañas de fragmentos rocosos no consolidados) pueden generar pendientes pronunciadas propensas a deslizamientos y avalanchas, en ocasiones masivas, que pueden resultar muy peligrosas para los trabajadores de las explotaciones o incluso para las poblaciones vecinas. La minería subterránea pueden ocasionar hundimientos en el terreno circundante pudiendo afectar a personas, poblaciones o infraestructuras.



C) Producción de ruidos y vibraciones: Debido a la maquinaria pesada o por las explosiones que se emplean en la explotación, que provocan molestias para la fauna y para los seres humanos de las zonas cercanas, así como desestabilización del terreno, con el consiguiente riesgo que eso genera.

D) Contaminación del medio: El polvo y el humo producidos por las excavadoras y las explosiones pueden depositarse sobre la vegetación y matarla, o contaminar el aire y causar problemas respiratorios a los trabajadores y habitantes de la zona.

Los líquidos residuales del lavado y otros tratamientos a que son sometidos los minerales y rocas que se extraen de un yacimiento, que contienen ácidos, metales pesados y otras sustancias peligrosas, pueden contaminar las aguas y los suelos de las zonas cercanas, por eso, suelen almacenarse en grandes balsas para ser sometidos a una depuración previa a su vertido. Sin embargo, si se producen fugas, como ocurrió con la rotura de la balsa de la mina de Aznalcollar (cerca del parque de Doñana) se producen grandes desastres ecológicos.

E) Impactos sociales: Las explotaciones mineras suelen influir notablemente en las características socioeconómicas de las localidades en las que se encuentran o incluso en los países enteros, debido a los empleos directos e indirectos que generan. Si la explotación deja de ser rentable y cierra, los trabajadores desempleados se ven obligados a emigrar a otras zonas, además, muchos comercios se ven afectados al perder clientes. En otros casos los impactos ambientales producidos por la explotación minera puede afectar económicamente a otras actividades económicas del entorno, por ejemplo, el vertido de una balsa de lavado puede contaminar el agua y el suelo de la zona arruinando cultivos, explotaciones ganaderas, piscifactorias,...

3.4.1 Prevención de los impactos derivados de la explotación de los recursos minerales

Al igual que sucede en otros estados, España cuenta con una estricta normativa sobre las actividades mineras, obligándolas a hacer estudios y evaluaciones de impacto ambiental que contemplen medidas para prevenir los posibles impactos como:



A) Actuaciones sobre el terreno para evitar la erosión: Por ejemplo la sujeción de los taludes, la conservación de la vegetación de los alrededores en la medida de lo posible, la revegetación de las zonas desbrozadas,...

B) Actuaciones para proteger el paisaje: Por ejemplo colocación de pantallas de árboles, regenerar la vegetación natural de manera gradual, prohibir las explotaciones en zonas de

alto interés paisajístico y ocultar los desmontes y movimientos de tierra.

C) Actuaciones para proteger de la contaminación los recursos naturales y ambientales:

Para evitar la contaminación de los cauces fluviales por agua residuales mineras, es necesario preparar balsas impermeabilizadas para el almacenamiento de los líquidos de lavado, dejando un tiempo para que decanten las partículas en suspensión y se deben realizar tratamientos químicos que destruyan o neutralicen algunas de las sustancias más agresivas. También existen métodos para evitar la contaminación del aire por el polvo y gases.

3.4.2 La corrección de los impactos. Plan de restauración, recuperación o rehabilitación.

La normativa española también contempla medidas de corrección que consta de un plan de restauración que, en sentido estricto, implica que al concluir la explotación serán reproducidas las condiciones exactas anteriores a la explotación. La restauración completa es prácticamente imposible, por eso se emplean términos como recuperación (conseguir una composición de organismos similar, o al menos cercana, a la que había originalmente) o rehabilitación (establecer un plan de usos de la tierra diferente al que había antes de la explotación pero ecológicamente estable y con un alto valor para la sociedad)

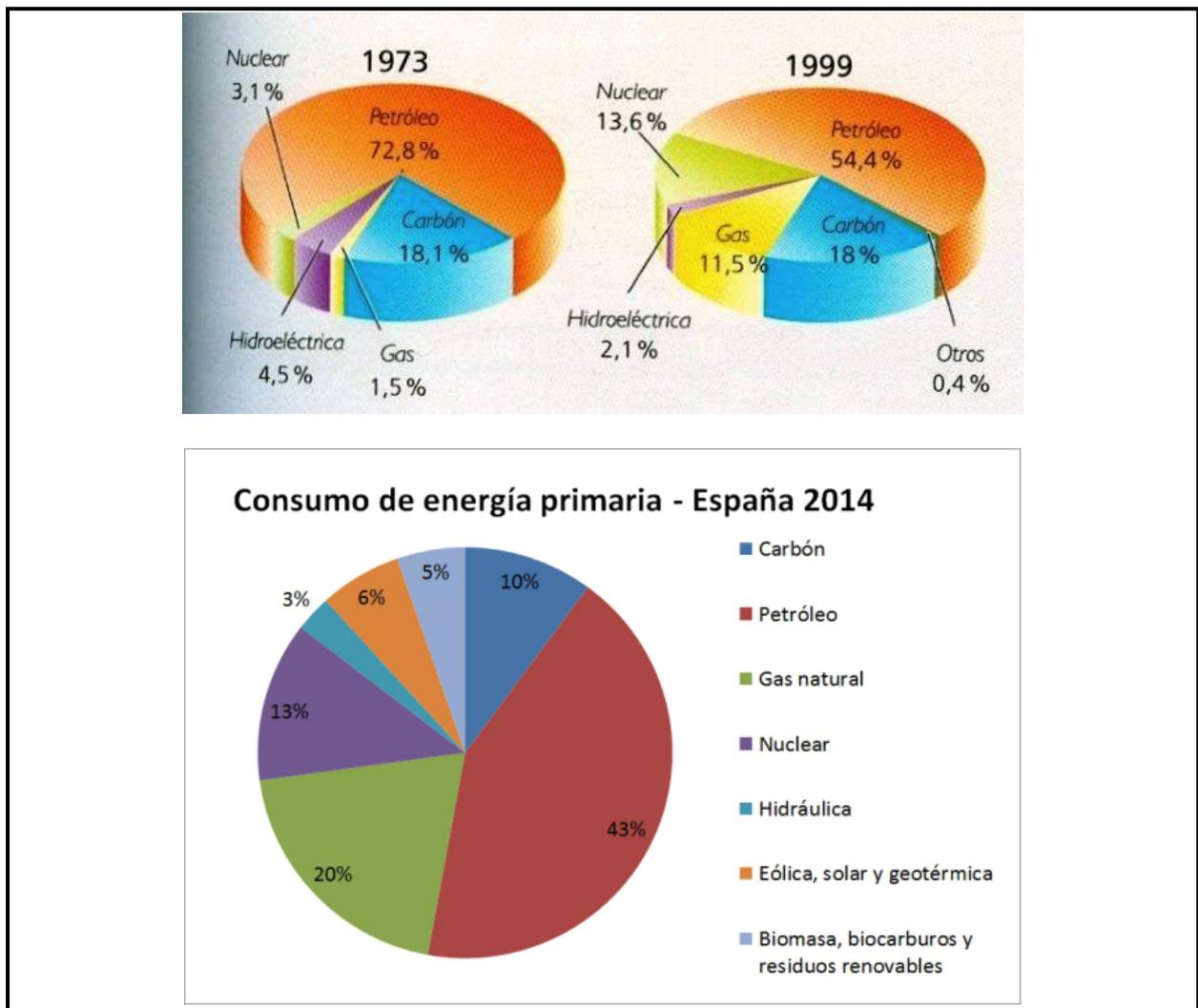
Un plan de restauración debe incluir 4 aspectos básicos:

- Definir los usos del suelo posteriores a la explotación (agrícola, forestal, industrial, recreativo,...)
- Gestionar los residuos mineros para evitar la contaminación del suelo y cumplir los requisitos de la calidad del agua.
- Medidas del control de la erosión y drenaje del agua.

- Mantener o restablecer la vegetación.

4. RECURSOS ENERGÉTICOS: CARBÓN, PETRÓLEO, GAS NATURAL Y ENERGÍA NUCLEAR. IMPACTOS AMBIENTALES PRODUCIDOS POR LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Las fuentes de energía basadas en recursos finitos no renovables (gas, petróleo, carbón y *fisión nuclear*), que tantos problemas de contaminación generan, aportan en la actualidad el 86% del enorme consumo de energía global, y de ellas el petróleo, el 35 % del total y más del 90 % de la energía empleada en los transportes. Ninguna de las demás fuentes de energía conocidas puede desarrollarse a tiempo como para acercarse a la gran cantidad de energía proporcionada por ellas.



Fuentes de energía no renovables

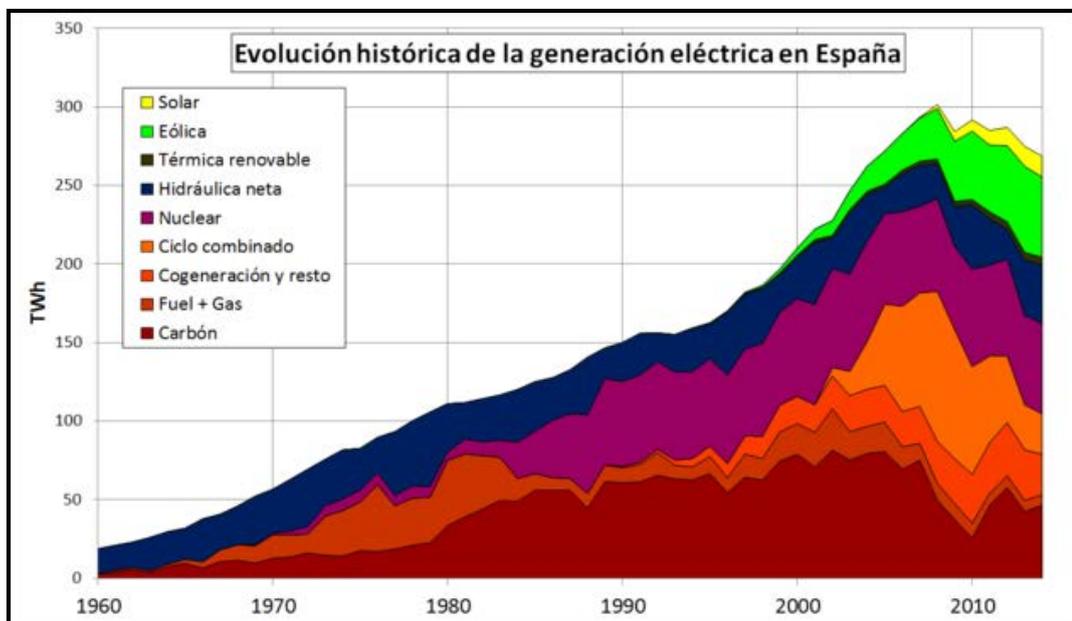
Son aquellas que no se regeneran o lo hacen a un ritmo mucho más lento que el de su consumo, son los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) y los isótopos radiactivos como los de uranio y plutonio.

Ventajas

- La principal ventaja es su alta calidad energética (liberan una cantidad enorme de energía).
- Se puede almacenar y transportar.

Inconvenientes

- Se trata de recursos energéticos limitados que se van agotando (las energías no renovables han sido generadas en procesos geológicos muy lentos a lo largo de millones de años, por tanto, la energía consumida no es regenerada de nuevo a escala temporal humana).
- Su utilización ocasiona problemas medioambientales, ya que son energías sucias contaminantes que producen residuos.
- Constituyen fuentes de energía muy localizadas, que generan alta dependencia exterior en los países no productores (dependen de los países productores la cantidad que quieran vender y el precio que impongan).



Fuentes de energía renovables

Ventajas

Las ventajas de las energías renovables son las siguientes:

- La energía consumida es compensada por la regeneración natural, por tanto, son consideradas inagotables, siempre y cuando el consumo no supere la capacidad de regeneración.
- Su utilización no suele generar problemas medioambientales, ya que se trata de energías limpias con algunas excepciones.
- Es energía autóctona (se produce en zona cercana a su utilización) que hace disminuir la dependencia exterior en el abastecimiento energético.

- Su uso supone reducir el consumo de energías no renovables y contribuye a disminuir los impactos y conseguir un desarrollo sostenible.

Inconvenientes

Sus inconvenientes son:

- Algunas no son fuentes de energía permanentes (eólica, maremotriz...), otras proporcionan energías muy dispersas (solar).
- Difíciles de acumular.
- Presentan todavía problemas técnicos y/o económicos (fuerte inversión inicial por ejemplo) importantes para su explotación.

Las fuentes de energía renovables son la energía solar, eólica, maremotriz, geotérmica, energía de biomasa, hidroeléctrica...

4.1. El carbón

4.1.1. Origen

Los yacimientos de carbón se formaron en zonas llanas de antiguos continentes, donde se desarrollaron turberas o pantanos con abundante vida vegetal. El enterramiento de los restos orgánicos acumulados en un ambiente saturado de agua, su lenta transformación anaeróbica y la compactación debidas a la presión y la temperatura por causa del enterramiento, dieron origen al carbón, transformándose la celulosa y la lignina en carbono, CO₂ y CH₄. Los gases CO₂ y CH₄ se acumulan en las fisuras de la roca (gas grisú) y se liberan lentamente durante las labores de extracción, produciendo peligrosas acumulaciones en galerías mineras (posibilidad de explosiones por el gas metano que es inflamable).

Los yacimientos de carbón se encuentran dispersos por el hemisferio Norte; los mayores, proceden de los períodos Carboníferos y Pérmico del Paleozoico. La mayor parte de carbón se consume para generar electricidad en las centrales térmicas, donde el calor es utilizado para producir vapor de agua para impulsar unas turbinas acopladas a un generador eléctrico; seguido a distancia por la siderurgia de fundición, destilación para obtener gas ciudad, materias primas para la industria como plásticos, fibras sintéticas...etc.

4.1.2. Tipos de carbones y sus características

Según las presiones y temperaturas que los hayan formado distinguimos distintos tipos de carbón: turba, lignito, hulla (carbón bituminoso) y antracita. Cuanto más altas son las presiones y temperaturas, se origina un carbón más compacto y rico en carbono y con mayor poder calorífico, aumentando también su color oscuro y brillo.

La turba es poco rica en carbono (45-55%) y muy mal combustible, por lo que algunos autores no la incluyen en tipos de carbones. El lignito viene a continuación en la escala de riqueza (70%

de C), pero sigue siendo mal combustible, aunque se usa en algunas centrales térmicas. La hulla es mucho más rica en carbono (80-90%) y tiene un alto poder calorífico por lo que es muy usada, por ejemplo en las plantas de producción de energía. Está impregnada de sustancias bituminosas de cuya destilación se obtienen interesantes hidrocarburos aromáticos y un tipo de carbón muy usado en siderurgia llamado coque, pero también contiene elevadas cantidades de azufre que son fuente muy importante de contaminación del aire. La antracita es el mejor de los carbones (90–95%), muy poco contaminante y de alto poder calorífico, su color es negro brillante.

4.1.3. Impacto ambiental de la explotación del carbón

La minería del carbón y su combustión causan importantes problemas ambientales y tienen también consecuencias negativas para la salud humana. Las explotaciones mineras a cielo abierto tienen un gran impacto visual y los líquidos que de ellas se desprenden suelen ser muy contaminantes. En la actualidad, en los países desarrollados, las compañías mineras están obligadas a dejar el paisaje restituido cuando han terminado su trabajo. Lo normal suele ser que conforme van dejando una zona vacía al extraer el mineral, la rellenen y reforesten para que no queden a la vista los grandes agujeros, las tierras removidas y las acumulaciones de derrubios de ganga que, hasta ahora, eran la herencia típica de toda industria minera.

También es muy importante controlar y depurar el agua de lixiviación, es decir, el agua que, después de empapar o recorrer las acumulaciones de mineral y derrubios, sale de la zona de la mina y fluye hacia los ríos o los alrededores. Esta agua va cargada de materiales muy tóxicos, como metales pesados y productos químicos usados en la minería, y es muy contaminante, por lo que debe ser controlada cuidadosamente.

En el proceso de uso del carbón también se producen importantes daños ambientales porque al quemarlo se liberan grandes cantidades de gases responsables de efectos tan nocivos como la lluvia ácida, el efecto invernadero, la formación de smog, etc. El daño que la combustión del carbón causa es mucho mayor cuando se usa combustible de mala calidad, porque las impurezas que contiene se convierten en óxidos de azufre y en otros gases tóxicos. Su combustión genera principalmente CO₂ y SO₂; a pesar de ser muy rico en azufre, actualmente no podemos prescindir completamente de él, ya que produce gran parte de la electricidad que consumimos. La aplicación de nuevas normativas sobre emisiones de CO₂ y azufre han favorecido, por un lado, el desarrollo de nuevas tecnologías de trituración y lavado previo a su utilización, reduciendo las emisiones de azufre, por otro lado favorecen la sustitución paulatina de él por energías alternativas.

4.2. El Petróleo

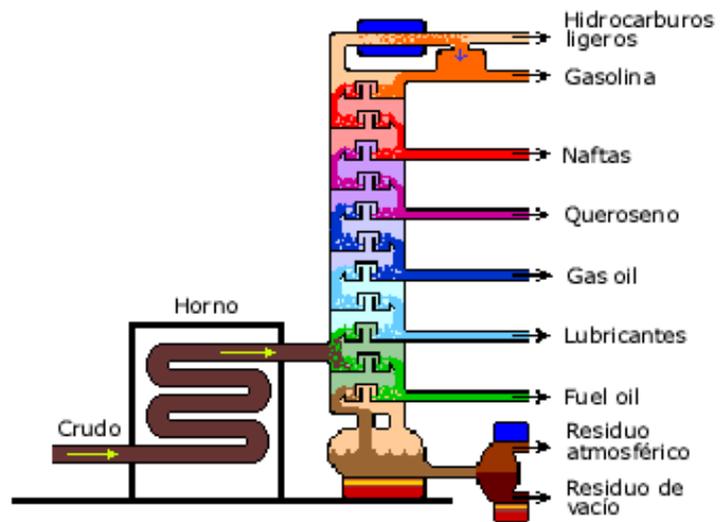
4.2.1. Origen y Composición

Constituye el 38 % del consumo energético mundial. Su origen se debe a la acumulación de materia orgánica en cuencas sedimentarias marinas deficitarias en oxígeno, formándose el barro rico en materia orgánica, que es la materia prima del petróleo. Tras una fermentación anaeróbica de los restos orgánicos, se forma el protopetróleo. La evolución

posterior consiste en una especie de cocción provocada por la presión y la temperatura debidas al enterramiento, transformándose la materia orgánica en hidrocarburos y las arenas y barros en la roca sedimentaria llamada roca madre. El petróleo, una vez formado sufre un proceso de migración a través de fracturas o de rocas porosas, ya que por su baja densidad tiende a ascender a la superficie, dejando un residuo sólido que constituye las llamadas pizarras bituminosas.

En ocasiones se encuentra en su ascenso con una capa impermeable y allí se acumula. La roca almacén retiene el petróleo en una estructura denominada trampa de petróleo.

El petróleo se extrae en forma de crudo cuya composición es una mezcla de hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos, para su utilización necesita un proceso de refinado. El refinado consiste en someter al



petróleo a destilación fraccionada, es decir, aumentar gradualmente la temperatura, separando los distintos componentes según su punto de ebullición: primero se separan los productos gaseosos (metano, etano, propano, butano...), a continuación los líquidos (gasolina, nafta, queroseno...), quedando finalmente depositados los sólidos (alquitranes y betunes). Los productos obtenidos todavía no son aptos, por lo que serán sometidos a posteriores tratamientos.

4.2.2. Impacto ambiental de la explotación del petróleo

La extracción del petróleo no está exenta de riesgos como escapes. El transporte del crudo constituye el más importante tráfico comercial internacional, ya que los yacimientos se encuentran lejos de las grandes zonas de consumo. Éste se realiza utilizando barcos petroleros y oleoductos; cualquiera de ellos puede sufrir accidentes o escapes que contaminan seriamente. Los accidentes de petroleros son los responsables de las mareas negras y además en la limpieza ilegal del barco en alta mar se vierte todavía mucha mayor cantidad de petróleo. Los inconvenientes de su utilización son los propios de las energías no renovables, destacando el agotamiento rápido de las reservas y ser responsables del mayor aumento de CO₂ y azufre en la atmósfera. En el mar, el petróleo en superficie impide el intercambio de oxígeno con el aire, impide la llegada de luz (muerte de productores fotosintéticos), provoca la muerte de aves por hipotermia (anula el efecto aislante e impermeable de las plumas), cuando el petróleo se va al fondo provoca la muerte de los organismos acuáticos del fondo del mar.

4.3. El Gas Natural

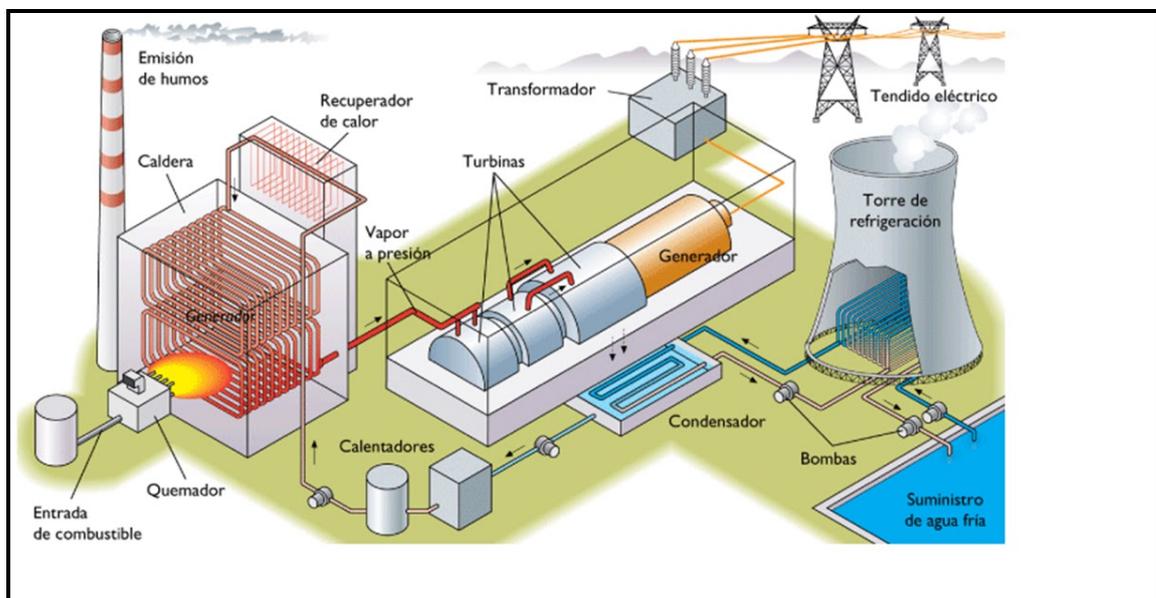
4.3.1. Origen y composición

Su origen es el mismo que el del petróleo (procede de la fermentación de la materia orgánica acumulada entre los sedimentos), pero es más evolucionado ya que se ha

formado en condiciones de presión y temperaturas mayores (suele aparecer junto al petróleo). Está constituido por una mezcla de gases, fundamentalmente: metano, hidrógeno, butano y propano, el metano es el gas más abundante. Se transporta mediante el uso de gasoductos o, previa licuefacción por enfriamiento, en barcos especiales llamados metaneros. Se utiliza como fuente de calor en cocinas, calefacciones domésticas y producción de electricidad.

4.3.2. Impacto ambiental de la explotación del gas natural

Además de poseer mayor poder calórico que el carbón y petróleo, su contaminación atmosférica es mínima ya que no emite azufre (pero sí tanto CO₂ como el carbón) y es, por tanto, el carburante fósil menos contaminante. Los gasoductos tienen bajo riesgo, pero en la extracción puede haber escape de metano que es un gas con potente efecto invernadero (mucho más que el CO₂).



Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) son muy utilizados para producir energía eléctrica, para ello el calor generado en su combustión se usa para calentar agua, produciendo vapor de agua que mueve unas turbinas conectadas a un generador obteniéndose energía eléctrica, para repetir el proceso sólo tienen que volver el vapor de agua otra vez líquido para que vuelva a la caldera y vuelta a empezar. El proceso de enfriar el agua para volverla líquida y de enfriar también los motores se realiza con otra agua procedente del exterior (la anterior agua que se calienta en la caldera para mover las turbinas va en un circuito cerrado) ya sea del mar, un río, lago... es lo que se llama la refrigeración y ocasiona contaminación térmica porque después de refrigerar el agua es devuelta al mar, río, lago... a más temperatura.

4.4. Energía nuclear

4.4.1. Introducción

La energía nuclear es la energía procedente de las reacciones que se producen en o entre los núcleos de ciertos átomos en unas determinadas condiciones. La energía nuclear se produce por fisión (rotura de núcleos mayores en otros menores) o por fusión (se sintetizan núcleos mayores a partir de otros menores).

4.4.2. La energía nuclear de fisión

La fisión nuclear consiste en dividir el núcleo de un elemento fisible (el ^{235}U núcleo se puede romper por ser inestable como sucede con el uranio 235 o U), mediante el bombardeo de neutrones, obteniéndose dos elementos de menor tamaño 235 (en este caso Kr y Ba), energía y liberación de neutrones (el U libera una media de 2,5 neutrones). Si los neutrones liberados bombardean otros núcleos, produciendo a su vez otras fisiones, se produce una reacción en cadena sin control que provocaría una explosión atómica (por la enorme cantidad de energía liberada de forma brusca), pero si se controla el bombardeo de neutrones de manera que sólo un neutrón de los liberados colisione se produce una liberación constante de energía como sucede en las centrales nucleares cuyo objetivo principal (algunas centrales nucleares son de investigación y los desechos de plutonio de cualquier central nuclear pueden ser usados para crear bombas atómicas) es la producción de energía eléctrica.

Los isótopos son átomos de un mismo elemento (mismo número de protones y electrones) con distinta masa atómica 235

por tener distinto número de neutrones. Algunos isótopos como el U, al tener importantes diferencias entre el número de protones y neutrones, no tienen el núcleo equilibrado, y por lo tanto, son inestables pudiendo ser fisionables si se activa la rotura del núcleo mediante el bombardeo de un neutrón.

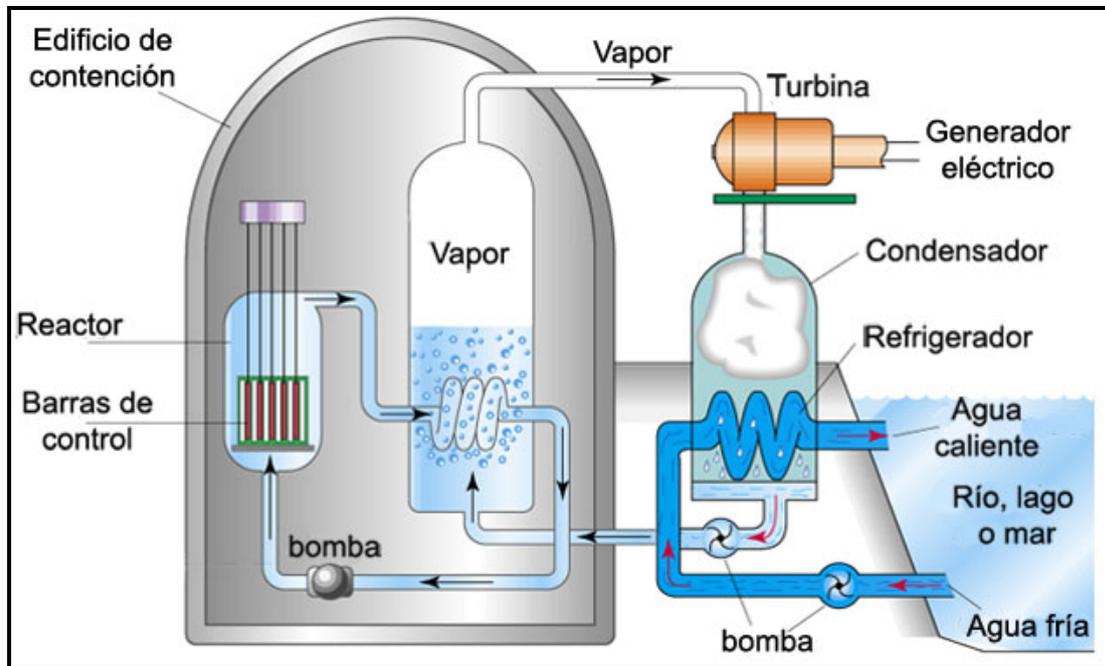
4.4.2.1. La Central Nuclear. Esquema de su descripción y funcionamiento.

Una central nuclear tiene cuatro partes:

1. El reactor en el que se produce la fisión, generando el calor.
2. El generador de vapor en el que el calor producido por la fisión se usa para hacer hervir agua.
3. La turbina que produce electricidad al girar por el paso del vapor.
4. El condensador en el cual se enfría el vapor, convirtiéndolo en agua líquida.

La reacción nuclear tiene lugar en el reactor, en el están las agrupaciones de varillas de combustible 235 (contienen un 3% de U) intercaladas con unas decenas de barras de control que están hechas de un material que absorbe los neutrones. Acercando o alejando estas barras de control a las varillas de combustible, se controla el ritmo de la fisión nuclear ajustándolo a las necesidades de generación de electricidad.

En las centrales nucleares habituales hay un circuito primario de agua, en contacto con el material radiactivo, en el que esta agua se calienta por la fisión del uranio. Este circuito forma un sistema cerrado en el que el agua circula bajo presión, para que permanezca líquida a pesar de que la temperatura que alcanza es de unos 293°C.



Con el agua del circuito primario se calienta otro circuito de agua, llamado secundario. El agua de este circuito secundario se transforma en vapor a presión que es conducido a una turbina. El giro de la turbina mueve a un generador que es el que produce la corriente eléctrica.

Finalmente, el agua es enfriada en torres de enfriamiento con agua procedente de un río o del mar que es el tercer circuito, el agua de este tercer circuito es devuelta mas caliente al río o mar de la que se extrajo, alterando térmicamente el ecosistema (contaminación térmica lo mismo que sucede con las centrales térmicas de carbón, petróleo o gas natural que tienen que enfriar el vapor de agua que mueve las turbinas para producir electricidad).

4.4.2.2. La utilización de la fisión nuclear y sus limitaciones

La fisión nuclear se usa, y por tanto se genera radiactividad, en la producción de energía eléctrica, la fabricación de armamento nuclear, la propulsión de algunos submarinos (submarinos nucleares), en la investigación y en medicina. La cantidad de energía producida por kilo de "combustible" en las centrales nucleares es mucho mayor que el resto de energías no renovables, por ejemplo, la fisión de un kilo de U 235 produce más de un millón de veces más energía que un kilo de carbón, además no contamina la atmósfera con CO₂ ni SO_x ni NO_x, pero los accidentes nucleares como el de Chernobyl (Ukrania), Tokaimura (Japón) y el de The Mile Island (USA) y los residuos la han convertido en una energía de alto riesgo. Se producen residuos tanto en su extracción, como en el enriquecimiento del uranio para formar el "combustible" nuclear y en la utilización en la central nuclear, puesto que las barras de combustible, unos 3 ó 4 años más tarde, su concentración de uranio 235 es demasiado baja como para mantener la reacción de fisión, por lo que las barras se retiran y se almacenan en una piscina

(para enfriarlas porque generan calor). Cuando existen suficientes barras gastadas se puede reprocesar extrayendo plutonio y obteniendo uranio enriquecido para reutilizarlos ambos como combustible nuclear (antes no se reutilizaba y no siempre se hace actualmente, por lo que los residuos pueden tener mucha más radiactividad) y el resto se almacena como residuos que durarán miles de años emitiendo radiactividad, lo cual es el principal inconveniente de la utilización de la energía nuclear de fisión, ya que no saben qué hacer con tantos residuos (en el tema de los residuos se verá cómo se almacenan estos residuos). A pesar del alto coste de su construcción, la vida media de una central nuclear es de 30-40 años.

4.4.3. La energía nuclear de fusión

4.4.3.1. Concepto y posibilidades de futuro

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, a esta temperatura la materia está en un estado llamado estado de plasma, en el que los electrones y los núcleos se encuentran separados y todavía, a pesar de que se está investigando con mucho interés, no hay reactores de fusión trabajando en ningún sitio, debido a que no existe ningún material capaz de contener el plasma (ningún material en condiciones normales de presión soportaría una temperatura de unos 100 millones de grados). Esta fuente de energía, por lo tanto, sólo se ha podido usar con fines bélicos (bomba de hidrógeno). Para poder contener el plasma se está investigando el llamado confinamiento magnético que consiste en mantener el plasma en el interior de un potente campo magnético.

La fusión nuclear es considerada la fuente de energía del futuro ya que es muy abundante (en el agua de los océanos) los isótopos del hidrógeno (deuterio y tritio), no produce residuos peligrosos, no produce impactos sobre la atmósfera e hidrosfera, produce una cantidad enorme de energía y no tiene riesgos de accidentes porque no se puede descontrolar como sucedía con la reacción en cadena de la fisión nuclear.

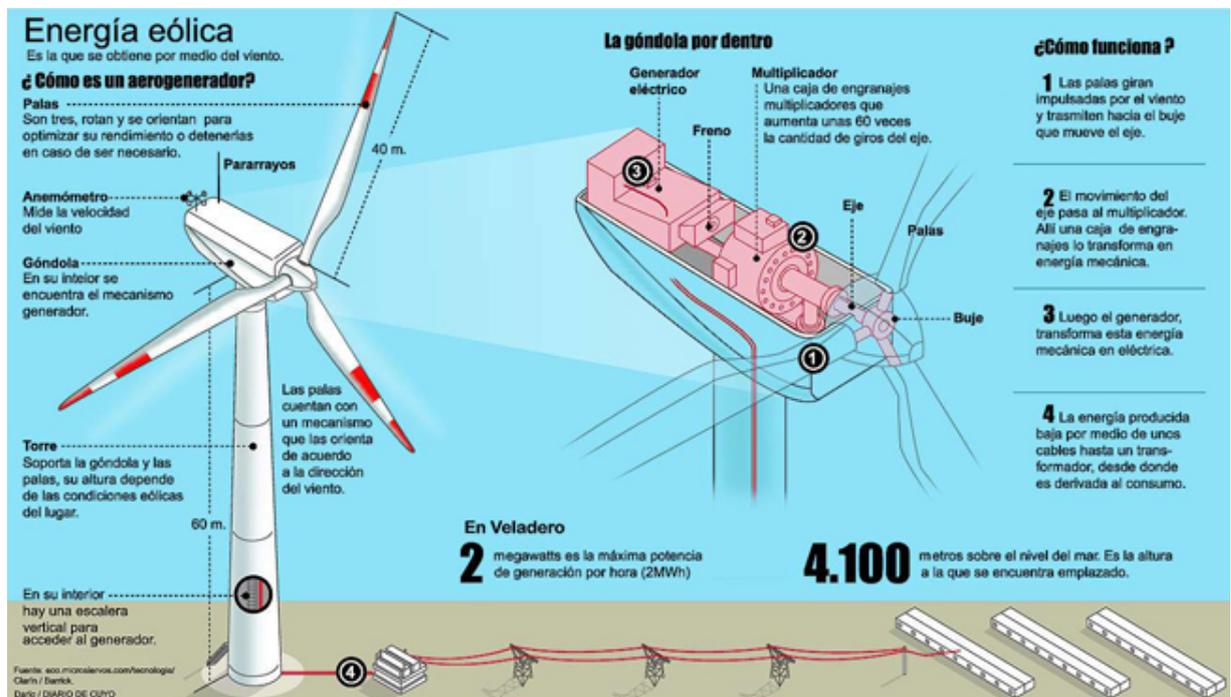
4.5. Soluciones a los problemas del uso de las energías no renovables

Las soluciones pasarían por técnicas que disminuyan la contaminación (colocación de filtros en chimeneas, tratamiento previo del carbón para eliminar todo el azufre posible, motores menos contaminantes, catalizadores en tubos de escape...), el ahorro energético (la concienciación y educación ciudadana sobre todo para el ahorro de electricidad, tecnología más eficiente, disminuir la excesiva iluminación de algunas ciudades...) y la sustitución progresiva por las fuentes de energía renovables.

6. ENERGÍA EÓLICA

Concepto y usos

Es la energía producida por el movimiento del aire (viento), que a su vez, es una consecuencia de la radiación solar. Ha sido usada desde la antigüedad en diferentes aplicaciones como mover embarcaciones, bombear agua o moler grano. Actualmente, el principal uso es la producción de energía eléctrica, mediante unas máquinas llamadas aerogeneradores (o turbinas eólicas), que se instalan bien aisladas para cubrir necesidades energéticas de un particular o pequeña comunidad (principalmente zonas rurales alejadas de la red de distribución eléctrica general), o bien en gran número en una zona determinada llamada parque eólico en conexión con la red de distribución general.



Ventajas de la energía Eólica

- Es una energía limpia e inagotable, la instalación no es muy costosa y son bajos los costes de mantenimiento.
- Contribuye a reducir el consumo de energías no renovables (se utiliza como complemento de otras fuentes de energía como centrales térmicas o nucleares).
- Energía autóctona.
- Utiliza tecnología con un alto grado de desarrollo en nuestro país.
- Se consigue un alto rendimiento en la transformación de energía mecánica en eléctrica.

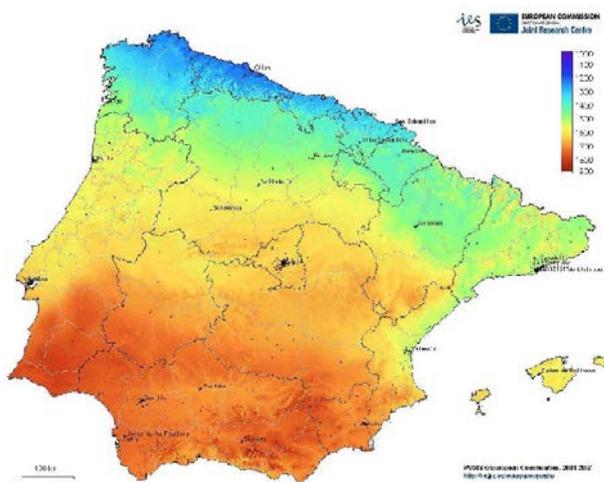
Inconvenientes de la energía Eólica

- No constituye una fuente de energía constante (vientos intermitentes y aleatorios), además la energía eléctrica producida durante los flujos de vientos fuertes es difícil de almacenar.
- Impacto visual, muerte de aves, incremento de la erosión debido a que seca la superficie del suelo cercana. Además, si se utilizan aspas con componentes metálicos se producen ruidos e interferencias electromagnéticas (interferencias en radares, transmisores de televisión, radio,...)
- Los parques eólicos necesitan grandes extensiones de terreno que no pueden ser utilizados para otros usos.

7. ENERGÍA SOLAR

7.1. Energía Solar. Introducción.

El sol es una gigantesca central termonuclear que genera energía por procesos de fusión nuclear que tienen lugar cuando átomos de hidrógeno se transforman en átomos de helio. Los 149x10



km de distancia que existen entre esta estrella a nuestro planeta no impiden que podamos disfrutar de gran parte de esta energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación.

Figura 1.- Radiación solar total anual en España y Portugal.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud y es de aproximadamente 1000 W/m en la superficie terrestre.

La energía solar que recibe la Tierra es unas 20.000 veces mayor que el consumo de energía del mundo, de hecho, con la energía que se recoge en 22.000 km de una región desértica tendríamos suficiente para cubrir el consumo mundial.

La energía solar se puede aprovechar de forma activa (energía solar térmica y fotovoltaica) o pasiva (arquitectura solar).

7.2. Arquitectura solar.

Con arquitectura solar nos referimos al conjunto de técnicas arquitectónicas que permiten la captura, almacenamiento y distribución de la energía solar que incide en un edificio siguiendo dos criterios:



- Criterios activos: favorecer la penetración de radiación solar; la captación y almacenamiento están integrados en el edificio, provistas de dispositivos mecánicos para controlar y distribuir la energía calorífica.

- Criterios pasivos: recoge y almacena la energía en superficies oscuras y mates que forman parte integral de la estructura y no existe ningún medio mecánico.

En estas técnicas, la superficie colectora y la unidad de almacenamiento están integradas en el mismo edificio como un elemento más de su estructura.

7.3. Energía solar térmica.

Es la transformación de energía solar en térmica almacenándola en un fluido. Dependiendo de la temperatura que alcance este fluido tenemos tres técnicas: de baja, media y alta temperatura.

Energía solar térmica de baja temperatura: Utiliza un colector plano para captar la radiación solar y transformarla en energía térmica alcanzando temperaturas que no superan los 90°C para después transferirla a un portador de calor. Sus aplicaciones el de calentamiento de agua de piscinas, viviendas, hospitales e industrias. El rendimiento del proceso es

de un 50%.

Energía solar térmica de media temperatura: Utiliza un colector de concentración para lograr una mayor intensidad de radiación en un área reducida alcanzando temperaturas que oscilan entre 90 y 200°C. Aplicaciones de tipo industrial.

Energía solar térmica de alta temperatura: Utilizan también colectores de concentración de reflexión pero la temperatura que se consigue con este tipo de tecnología es superior a los 200°C. Se capta la energía solar y se transfiere a un fluido portador de calor.

Su aplicación es la generación de energía eléctrica. El rendimiento de estas instalaciones es bajo, del orden de un 20%.

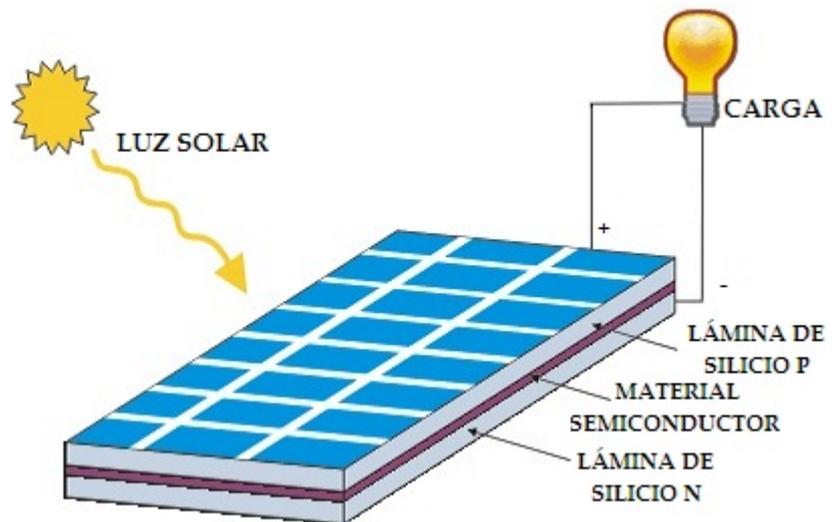
7.4. Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es aquella que permite la conversión directa de la energía de la radiación solar en energía eléctrica, gracias a un fenómeno denominado efecto fotovoltaico.

Celular solar.

La obtención de energía eléctrica en este tipo de tecnología se realiza mediante el empleo de dispositivos llamados células solares.

El fundamento de esta propiedad es que están constituidas por materiales semiconductores en los cuales los electrones de valencia están lo suficientemente poco ligados como para poder ser arrancados por la energía de los fotones incidentes. En esta circunstancia pueden circular libremente por el semiconductor quedando un hueco o defecto de electrón producido, libre para, saltando de átomo a átomo, recorrer el cristal como si fuese una carga positiva.



El límite teórico de la eficacia de una célula de silicio es del 28%. Actualmente se están investigando nuevos materiales como el silicio amorfo, que tienen un rendimiento práctico del 40-50%.

Aplicaciones

- Distribución de energía eléctrica mediante los denominados "huertos solares" donde se instalan gran número de paneles solares orientados hacia el sol y con capacidad de movimiento siguiendo siempre la dirección en la cual conseguir la máxima cantidad de radiación.
- Producción de agua caliente sanitaria, calefacción, climatización de piscinas, invernaderos, secaderos solares...
- Viviendas.
- Telecomunicaciones (estaciones repetidoras de radio y televisión, teléfonos en carreteras...).
- Iluminación (camping, farolas, naves de ganado, vallas publicitarias...).

7.5. Ventajas e inconvenientes

• Ventajas

- Fuente inagotable
- No se emiten ningún tipo de contaminante durante el tiempo de funcionamiento de la instalación.
- Gratuita.
- No genera residuos peligrosos de difícil eliminación.

- No suele suelen efectos significativos sobre la flora y la fauna (excepto las instalaciones de alta temperatura, que pueden afectar a la fauna).
- No requiere grandes inversiones de transporte o almacenamiento.
- Es una actividad económica y, como tal, contribuye a la creación de empleo, impulsando el desarrollo local.
- Es idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega.
- A medida que la tecnología aumenta, los costes disminuyen.
- Inconvenientes
 - Disponibilidad limitada por los ciclos día-noche, días nublados y estaciones del año. Influencia de la latitud del lugar, del día del año y el clima de la zona.
 - Grandes cantidades de energía eléctrica requieren grandes extensiones de terreno.
 - Necesita una gran inversión inicial.
 - Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados (energía que no se aprovechara para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc.).
 - Impacto paisajístico provocado por las placas solares.
 - Necesidad de complementar esta tecnología con otra para obtener energía eléctrica.

8. LA ENERGÍA HIDRÁULICA.

Concepto y usos

La energía hidráulica aprovecha la energía potencial gravitatoria del agua, procedente de la lluvia o la nieve que fluye desde las montañas al mar, para generar electricidad.

Una central hidroeléctrica consta de un embalse que almacena el agua, desde donde es canalizada a través de una tubería hacia el edificio de la central donde se encuentran las turbinas, las cuales impulsan un generador que produce la energía eléctrica.

Aparte de para la producción de electricidad la central se usa para regular y gestionar el agua (almacén de agua para consumo urbano, agrícola y industrial, también se usa para actividades deportivas y recreativas en el propio embalse).

Ventajas de la energía hidráulica

Es una energía renovable, limpia (no produce residuos) y autóctona, el coste del "combustible" es nulo, el mantenimiento es mínimo, regula el cauce fluvial paliando los efectos de las grandes avenidas y es una energía que se puede almacenar ya que cuando hay excedente de energía la utiliza para el proceso contrario, es decir, bombear agua devolviéndola al embalse.

Inconvenientes de la energía hidráulica

- Los grandes embalses inundan zonas de cultivo, pueblos y ecosistemas fluviales, produciendo emigraciones humanas y pérdida de diversidad.
- Obstruyen el río, se colmatan los embalses con sedimentos inutilizándolos (tiempo de explotación limitado), mientras se erosionan las zonas costeras próximas a la desembocadura del río (ya que no llegan los sedimentos que quedaron atrapados en el embalse).
- Puede modificarse la calidad del agua embalsada como la posibilidad de eutrofización del agua.
- En la construcción además de su impacto paisajístico destaca el elevado coste de las obras y de los largos tendidos eléctricos que necesitan para llevar la electricidad hasta los grandes centros de consumo.
- Genera posibles riesgos geológicos inducidos por movimientos de ladera y/o por rotura de la presa.
- Disminución del caudal de los ríos (aguas debajo de la presa), variaciones en el microclima, dificultad de la emigración de los peces,...

9. LA BIOMASA COMO ENERGÍA ALTERNATIVA

9.1 La biomasa: Concepto y usos; ventajas e inconvenientes

La energía de la biomasa es la contenida en las moléculas orgánicas que componen la materia de los seres vivos. En realidad es energía solar almacenada en enlaces químicos por medio de la fotosíntesis, esta energía se distribuye a todos los organismos mediante las relaciones tróficas.

Esta energía la podemos obtener de una gran diversidad de productos:

- Productos forestales principalmente leña, madera y desechos de la industria maderera como virutas.
- Productos agrícolas como restos de poda, paja, cáscaras ...
- Productos animales como estiércol o restos de matadero.
- Residuos sólidos urbanos (RSU) como papel, cartón, restos de alimentos...
- Cultivos energéticos como caña de azúcar, maíz o patata para que por fermentación alcohólica de el combustible etanol, plantas ricas en aceites como soja, girasol o colza dando bioaceites para motores diesel,...

El procedimiento más usado para el aprovechamiento de la energía de la biomasa es la combustión, el calor generado puede ser utilizado para calefacción, agua caliente sanitaria o producir vapor de agua que mueva una turbina para generar electricidad. En el caso de los

bioaceites y el etanol son usados principalmente para vehículos. Los productos animales, los lodos de depuradoras y los residuos de industrias orgánicas como azucareras o papeleras, normalmente son usados para producir biogás que es una mezcla de metano y dióxido de carbono obtenido por digestión anaerobia de estos productos, el biogás se puede utilizar como combustible en cocinas, calentadores, motores o generadores de energía eléctrica.

Ventajas de la energía de la biomasa

- Es un buen método de eliminación de residuos biodegradables.
- Sustitución progresiva de los carburantes fósiles para vehículos por los combustibles obtenidos de los cultivos energéticos.
- La biomasa, aunque libera la misma cantidad de dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno que los combustibles fósiles, prácticamente no contiene azufre y las cenizas son inertes y se encuentran en menor proporción, además no producen compuestos de cloro.
- No se altera la cantidad neta de dióxido de carbono existente en la atmósfera.
- Será renovable siempre que plantemos tantos árboles y cultivos como utilizemos.(valida en ventajas y inconvenientes).

Inconvenientes de la energía de la biomasa

- Los residuos orgánicos tienen un bajo rendimiento energético y se producen de manera estacional y dispersa.
- El etanol es muy corrosivo y en su combustión se produce óxidos de nitrógeno y formaldehído (cancerígeno).
- El uso de biocombustibles requiere cambios en los motores de los automóviles.
- Los cultivos energéticos necesitan grandes superficies de suelo, en muchos casos se destruyen bosques en países del tercer mundo para estos cultivos que cada vez se demandan más por los países industrializados.
- El gran volumen de la biomasa en estado fresco dificulta su manipulación.

10. LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS: CIRCULACIÓN Y TIPOS DE ACUÍFEROS.

El agua de la superficie que se infiltra en el suelo atraviesa la denominada zona vadosa o de aireación y percola ("cuela" por gravedad) hasta la zona saturada, donde todos los poros están totalmente llenos de agua. En la zona vadosa, el agua se encuentra tapizando las paredes de los poros o suspendida en pequeñas cavidades alargadas llamadas capilares, pero sin ocuparlos en su totalidad y constituyendo la "humedad del suelo" (agua retenida o agua edáfica). Parte del agua retorna a la atmósfera por evaporación, otra parte es absorbida por las raíces de las plantas y el resto se infiltra hacia la zona saturada. La superficie que separa ambas zonas, aproximadamente plana y horizontal la mayor parte de las veces, es la superficie freática, que se encuentra más o menos próxima a la superficie del terreno en función de las recargas (debidas a precipitaciones o a influencia de cursos de agua) o las extracciones. La altura, con respecto a la superficie del terreno, a la que llega el agua constituye el nivel freático. (Ver esquema).

Un **acuífero** (del latín aqua=agua y feros=llevar) es un estrato o conjunto de estratos o bien una formación geológica que permite la circulación de agua a través de sus poros o fisuras (grietas). Para que se forme un acuífero es necesaria, pues, la presencia de materiales fisurados o porosos, situados sobre materiales impermeables que posibiliten la acumulación de agua a partir de ellos procedente de infiltración. Es muy importante el estudio de la litología (el tipo de rocas) y de las estructuras geológicas de un terreno (pliegues, fallas, fracturas, etc.) para poder estimar los recursos hidráulicos subterráneos de esa región. Debido a la gran necesidad de agua que demanda nuestra sociedad, los conocimientos sobre aguas subterráneas son del todo necesarios.

La rama de la Geología que estudia las aguas subterráneas es la **hidrogeología**. Según el tipo de rocas que forman un acuífero podemos distinguir entre aquellos instalados en rocas permeables (ej. areniscas); rocas fisuradas (ej. granito); material sedimentario suelto (ej. el que hay en los valles de los ríos); acuíferos kársticos (ej. los que hay en las rocas calizas: son rocas fisuradas pero con el tiempo y debido a la disolución de la roca, las fisuras se agrandan y con ello la capacidad de almacenar agua).

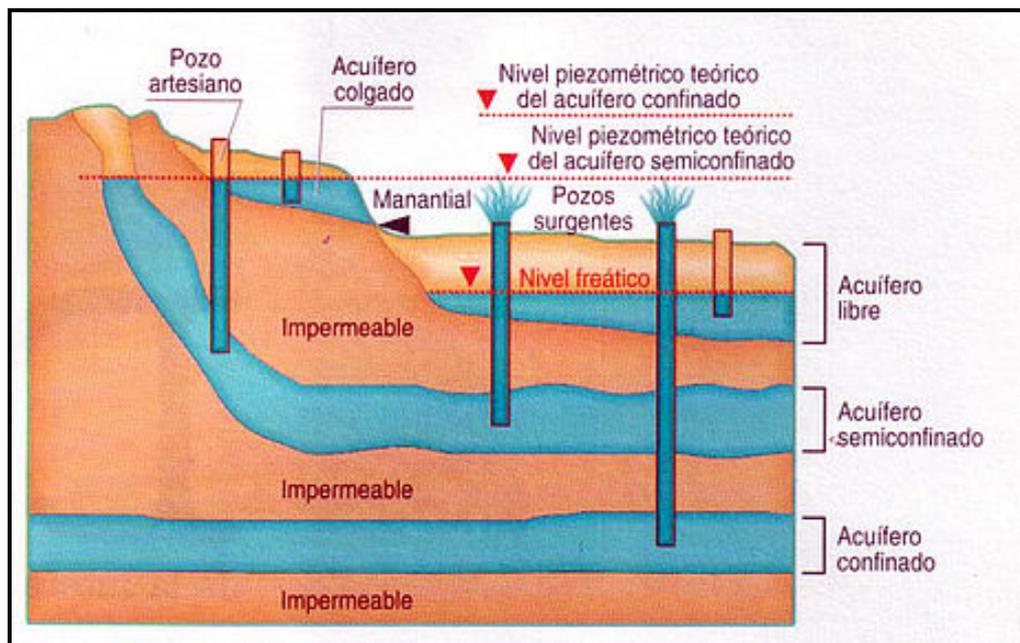
Algunos parámetros de un acuífero a tener en cuenta son:

- **Porosidad**, m. Es la relación entre el volumen de huecos (ocupados por aire o agua) y el volumen total de la roca. La porosidad depende de la forma, tamaño y tipo de empaquetamiento de las partículas que constituyen la roca (textura y estructura), así como de la presencia de fracturas o cavidades de disolución. (La roca caliza no tiene poros, pero generalmente está muy fracturada constituyendo acuíferos de gran importancia).
- **Permeabilidad o conductividad hidráulica**, k. Es la facilidad con la que un material deja pasar un fluido a su través. Su valor depende tanto del tamaño de los poros como de la comunicación entre ellos (si los poros están aislados, aunque sean muy numerosos, harán que la roca sea impermeable → la conocida piedra pómez flota en el agua porque está llena de poros y estos se encuentran aislados. En caso contrario se hundiría). La permeabilidad también depende de la viscosidad y de la densidad del fluido que los atraviesa (el agua no es pura). En general, a mayor porosidad, mayor permeabilidad.

Que los materiales sean permeables, no significa que deban estar sueltos: una roca compacta y con sus partículas soldadas, como la arenisca, puede ser una auténtica esponja capaz de contener una gran cantidad de agua entre sus poros.

Los acuíferos, en función de la presión hidrostática del agua contenida en ellos, pueden ser de dos tipos:

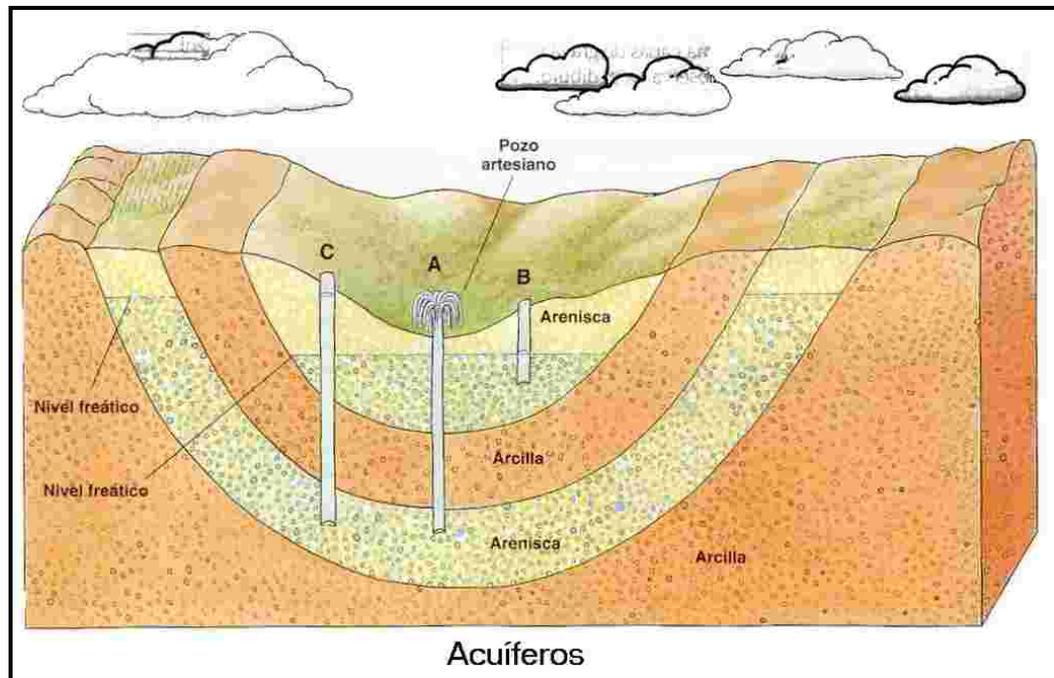
- **Libres:** son aquellos en los que la superficie freática está en contacto directo con el aire (aire que ocupa los poros) y, por lo tanto, a presión atmosférica. La altura que alcanza la superficie freática constituye el nivel freático. Si el agua del acuífero se mantiene sin fluir (ver esquema) su superficie freática es aproximadamente horizontal. Son la mayoría.
- **Confinados o cautivos** o a presión son aquellos que se encuentran entre dos capas de materiales impermeables. En ellos, si el agua ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica que la contiene, normalmente estará sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica. Por ello, al perforar un acuífero confinado, el nivel de agua asciende hasta estabilizarse en una determinada altura o nivel piezométrico (piezos = presión), pudiendo salir a la superficie sin necesidad de bombas. Estas perforaciones reciben el nombre de pozos artesianos.



En los acuíferos cautivos, la zona de recarga no está sobre el propio acuífero sino fuera de él (el material impermeable impide la infiltración y llenado del mismo). Igualmente, para que el agua se halle a presión, la estructura "en bocado" deberá estar plegada (ver esquemas).

Un **acuitardo** es un terreno empapado de agua, pero que por contener poros de muy pequeño tamaño (y/o por otras circunstancias) el agua se mueve con gran dificultad, de modo que no resultan útiles puesto que el agua no se extrae fácilmente.

Si un acuífero, debido a la topografía del terreno, asoma a la superficie en un lugar concreto, el agua que empapa las rocas o que circula por las fisuras se derrama (rezuma) formando un nacimiento o manantial. En muchos casos, si la cantidad de agua no es muy grande y la salida no la tiene en un punto concreto, suele hacerse una pequeña construcción que acumula el agua y que la deja salir a través de un caño. Se trata de una fuente.



Los acuíferos calizos aumentan su capacidad de acumulación de agua con el tiempo debido a la disolución que sufre la roca. Estos auténticos "tubos" son los ríos subterráneos (los ríos subterráneos forman parte de los acuíferos). Pasado el tiempo pueden dejar de llevar agua y se conocen como galerías. (Estas formaciones que se originan por disolución de rocas forman parte del llamado modelado kárstico). La salida al exterior de un río subterráneo se presenta como una oquedad o cueva y se denomina surgencia.

Al hacer un pozo y extraer agua, se crea una depresión en torno al mismo que tiene forma cónica, es el cono de depresión. Dependiendo de la cantidad de agua extraída, el cono, cuyo vértice está situado en la parte baja de la perforación se expande, haciendo disminuir el nivel freático en un área más amplia.

03.2 Problemas ambientales derivados de la explotación de las aguas subterráneas

Una mala planificación de la extracción de las aguas subterráneas puede provocar una serie de problemas y riesgos. Los más graves son:

- **Sobreexplotación de los acuíferos.** Es debida a la extracción excesiva de agua del acuífero, hasta superar la recarga y poner en peligro la subsistencia de los aprovechamientos existentes o los ecosistemas dependientes de ella.

No hay que confundir la sobreexplotación con el efecto de eventuales periodos de sequía, en los que se pueden producir, según en qué tipos de acuíferos, descensos en niveles y caudales.

- **Contaminación del agua subterránea.** Esta agua tiende a ser dulce y potable, pues la circulación subterránea la depura de partículas y microorganismos contaminantes. Sin embargo, en ocasiones estos llegan al acuífero debido a la actividad humana. Las fuentes de los contaminantes provienen de la superficie, y por ello es especialmente grave la generación de focos de contaminación en las zonas de recarga.

- **Salinización de acuíferos.** Es un caso particular de contaminación que puede tener una causa natural, si los acuíferos son demasiado ricos en sales disueltas o debido a la erosión de ciertas formaciones rocosas.

Pero la salinización también la produce el ser humano cuando bombea el agua dulce de los acuíferos costeros. El agua salada del mar, al ser más densa, queda bajo el agua dulce, pero un exceso de bombeo puede hacer que alcance el acuífero. Una de las consecuencias de ello es que las sales se incorporan al suelo a través del agua de riego, haciendo que los campos agrícolas pierdan su fertilidad y su productividad a medio-corto plazo.



La contaminación puede ser localizada o difusa.

En el primer caso se debe a los vertidos industriales, vertederos de residuos urbanos o fosas sépticas, entre otros.

La contaminación difusa procede del uso indiscriminado de productos agrícolas, fitosanitarios y abonos orgánicos.



Los contaminantes más perjudiciales son los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas, pinturas y barnices, los combustibles, como la gasolina, y los abonos y fertilizantes, en especial los nitratos.

Efectos de la sobreexplotación

- **Subsidencia del terreno.** La excesiva extracción de agua subterránea provoca cambios en la resistencia del terreno y su hundimiento paulatino o subsidencia del sustrato.

- **Cambios en el funcionamiento acuífero-río.** La explotación de las aguas subterráneas puede modificar sustancialmente el funcionamiento hidrogeológico de un sistema. Así, en zonas en las que un río era alimentado por la descarga de un acuífero, si la extracción de agua es excesiva este proceso se invierte y el curso fluvial puede llegar a secarse completamente.

- **Degradación de la calidad del agua subterránea.** Cuando los descensos del nivel freático son elevados debido a la extracción, la calidad del agua subterránea se puede deteriorar de manera importante.

Este problema es especialmente grave en las zonas costeras de regiones áridas o semiáridas, donde a veces se produce una contaminación por intrusión de agua salada marina.



Las Tablas de Daimiel, debido fundamentalmente a la sobreexplotación del denominado acuífero 23 que las sustenta, han pasado por situaciones críticas para la conservación de dicho ecosistema.