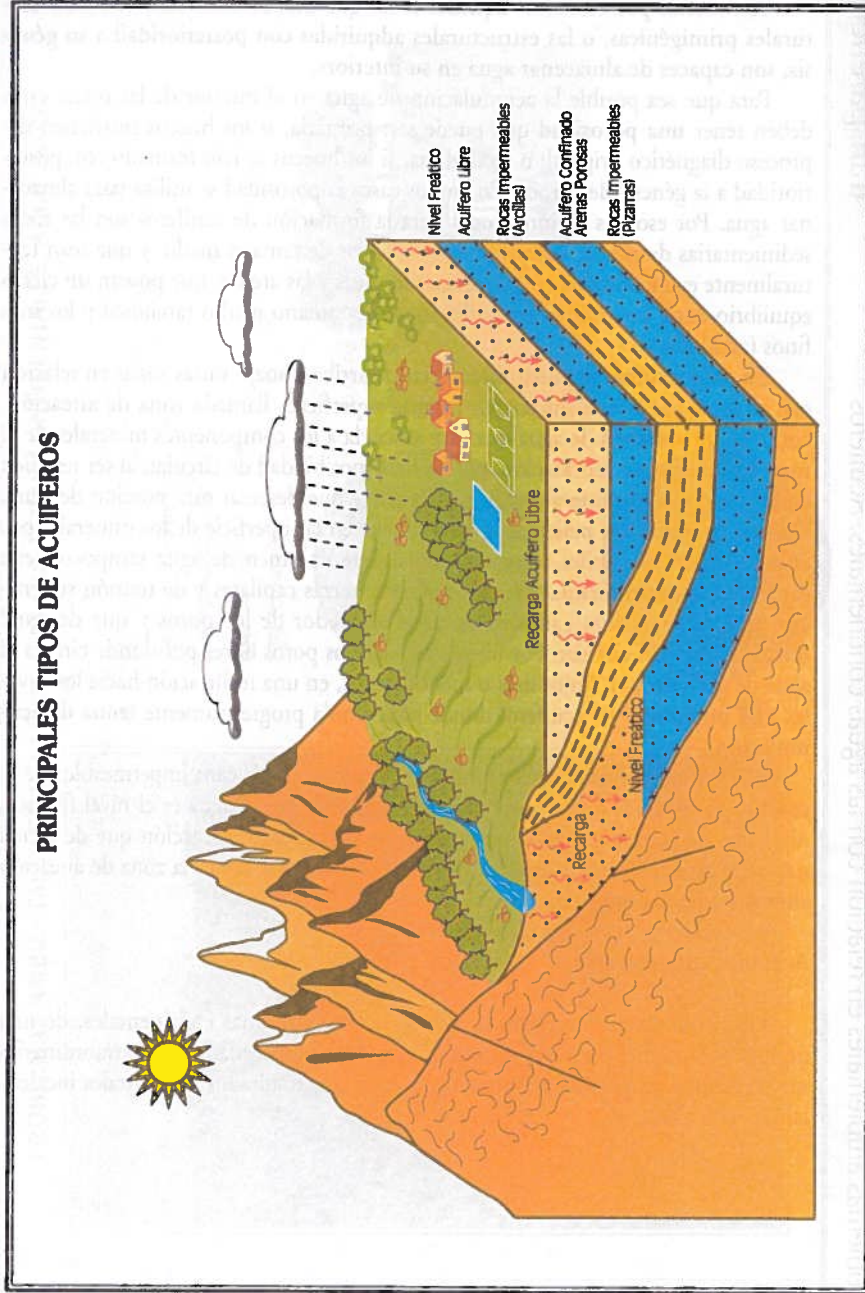


PRINCIPALES TIPOS DE ACUIFEROS



Principales tipos de acuíferos

transparencia 50

Tipos de acuífero. Condiciones geológicas

Los acuíferos pueden ser de dos tipos: acuíferos libres y acuíferos confinados.

Se dice que un acuífero es libre cuando se da una situación estructural en la que las rocas que lo constituyen no se encuentran dispuestas geológicamente entre capas impermeables. Solamente en nivel inferior debe estar cerrado por una capa con estas características.

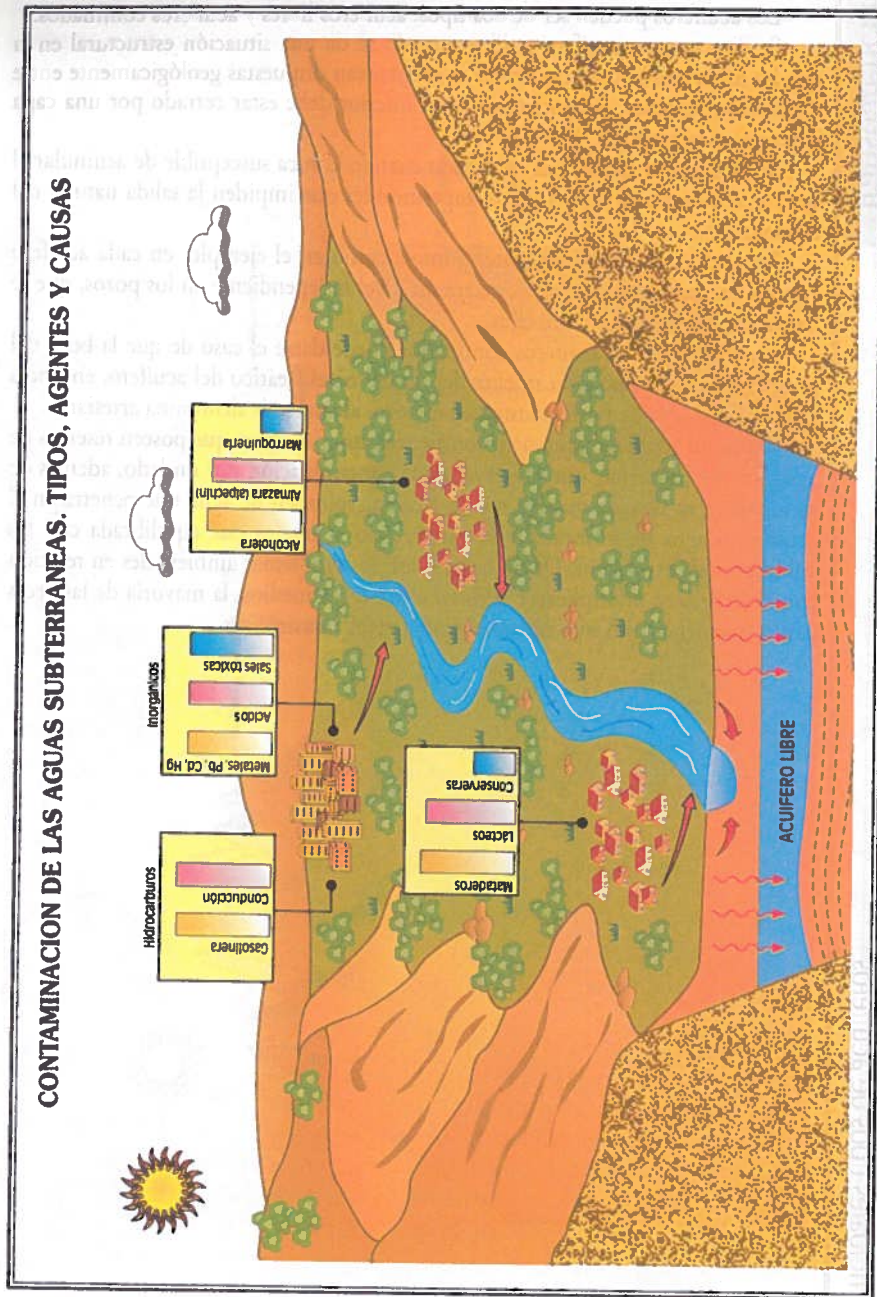
Se dice que el acuífero es confinado cuando la roca susceptible de acumular el agua se encuentra entre dos capas impermeables que impiden la salida natural del elemento.

En el caso de que se presenten juntos, como en el ejemplo, en cada acuífero existirá un nivel freático que alcanzará un nivel independiente en los pozos, que se hagan sin interrelación entre ellos.

En el caso de los acuíferos confinados puede darse el caso de que la boca del pozo esté situada topográficamente debajo del nivel freático del acuífero, entonces el agua fluirá sola de forma natural en el pozo, al cual se le denomina artesiano.

Tanto un acuífero como otro constituyen unos recursos que poseen reservas de agua ingentes, que hay que preservar de la contaminación por un lado, además de racionalizar su uso, de manera que la recarga, volumen de agua que penetra en el acuífero o agua de infiltración, sea superior o al menos esté equilibrada con los volúmenes de extracción. De no hacerse así, los problemas ambientales en relación con el recurso se multiplican e inciden sobre otros medios, la mayoría de las veces con consecuencias no sólo ruinosas, sino a veces catastróficas.

CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. TIPOS, AGENTES Y CAUSAS



Contaminación de las aguas subterráneas. Tipos, agentes y causas

transparencia 51

Contaminación de aguas subterráneas. Tipos de contaminación

Los acuíferos, como reservorios de aguas, deben permanecer impolutos frente a la contaminación. Desgraciadamente esto no ocurre así, y la contaminación de acuíferos puede deberse a causas clasificables en:

- Fruto de las actitudes humanas, donde se incluyen acciones irracionales con otras que no lo son tanto como: el desconocimiento de los efectos que los contaminantes tienen sobre el medio, los vertidos intencionados, la eliminación de residuos, etc.
- Como consecuencia de accidentes, en la mayoría de los casos relacionados con obras y construcciones humanas, como son las roturas de las conducciones de oleoductos, los accidentes de carretera de transportes de sustancias peligrosas, las conducciones por tuberías, el filtrado de depósitos aparentemente estancos, etc.

Agentes contaminantes. Productos orgánicos e inorgánicos

Los agentes contaminantes de acuíferos pueden ser de diversas clases:

1. Productos inorgánicos:

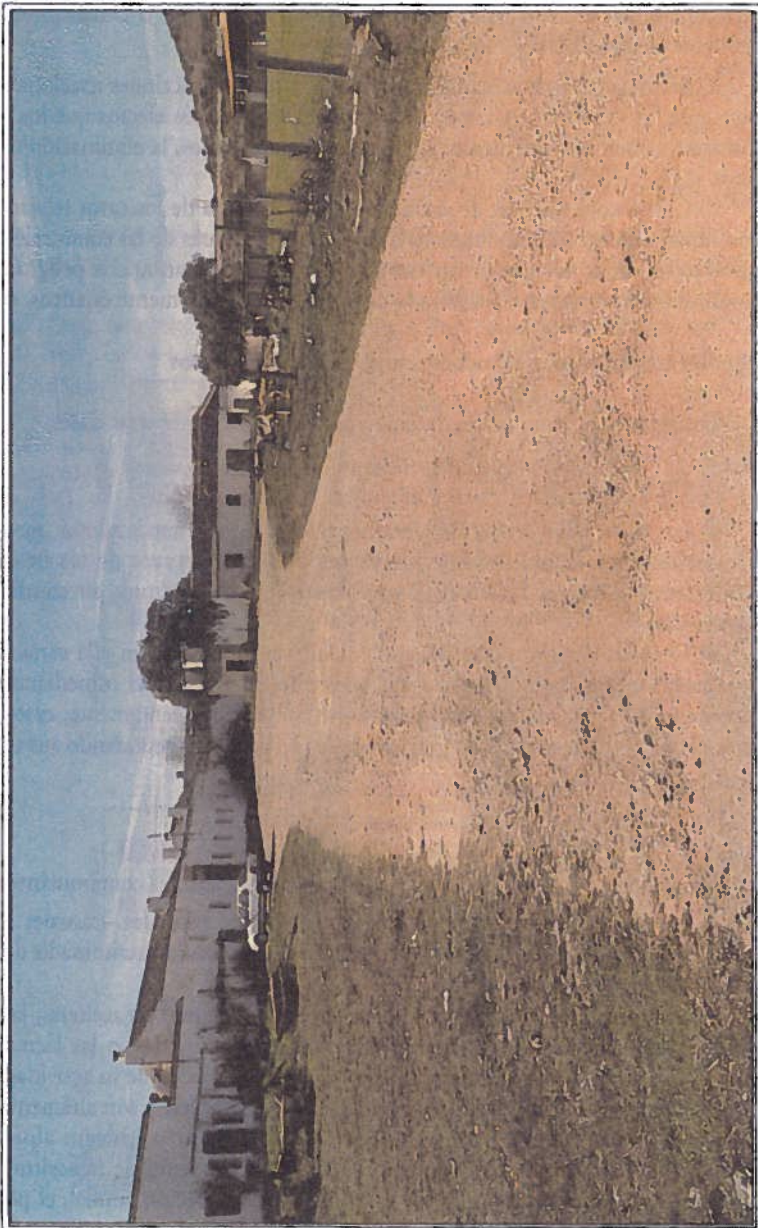
- Los principales serían los metales pesados, tipo plomo, cadmio, mercurio, producidos por la industria y que llegan al suelo a través de las interfases Atmósfera-Hidrosfera-Litosfera, y a su removilización química en condiciones apropiadas.
- Las sales disueltas, que van aumentando la concentración y la variación de las condiciones físico-químicas. Estas sales pueden ser tóxicas inmediatamente, caso de los CNK (cianuros potásicos), o irse acumulando lentamente, caso de las sales derivadas de los nitratos y nitritos de los fertilizantes, retardando sus efectos, igualmente nocivos.

2. Productos orgánicos.

Dentro de los productos orgánicos, los principales agentes contaminantes son:

- Los hidrocarburos. Asociados a los vertidos accidentales –casuales o no–, relacionados con las actividades de transporte y almacén indiscriminado de estos productos.
- Los productos orgánicos asociados a industrias, como las aceiteras, las alcohólicas, los mataderos, las conserveras, los de marroquinerías, o las lácteas, etc. Todos y cada uno de ellos tienen como productos de desecho de su actividad, bien residuos líquidos o bien sólidos. Su eliminación es compleja y son altamente contaminantes para las aguas subterráneas. Los tipos principales son: alpechines (líquido y partículas sólidas no separables de la molturación de la aceituna), las vinazas, la sangre, el agua residual, los productos de excreción animal, el pelo, los aceites, los productos de fermentación, etc., más los microorganismos que los acompañan.

LA CONTAMINACION DE ACUIFEROS. CONTAMINACION RURAL



Explotación agrícola-ganadera. Montes de Toledo. (Bledo)



La contaminación de acuíferos. Contaminación rural

transparencia 52

Contaminación. Tipos

Entendida la contaminación como «la variación de los parámetros naturales de un sistema considerado», en este caso las aguas subterráneas, hay que decir que las causas de la contaminación de acuíferos, casi siempre van asociadas a la acción antrópica. Por su situación geográfica, desde el punto de vista de tipificación de la contaminación por el lugar donde se produce, ésta puede ser: de tipo rural y urbana.

Contaminación rural. Causas

Normalmente hablar de contaminación rural, cuando el campo se ha considerado como el prototipo de sistema ambiental no contaminado, puede parecer errónea; sin embargo existe y además es grave.

La contaminación rural, de las aguas subterráneas en este caso, está provocada por diversos agentes:

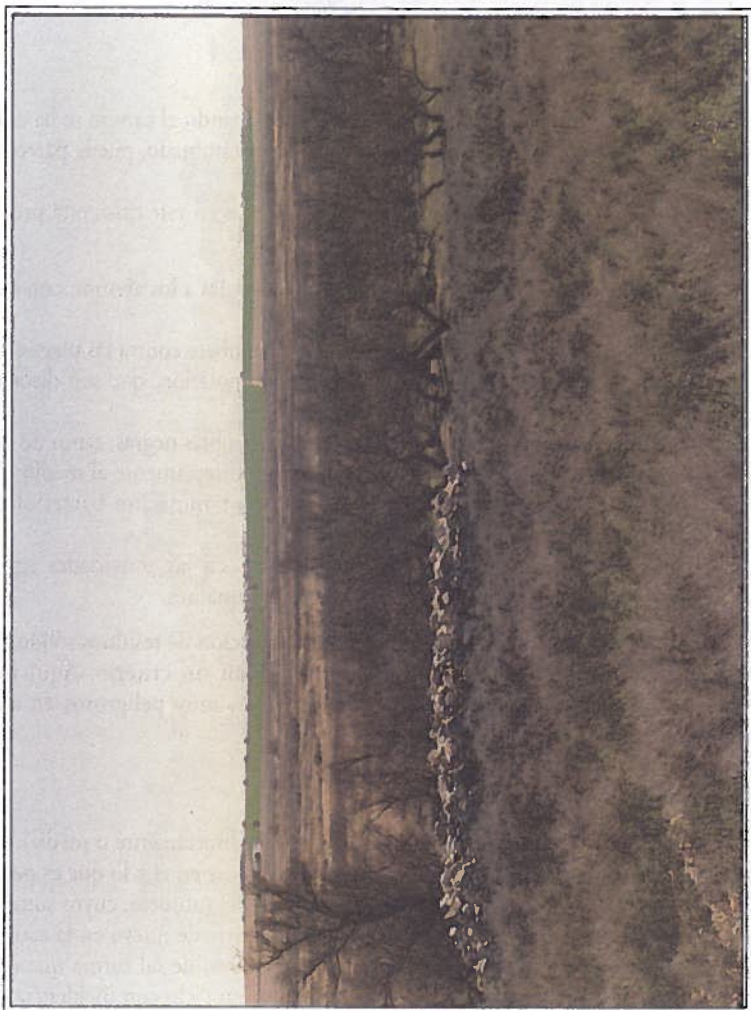
- La incorporación de sustancias químicas, asociadas a los abonos, con composición nitrogenada.
- Los pesticidas y plaguicidas utilizados en el combate contra las plagas.
- El propio estiércol y sus productos de descomposición, que son disueltos en el agua de infiltración que se acumula en el acuífero.
- La materia orgánica de los efluentes líquidos y aguas negras, tanto de los animales como del hombre, ya que cuando se evacúan directamente al medio o a través del pozo negro, hay un peligro latente de contaminación bacteriológica e incluso vírica altamente peligrosa.
- La utilización de vehículos ligeros y pesados en las actividades agrícolas-ganaderas, que pueden verter aceites pesados contaminantes.

También hay que tener en cuenta que la eliminación de residuos sólidos puede llegar a ser un problema grave cuando se evacúan sin criterio. Aquí pueden incluirse los derivados orgánicos como alpechines, muy peligrosos en amplias zonas del país.

El ciclo de la contaminación de acuíferos

En todos estos casos, los productos citados –ya directamente o mediante disoluciones– pueden alcanzar el nivel freático, diluyéndose en él y lo que es peor, volver a la superficie a través de la extracción del agua del subsuelo, cuyos suministros suelen hacerse mediante pozos de bombeo, que revierte de nuevo en la actividad y en el uso humano, o en las actividades agro-ganaderas, de tal forma que el tratamiento que se dé al acuífero, acaba por cerrarse en un ciclo con incidencia directa sobre las actividades humanas.

SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS. RIESGOS ECOLOGICOS EN HUMEDALES



Tablas de Daimiel. (Ciudad Real)



Sobreexplotación de acuíferos. Riesgos ecológicos en humedales

transparencia 53

Evolución de los acuíferos

Los acuíferos se recargan, de forma natural, por la precipitación atmosférica, o cuando están conectados con sistemas fluviales o lacustres, mediante el régimen hídrico de éstos. Cuando la explotación por extracción –independientemente del uso agrícola, urbano o industrial– sobrepasa la recarga, el nivel freático del acuífero desciende progresivamente.

Se pueden establecer índices de evolución del acuífero (i.e.a) que relaciona el volumen del acuífero (V_a) con los volúmenes de recarga (\sqrt{r}); así, si el volumen del acuífero es progresivamente menor que el de recarga, el acuífero verá descender su nivel freático, si $V_a = \sqrt{r}$, el acuífero permanecerá inmutable, mientras que si $V_a > \sqrt{r}$, el nivel freático subirá.

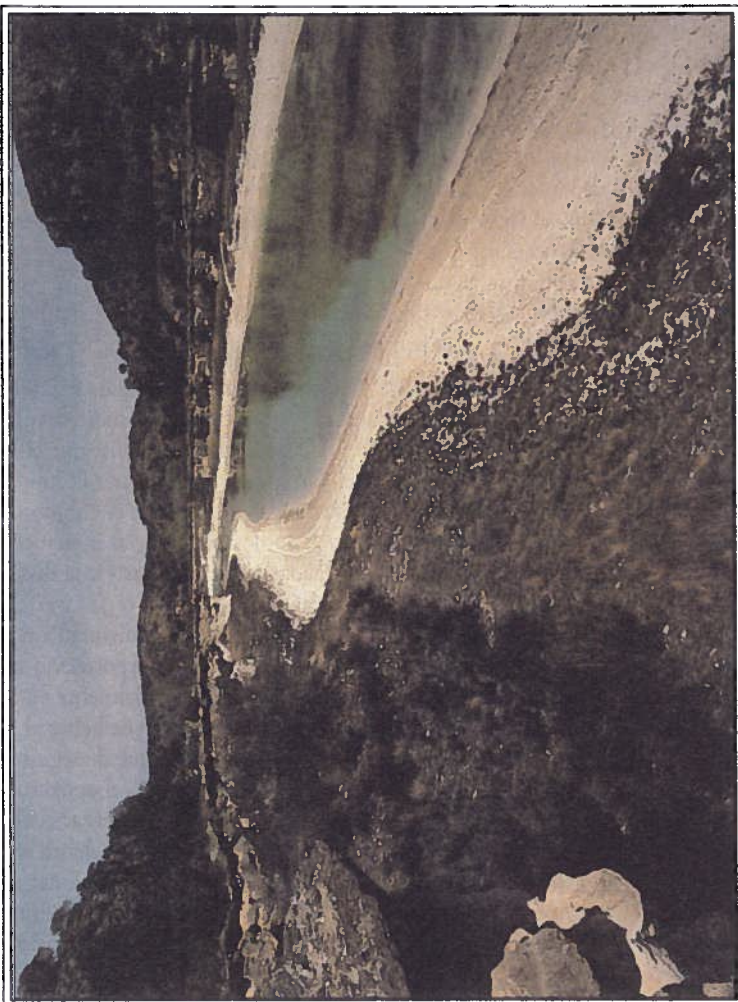
Aunque existe un grado de dificultad importante en la evaluación de la extracción relacionada con la recarga, para saber en definitiva si el acuífero se mantiene o entra en crisis de sobreexplotación, siempre se pueden observar las repercusiones ecológicas inmediatas.

Consecuencias ambientales

En el ejemplo mostrado, el «antiguo humedal», Reserva de la Biosfera que constituye el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel –de más de 2.000 hectáreas inundadas– ha reducido su extensión superficial alarmantemente de un tiempo a esta parte, a sólo varias decenas de hectáreas. Es evidente que el humedal que constituye el Parque Nacional de las Tablas está afectado por la sobreexplotación del acuífero n.º 23 manchego. El sistema constituido por el conjunto hídrico del Guadiana-Cigüela-Tablas está en trance de desaparición, al incrementarse de 30.000 a cerca de 150.000 las hectáreas regadas a sus expensas y a la disminución de cerca de 3.000 Hm.³ del volumen del acuífero.

El cambio experimentado en la agricultura, del secano tradicional a regadío, la extensión local del terreno dedicado al abastecimiento y la exportación nacional-internacional, el riego intensivo sin control de horario –normalmente en las horas de mayor capacidad evaporativa, cuyo único beneficio es «dar de beber al Sol»–, el abuso en los volúmenes extraídos, junto con la sequía, hace que de seguir las cosas al ritmo de extracción del comienzo de la década de los 90, el agotamiento del acuífero se produzca en 45 años. Como la presión parece incrementarse, el proceso ya acuñado de «daimelización» seguirá aumentando, por lo que deben ir tomándose medidas urgentes en la zona para no acabar con el Parque Nacional, sino con toda la infraestructura agrícola de la zona. Los sucesivos trasvases, el último realizado en febrero de 1996, son parches inoportunos a una lastimosa situación.

SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS. RIESGOS ECOLOGICOS EN HUMEDALES



Parque Natural de Ruidera. (Ciudad Real)



Sobreexplotación de acuíferos. Riesgos ecológicos en humedales

transparencia 54

Génesis de humedales

Los conjuntos hídricos que constituyen los humedales necesitan unas condiciones geológicas peculiares, con rocas impermeables que formen el lecho aislante a partir del cual se acumula el agua en otras permeables. A veces la erosión diferencial determina una superficie topográfica que corta el nivel freático, para que el agua aflore en superficie libremente. En el caso de Ruidera, el humedal se asienta sobre rocas del Mesozoico, con una litología de arcillas rojas de edad triásica en el muro de la columna estratigráfica, que son impermeables, seguidas hacia el techo por rocas de composición calco-dolomítica de tonos rojizos del tipo denominado carniolas. El conjunto superior calcáreo es fácilmente erosionable por meteorización química, de tipo carbonatación, por lo que adquiere una porosidad secundaria, que permite la infiltración de las aguas hasta alcanzar el paquete de rocas impermeable arcilloso de edad triásica.

La imposibilidad de seguir infiltrándose y la topografía superficial permite el afloramiento y la circulación del agua del acuífero, el cual es en realidad un sistema fluvial con remansos lagunares.

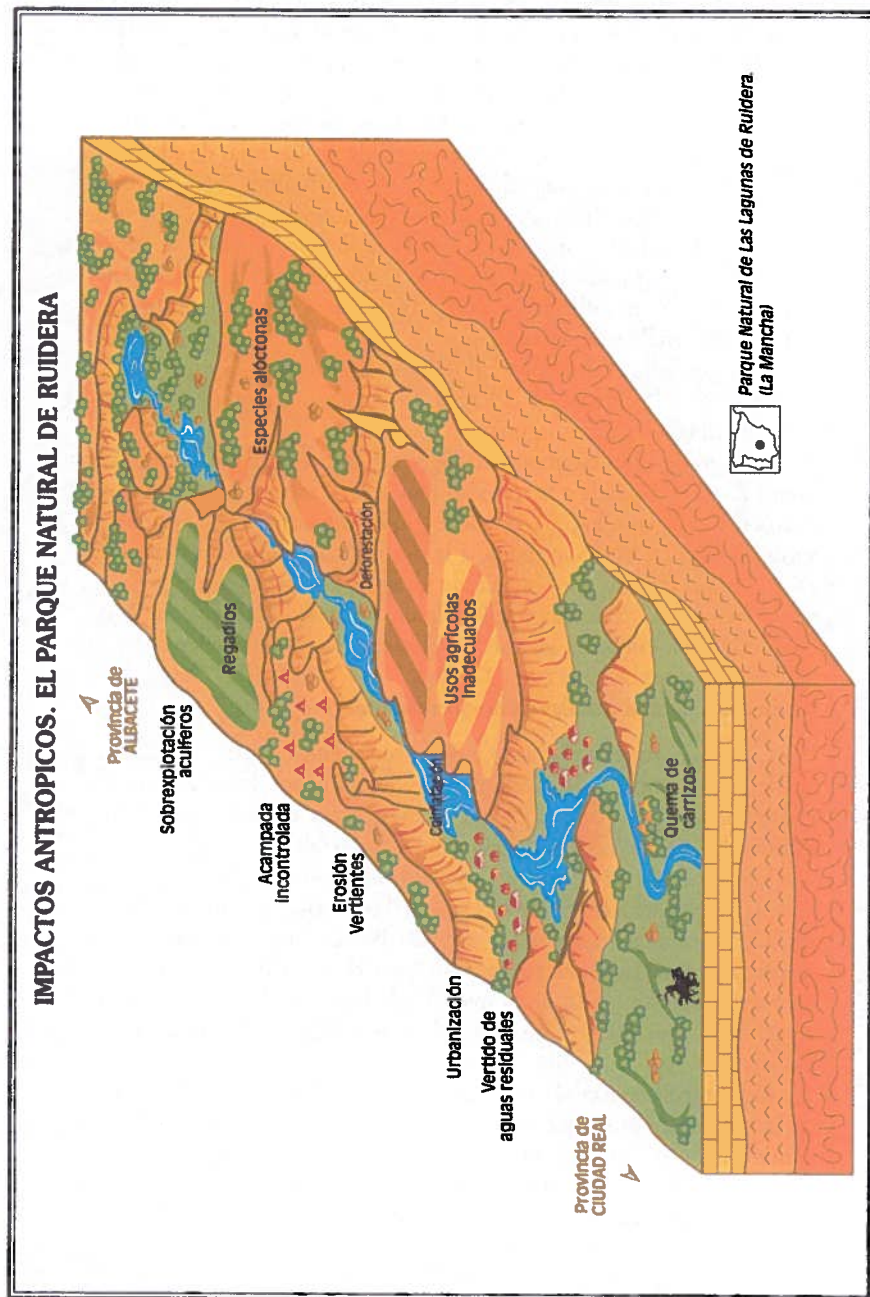
La concentración bicarbonatada de las aguas por la disolución del sustrato por donde discurre, asociada a la actividad biológica de estructuras algáceas, posibilita la formación en algunos lugares —donde se dan las condiciones ideales—, de sistemas travertínicos que crecen oponiéndose a la propia acción hidráulica fluvial. Este crecimiento forma barreras que remansaban las aguas formando «lagunas», la cual saltaba por el frente travertínico sobre ellas, de una «laguna» a la siguiente. Estas barreras constituidas por carbonato cálcico (Ca CO_3) también crecían en los laterales del valle.

Consecuencias ambientales de la sobreexplotación

La escasa precipitación acuosa de la zona, junto con la sobreexplotación del acuífero del Campo de Montiel, que es el que alimenta el sistema, han hecho bajar el nivel de las aguas alarmantemente de manera que el sistema fluvial que nutre las lagunas de Ruidera ha dejado de funcionar como tal.

La formación de travertinos, actualmente sólo continúa en la «laguna» más baja, la laguna del Rey, y a niveles topográficos cuantitativamente cada vez menores. De las lagunas más altas, la «laguna» Blanca, hoy es sólo un recuerdo en la mente de los que la conocieron. En este caso, el nivel del acuífero está actualmente 10 metros bajo el fondo de lo que fue «la laguna», el cual está sometido en la actualidad a procesos geológicos de tipo eólico, alejados genéticamente de los fluvio-lacustres.

El problema se acentúa si se tiene en cuenta el resto de actividades antrópicas en la zona, actividades que surgen en parte, derivadas por la propia catalogación administrativa del parque, como Parque Natural de las Lagunas de Ruidera, entendiéndose que en la consideración legislativa de las lagunas como tales formas carecen de servidumbre, frente a las formas fluviales reconocidas, que tienen servidumbres que las protegerían de las contaminaciones antrópicas. Posiblemente las soluciones ambientales a la problemática planteada pasan por una nueva catalogación para su protección dentro del Derecho Ambiental.



Impactos antrópicos. El Parque Natural de Ruidera

transparencia 55

Efectos ambientales y Derecho Ambiental. (Caso de Ruidera)

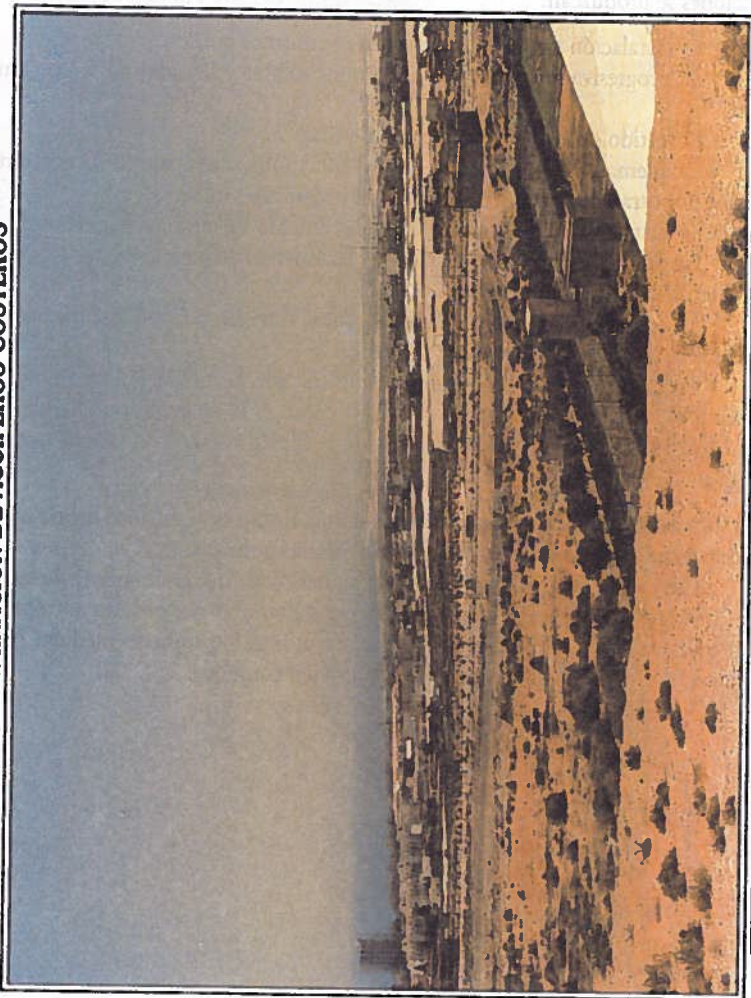
El descenso del nivel de las «lagunas» de Ruidera, propiciado por el abuso en la extracción del agua subterránea para la agricultura, que alimentaba el sistema, junto con la escasa precipitación atmosférica en la zona y la peculiar catalogación del Parque Natural en el Derecho Ambiental como un sistema lagunar y por tanto sin servidumbres constructivas-urbanizables, etc., han permitido que entre otras acciones se produzcan:

- La instalación de urbanizaciones en sus mismos bordes.
- La progresiva acumulación de residuos sólidos y líquidos en sus proximidades.
- El vertido de aguas residuales sin depurar.
- La quema de los carrizales y otras plantas autóctonas para su sustitución posterior por otras alóctonas y con diferentes necesidades hídricas.
- La acampada sin control con el esparcimiento de residuos por el entorno.
- La eliminación de la vegetación de las laderas (deforestación), lo que permite la intensificación de la erosión.
- La colmatación progresiva de los cauces fluviales por sedimentos no sujetos ni estabilizados por la vegetación arrancada.
- Culminando en el colmo de la estulticia, con la instalación en alguna de las «lagunas», ya seca por la sobreexplotación como es la de la Redondilla, de lugares de esparcimiento, como piscinas rodeadas de césped regado con el agua que se sus trae al acuífero.

Vistas las actuaciones apuntadas para este último caso, incluso habría que considerar, como foco contaminante, las decisiones políticas.

El resultado es la alteración progresiva del conjunto, el desmonte de las barreras travertínicas por erosión, unas veces natural y otras por erosión antrópica, y el fin previsto en los próximos años del conjunto, de no tomarse medidas políticas lógicas, drásticas y urgentes para salvaguardar el conjunto.

CONTAMINACION DE ACUIFEROS COSTEROS



Campo de Dalías. (Almería)



Contaminación de acuíferos costeros

Contaminación de acuíferos costeros

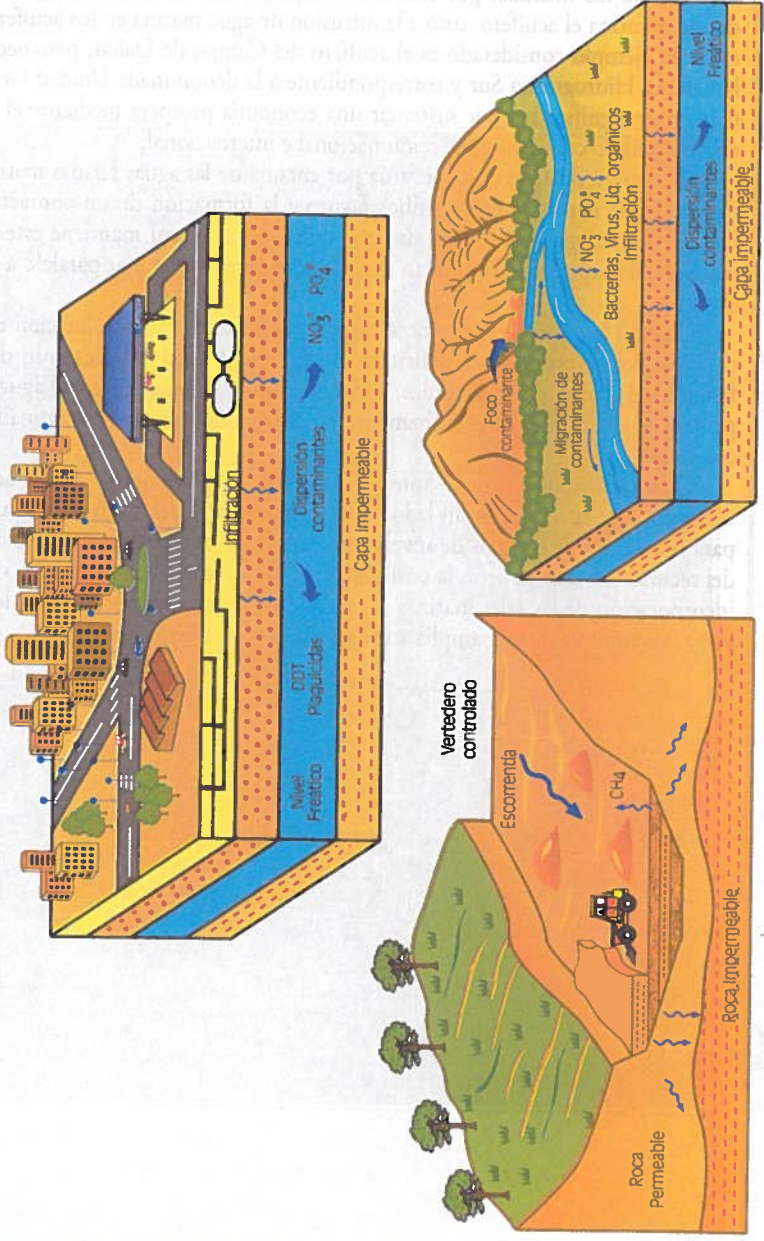
Un caso de contaminación de acuíferos muy significativo lo constituye la salinización de los mismos, por causas no imputables a la naturaleza de las rocas donde se forma el acuífero, sino a la intrusión de agua marina en los acuíferos costeros. El ejemplo considerado es el acuífero del Campo de Dalías, perteneciente a la Cuenca Hidrográfica Sur y correspondiente a la denominada Unidad Geológica 6.14, muy significativo por sustentar una economía próspera mediante el cultivo en invernadero con gran proyección nacional e internacional.

El acuífero de agua dulce se sitúa por encima de las aguas saladas marinas. La diferencia de densidad entre ámbos favorece la formación de un contacto neto. Cuando la recarga (incremento de agua dulce del acuífero) mantiene éste en una situación de superávit, el contacto emerge en el interior del mar paralelo a la línea de costa.

Cuando la recarga es inferior al bombeo (caso de la sobreexplotación como el del ejemplo) se produce un déficit en el acuífero. Además del descenso del nivel freático del acuífero de agua dulce, el contacto entre el agua dulce y el agua salada, penetra en el continente invaginándose en la boca del pozo y contaminando éste con sales.

Como consecuencia de lo anterior, existe un riesgo complejo para la actividad económica de la zona. Por un lado, la sobreexplotación del acuífero de agua dulce para mantener los cultivos de invernadero conlleva la posibilidad de agotamiento del recurso y lo que es peor, la posibilidad de salinización de los pozos de riego. La incorporación de las sales marinas al agua de regar acabaría por arruinar los cultivos y la economía de una amplia zona andaluza dependiente de ellos.

CONTAMINACION DE ACUIFEROS EN ZONAS URBANAS Y LIMITROFES



Contaminación de acuíferos en zonas urbanas y limítrofes

transparencia 57

Circunstancias que favorecen la contaminación

En las zonas urbanas, la posibilidad de contaminación de los acuíferos está ligada a dos hechos fundamentales (aunque existan otros relacionados): la propia infraestructura de las ciudades y la generación de residuos (líquidos, aguas negras, etc., y residuos sólidos).

Causas de la contaminación de acuíferos

En el primer caso, en el de la infraestructura, los principales focos de contaminación están relacionados con las deficiencias de los materiales de los canales de distribución, los cuales si son de aguas potables, no es demasiado problemático, salvo los daños que puedan causar a las infraestructuras y los posibles riesgos derivados.

En cualquier caso, recargarán (al menos hipotéticamente) los acuíferos, aunque si son de evacuación de aguas negras, asociadas a la eliminación de residuos, ya plantea otros graves problemas colaterales, al infiltrar a los acuíferos, en caso de roturas, productos orgánicos, bacteriológicos, e inclusive con virus patógenos.

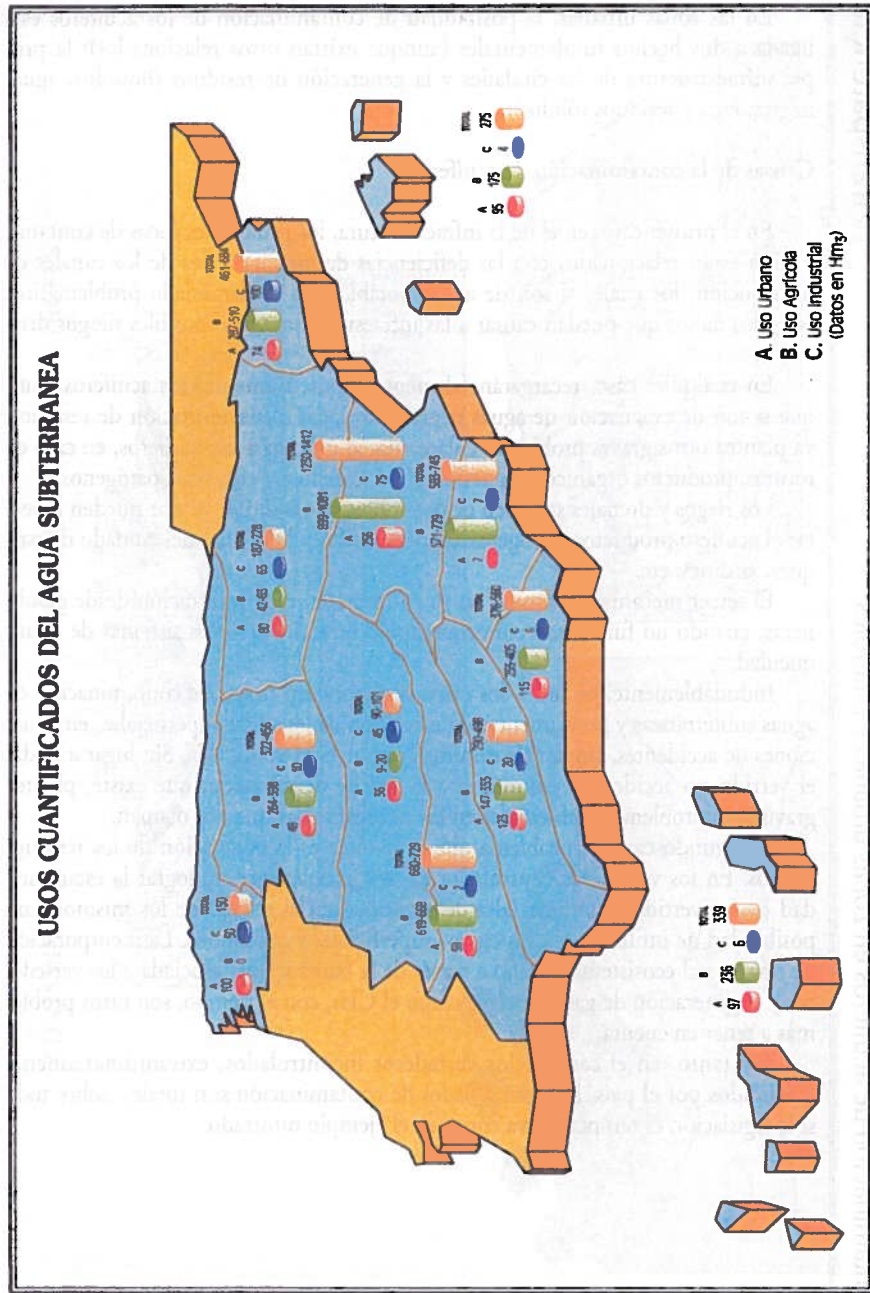
Los riegos y drenajes suponen otros problemas añadidos, ya que pueden inyectar al acuífero productos nitrogenados, plaguicidas y pesticidas del cuidado de parques, jardines, etc.

El tercer mecanismo, similar en su concepción, es la infiltración desde gasolineras, cuando no funcionan correctamente o se accidentan los sistemas de estanqueidad.

Indudablemente, en todos los casos se supone un riesgo de contaminación de aguas subterráneas y previamente por extensión de las aguas superficiales, en situaciones de accidentes, sin la más mínima connotación voluntaria. Sin lugar a dudas el vertido no accidental, voluntario a la red de distribución, que existe, plantea gravísimos problemas ambientales en las circunstancias que nos ocupan.

El segundo caso, el problema que se plantea es la evacuación de los residuos sólidos. En los vertederos controlados existen problemas para lograr la estanqueidad de los vertidos; hay una falta de seguridad en el sellado de los mismos, con posibilidad de infiltración a los cursos superficiales y profundos. La incorporación de residuos al ecosistema urbano a través de la fauna y flora asociada a los vertederos y la generación de gases nocivos como el CH₄, con el tiempo, son otros problemas a tener en cuenta.

Por tanto, en el caso de los vertederos incontrolados, extraordinariamente difundidos por el país, las posibilidades de contaminación son totales, sobre todo si la legislación es tan permisiva como en el ejemplo mostrado.



Usos de las aguas subterráneas

En el gráfico adjunto pueden observarse los usos cuantificados del agua subterránea en España.

La utilización de las aguas subterráneas se diversifica en:

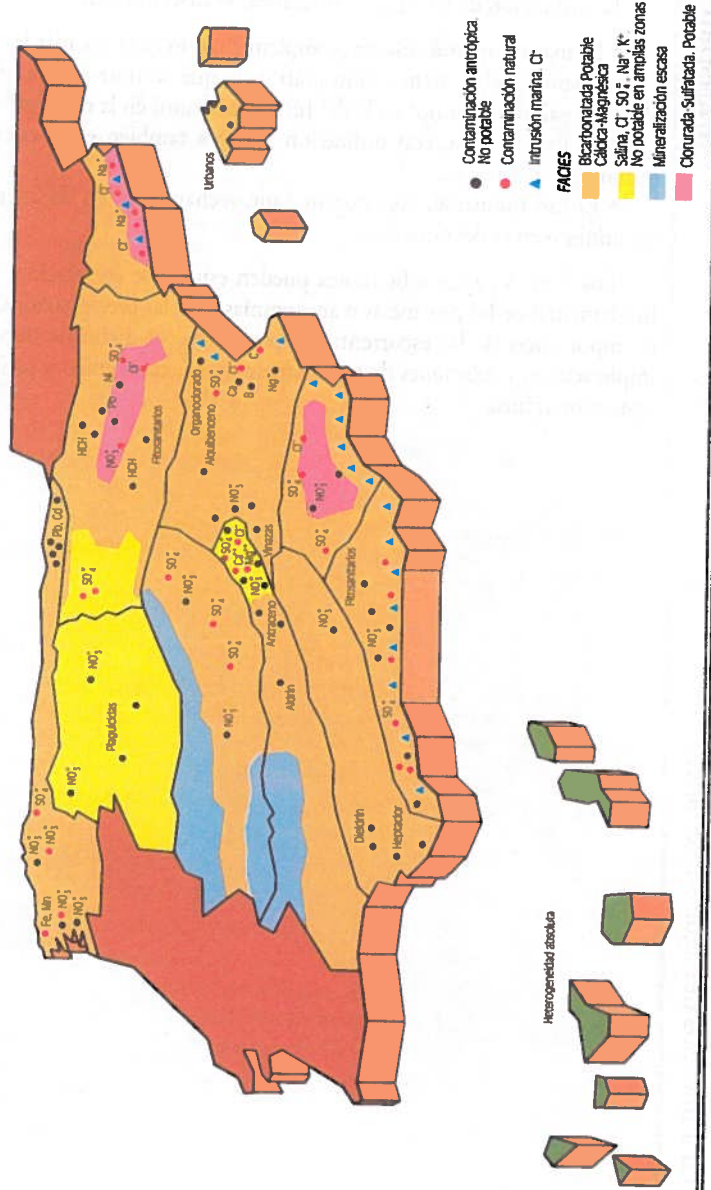
- El abastecimiento urbano, complementando cada vez más la de los embalses. Dependiendo de la cuenca hidrográfica de que se trate y para el uso citado, se alcanzan valores máximos en la del Júcar y mínimos en la del Segura.

- El uso agrícola, con utilización máxima también en la cuenca del Júcar y mínimo en el Tago, y...

- El uso industrial, con máximo aprovechamiento en las cuencas catalanas y un mínimo en la del Guadiana.

Los usos del agua subterránea pueden estudiarse en relación con la actividad fundamental de las provincias o autonomías, con las precipitaciones regionales con la importancia de las escorrentías superficiales. O dicho de otra forma, existen implicaciones y relaciones de tipo climatológico, económico y social, en el uso del agua subterránea.

CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS. PRINCIPALES FOCOS CONTAMINANTES



transparencia 59

Calidad de las aguas subterráneas. Principales focos contaminantes

Calidad de aguas

Hablar de calidad de aguas subterráneas a escala nacional es muy difícil teniendo en cuenta la variabilidad de los parámetros que controlan esa calidad. La composición de las aguas subterráneas están en relación con el tipo del acuífero.

Composición general de los acuíferos españoles

La mayoría de los acuíferos están desarrollados a expensas de rocas de composición carbonática, que aportan a las aguas iones bicarbonatados disueltos y por tanto tienen una composición bicarbonatada cálcica, o bicarbonatada cálcica-magnésica, con presencias puntuales de otros iones como el sodio, etc. Las otras grandes zonas con acuíferos, se dan en las cuencas geológicas detrítico-salinas, con rocas cuya génesis se corresponde con procesos de evaporación y sobresaturación de antiguos lagos, por eso se concentran en las aguas subterráneas elementos salinos, en concreto concentraciones de sulfatos, cloruros y nitratos naturales.

Tipos de facies de acuíferos

Teniendo en cuenta la distribución de los acuíferos, hay que entender la composición de las facies acuosas, que son fundamentalmente: la bicarbonática cálcica y cálcico-magnésica, normalmente potables salvo excepciones puntuales de contaminación natural o antrópica; la salina, en sentido estricto, característica de las cuencas fluviales del Duero, la occidental del Ebro y la oriental del Guadiana. En este caso, la composición suele sobrepasar los valores mínimos estandar para su uso; además el residuo sólido disuelto y otros parámetros fisico-químicos impiden su potabilidad para el consumo humano o de regadío, etc.

En algunas cuencas existen facies salinas de composición sulfatada-cloruradas, que incrementan la concentración de iones Cl^- , SO_4^{2-} , etc. variando zonalmente la potabilidad de las aguas en los bordes y en el centro de la cuenca. Otras veces, las facies acuosas presentan mineralización escasa, cuando las aguas están asociadas a acuíferos desarrollados en rocas ígneas y metamórficas (caso de la cuenca del Tajo, Sur de la del Duero o en la cuenca Norte).

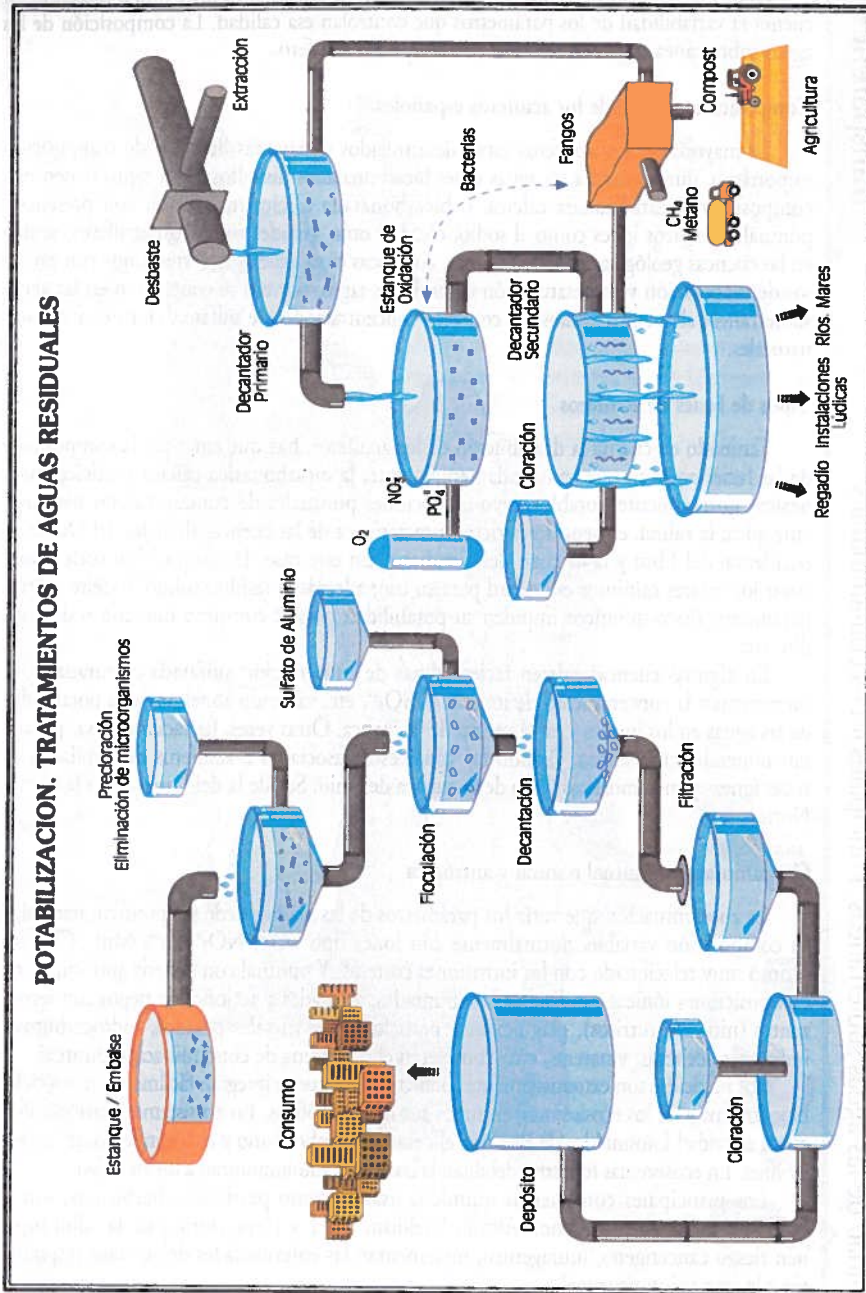
Contaminación puntual natural y antrópica

La contaminación que varía los parámetros de las aguas puede ser puntual, natural, y su composición variable, normalmente con iones tipo SO_4 , NO_3 , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , este último muy relacionado con las intrusiones costeras. Y puntual con génesis antrópica, con composiciones iónicas similares a las apuntadas, asociadas a acciones de riegos con fertilizantes (nitratos, nitritos), plaguicidas y pesticidas. Los metales pesados, hidrocarburos e industrias aceiteras, vinateras, etc., completan el panorama de contaminación puntual.

Los pesticidas son extremadamente conflictivos, ya que se integran fácilmente en los ciclos bioquímicos y en los ecosistemas, en todos sus niveles tróficos. En ecosistemas marinos, afectan la actividad fotosintética de las algas, el desarrollo embrionario y el crecimiento de larvas y alevines. En ecosistemas terrestres debilitan la cosecha y autoinmunizan a los enemigos.

Los principales compuestos químicos usados como pesticidas, herbicidas, son el HCH (hexaclorociclo-hexano), Aldrín, Dieldrín, DDT y Heptacloro. Para la salud suponen riesgo cancerígeno, mutagénico, incrementan las enfermedades del aparato respiratorio y la trasmisión neuronal.

POTABILIZACIÓN. TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES



Potabilización. Tratamiento de aguas residuales

transparencia 60

Concepto de potabilización

Las aguas residuales, urbanas o industriales en España se vierten sin tratamiento alguno en una proporción del 70% del total. La directiva 91/271 de la UE obliga al saneamiento del 100% del agua para el año 2005. Por eso se hace obligado su tratamiento. Se entiende por potabilización «los procesos físico-químicos que sufre el agua desde la captación, superficial o profunda, hasta la distribución para el consumo humano una vez ajustados sus parámetros físico-químicos a la normativa standard de calidad de agua».

Etapas de la potabilización

Desde la captación hasta el almacenaje, el agua se contamina por microorganismos, compuestos orgánicos e inorgánicos. Su uso requiere un tratamiento previo con varias fases. La primera, consiste en el trasvase del agua por usar, a un estanque donde sufre una primera cloración, con el fin de eliminar bacterias y microorganismos. Un segundo trasvase la lleva a otro depósito, donde se le añade sulfato de aluminio, que al unirse a la materia inorgánica, la hace flocurar por gravedad al aumentar la densidad. Con esto se produce la decantación de la materia inorgánica. El agua resultante se filtra para la eliminación del residuo sólido. Limpia ya de impurezas, se pasa a un tanque para la cloración definitiva, que elimina los microorganismos resistentes de las fases anteriores. De ahí pasa a los tanques de almacenaje, ya potabilizada, desde donde es distribuida a la red.

Tratamiento de aguas residuales

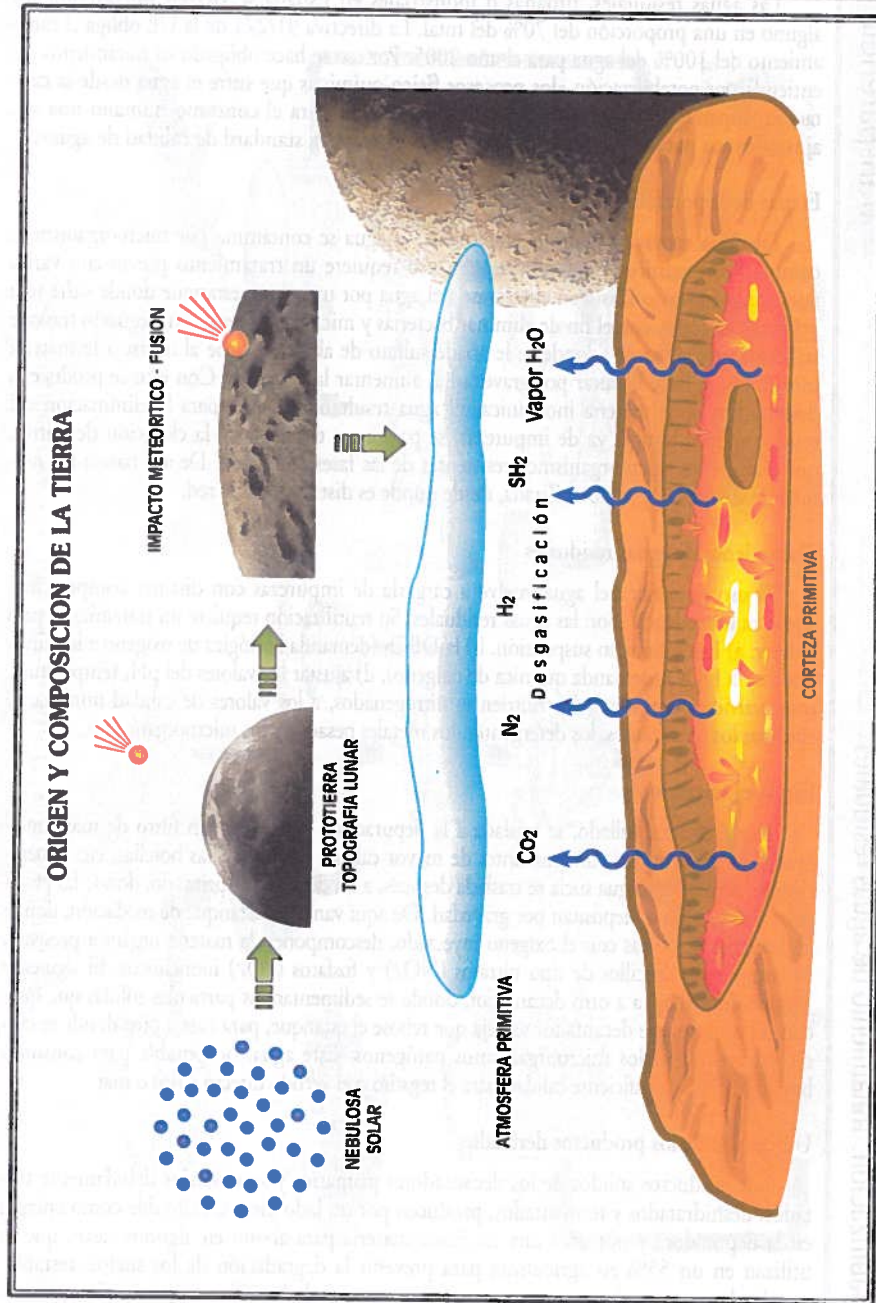
El uso posterior del agua vuelve a cargarla de impurezas con distinta composición, según su procedencia. Son las aguas residuales. Su reutilización requiere un tratamiento para reducir: a) Los sólidos en suspensión, b) la DBO₅ (demanda biológica de oxígeno a los cinco días), c) la DQO (demanda química de oxígeno), d) ajustar los valores del pH, temperatura, conductividad, turbidez y los nutrientes nitrogenados, a los valores de calidad mínima, e) eliminar los fertilizantes, los detergentes, los metales pesados y los microorganismos.

Fases del tratamiento

Desde el acantarillado, se traslada a la depuradora, donde por un filtro de malla muy gruesa, se eliminan los contaminantes de mayor calibre: los trapos, las botellas, etc. (operación de desbaste). El agua sucia se traslada después, a un decantador primario, donde las partículas más gruesas se depositan por gravedad. De aquí van a un estanque de oxidación, donde las bacterias aeróbicas con el oxígeno inyectado, descomponen la materia orgánica presente, en compuestos sencillos de tipo nitratos (NO₃⁻) y fosfatos (PO₄⁻) inorgánicos. El siguiente trasvase lleva al agua a otro decantador, donde se sedimentan las partículas sólidas que quedan. El agua en este decantador se deja que rebose el estanque, para caer a otro donde se cloran para eliminar los microorganismos patógenos. Este agua, no potable para consumo humano, reúne la suficiente calidad para el regadío o el vertido directo a ríos o mar.

Utilización de los productos derivados

Los productos sólidos de los decantadores primarios y secundarios debidamente tratados, deshidratados y fermentados, producen por un lado biogás, utilizable como energía en la depuradora y por otro una excelente materia para abono en algunos casos, que se utilizan en un 55% en agricultura para prevenir la degradación de los suelos, restableciendo elementos químicos, materia orgánica y rebajando la utilización de fertilizantes.



Génesis y características de la Tierra

Una vez constituida la Tierra como planeta individualizado; o protoplaneta, por un mecanismo de acreción generalizada de materia a expensas de la que existía en la nebulosa solar; sus características generales estarían más próximas a las de un cuerpo como la Luna actual que a las de una Tierra como la que conocemos hoy, con unas capas fluidas, la *Atmósfera* y la *Hidrosfera* como sistemas fundamentales diferenciados.

Tendría una morfología lunar, con una topografía profundamente craterizada por los impactos meteoríticos, sin *Atmósfera* ni océanos. Los choques producidos de esta manera, se hacían con cuerpos progresivamente mayores, del tamaño de grandes asteroides o planetoides, lo que ocasionaría la liberación de una energía tan tremenda que fundiría, por un lado, el área del impacto y, por otro, el cuerpo impactante por volatilización. La masa de éste se integraría en la de la futura Tierra. (Mecanismo de acreción.)

La generalización del proceso provocaría la fusión total del protoplaneta, a la que seguiría la diferenciación gravitatoria en capas, para determinar su estructura heterogénea y lo que es más importante, para la futura evolución del cuerpo y la desgasificación de sus componentes volátiles, que posteriormente formarían la *Atmósfera* y los primitivos océanos.

Composición de la atmósfera primitiva

Los gases liberados de los magmas primitivos (equivalentes a los que se desprenden en la actualidad en los volcanes activos), tendrían una composición mezcla de: Dióxido de carbono, así como el monóxido del mismo compuesto, nitrógeno molecular, hidrógeno, sulfídrico, monóxido de azufre, dióxido de azufre, fluorhidrico, vapor de agua, etc. Estos gases tratarían de escapar al espacio, aunque quedarían retenidos por la fuerza de atracción gravitatoria alrededor de la Tierra, de esta manera se formaría la *Atmósfera* primitiva.

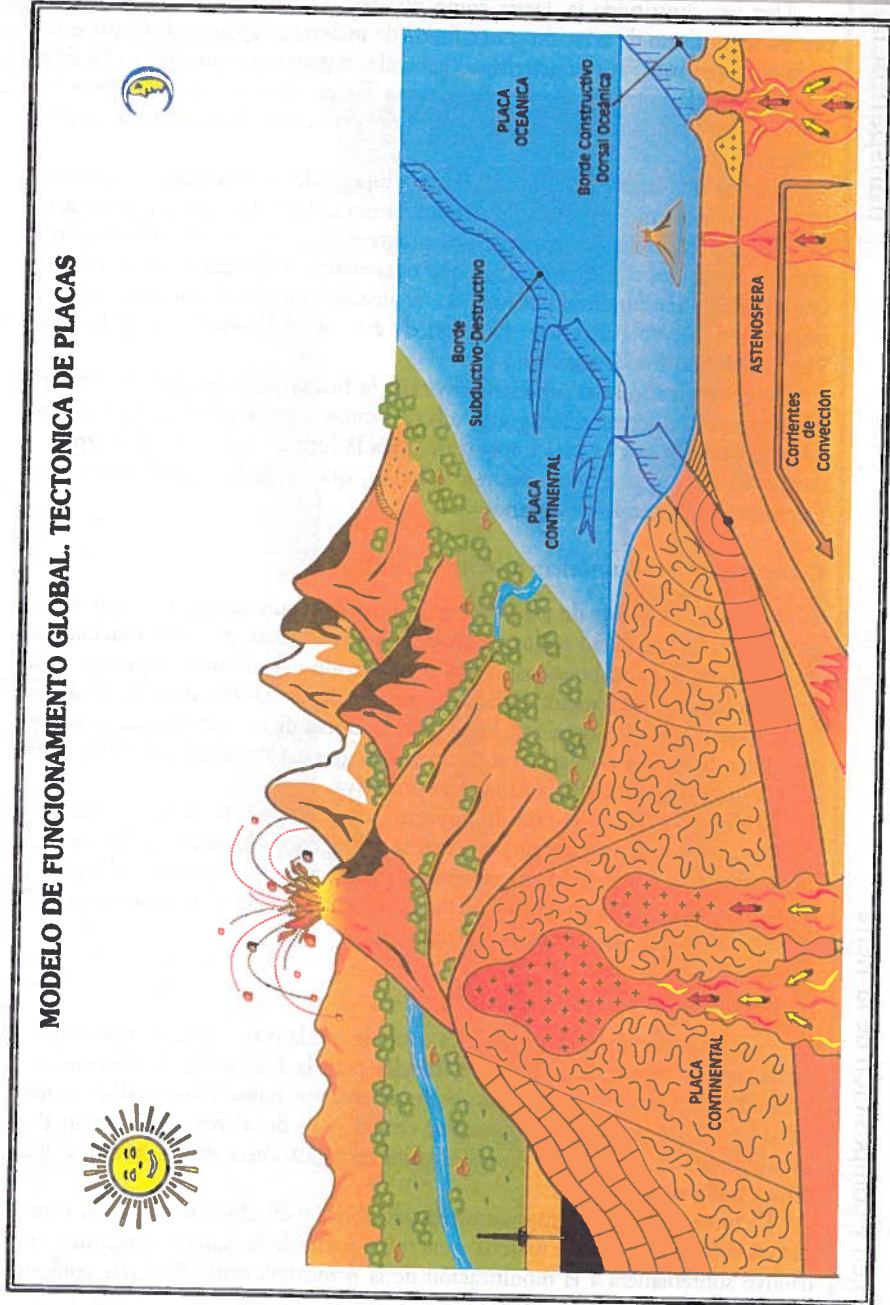
La disminución de la tasa de impacto, iría acompañada de un enfriamiento que permitiría la formación de una corteza primigenia y la condensación de algunos de los componentes de la atmósfera primitiva, concretamente el vapor de agua, que precipitaría en forma de lluvia, rellenando con el tiempo las cuencas deprimidas, formando los océanos primitivos.

Consecuencias ambientales

Con una composición atmosférica como la citada más arriba, es posible que se dieran las circunstancias ambientales ideales para la formación de determinadas moléculas orgánicas, por procesos absolutamente naturales. Éstas se irían concentrando en los océanos hasta conseguir con el paso del tiempo, la capacidad de autoduplicación, la individualización, primero procariótica y heterótrofa, y eucariótica y autótrofa después.

La formación de sistemas autorreproducibles, y en algunos casos con capacidad de sintetizar su propia materia y energía a partir de la materia inorgánica, contribuyó sobremedida a la modificación de la *Atmósfera* primitiva hacia composiciones más próximas a las actuales.

MODELO DE FUNCIONAMIENTO GLOBAL. TECTONICA DE PLACAS



transparencia 62

Concepto de placa litosférica

Una placa litosférica, puede definirse tanto en la horizontal como en la vertical. En la horizontal se define como un trozo de litosfera limitado por un borde, representado en superficie por un cinturón lineal de focos sísmicos y volcánicos. El tamaño es variable, desde la gigantesca Placa Pacífica, hasta la menor del Caribe, Ibérica, u otras consideradas como microplacas.

En la vertical, la Litosfera está constituida por la corteza, oceánica y/o continental y por el manto superior rígido. Toda ella funciona como una unidad y responde a los esfuerzos tectónicos rompiéndose. El límite inferior está constituido por la Astenosfera, canal de baja velocidad de las ondas sísmicas, que tiene una rigidez mucho menor, comportándose frente a los esfuerzos tectónicos fluyendo. En la misma vertical, pueden definirse también placas oceánicas, placas mixtas, placas continentales, según esté constituida por Litosfera oceánica, Litosfera oceánica con continente o Litosfera continental.

Tipos de bordes

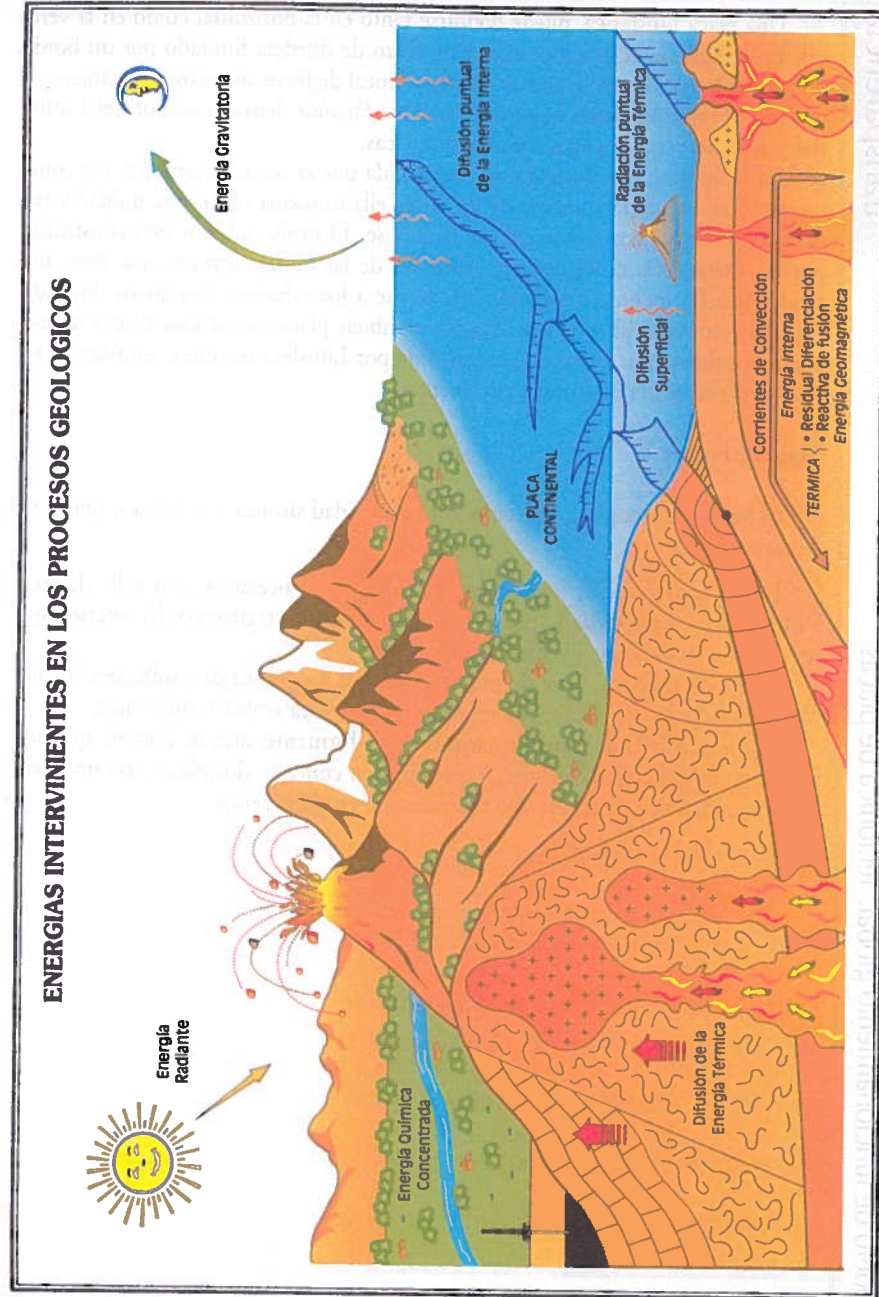
El borde de una placa, definido por la actividad sísmica y volcánica, puede ser de varios tipos:

Borde constructivo, situado en zona de Dorsal oceánica, con valle de Rift-Valley central, caracterizado por la salida de material magmático del interior, que se solidifica y construye Litosfera oceánica.

Borde destructivo, zona de subducción, área geográfica de confluencia de dos placas, donde una de ellas se sumerge bajo la otra para acabar fundiéndose.

Borde con falla de transformación o transformante, área de fractura que desplaza una dorsal en la horizontal y que pone en contacto dos placas con un movimiento antagónico de cizalla. No representado en el esquema.

Modelo de funcionamiento global. Tectónica de placas



Tipos de energías planetarias

Los procesos geológicos en la Tierra están controlados y producidos por varios tipos de energías. Algunos son los responsables de acontecimientos a macroescala muy importantes en la dinámica terrestre, pero que están más alejados aparentemente de lo que se podría llamar repercusión o influencia directa en el medio, paisaje e incluso en aspectos sociales. Mientras que otros son más inmediatos, más próximos a la actividad del hombre y su área de influencia.

Entre aquellas energías, hay que apuntar el magnetismo planetario, la energía magnética responsable del magnetismo de las rocas actual y pasado, sin más incidencia, o la atracción gravitatoria responsable de acontecimientos tan importantes como la propia forma de la Tierra, las mareas –agentes causales de muchos procesos–, etc., o la energía química almacenada y concentrada en la materia mineral de diferentes formas, al unirse los elementos para formar moléculas y macromoléculas y al revés cuando se descomponen en elementos sencillos.

La energía interna. Origen

En cualquier caso, y precisamente por su mayor proximidad, siempre se han considerado como responsables de los procesos geológicos en general, dos tipos de energías: la energía interna, relacionada genéticamente como parte del remanente fundido en los primeros estadios de la consolidación planetaria, después de la acreción, fusión y diferenciación del planeta; o la aportada por la desintegración de los elementos radioactivos de vida media larga (energía nuclear), que transforma la materia en materia y energía de acuerdo con $e=m.c^2$.

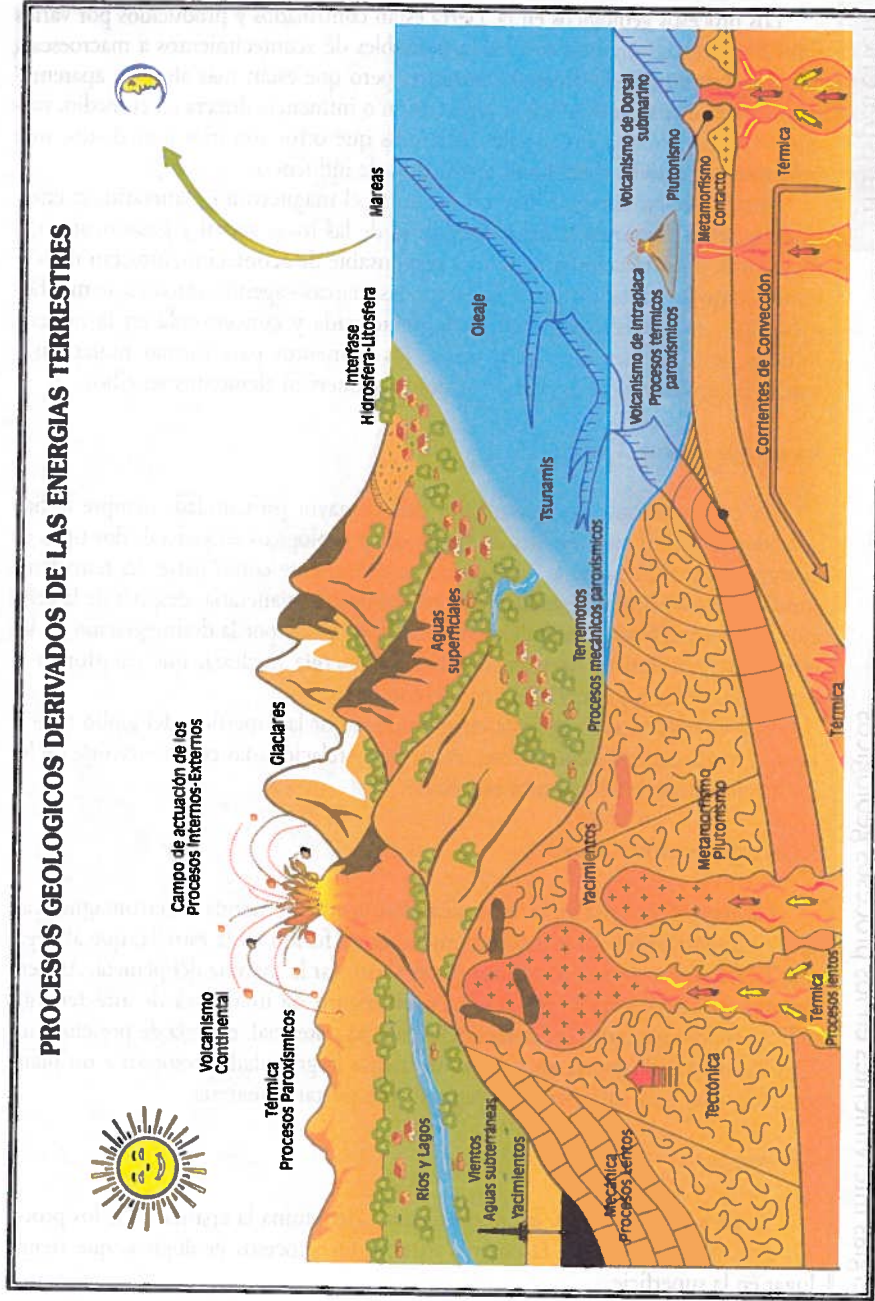
Esta energía interna se gasta en difundirse por la superficie del globo (volcanismo) o en corrientes convectivas, causantes y relacionadas con la mayoría de los acontecimientos de la dinámica planetaria.

La energía externa. Origen

La energía externa es la energía radiante solar (energía electromagnética), genéticamente ligada a los procesos nucleares de fusión en la estrella, que al llegar a la Tierra se transforma en otras energías al utilizar la materia del planeta. Así tendremos energía cinética, asociada al movimiento de una masa de aire (energía eólica), o del agua (energía hidráulica) y energía potencial, energía de posición susceptible de transformarse en cinética de actuar la gravedad y respecto a un plano de referencia. Y en calor sensible, capaz de transportar la materia.

Consecuencias

En términos generales, la energía interna determina la aparición de los procesos geológicos internos y la energía externa los procesos geológicos que tienen lugar en la superficie.



Procesos geológicos derivados de las energías terrestres

transparencia 64

Procesos geológicos. Tipos

Si se consideran exclusivamente los dos grandes tipos de energías tradicionales (energías internas y externas), cada una lleva asociada o es responsable de diferentes procesos geológicos, clasificables a su vez en: procesos geológicos internos y procesos geológicos externos.

Procesos geológicos internos. Clases


Los procesos geológicos internos, producidos por la energía interna del planeta, pueden clasificarse en:

- **Procesos geológicos térmicos**, controlados por el factor de temperatura esencialmente y que causan procesos como el magmatismo (plutonismo, si no aparece el magma en superficie y volcanismo, cuando sí lo hace), o inducen los procesos metamórficos (metamorfismo de contacto, en rocas situadas alrededor de focos caloríficos o regional asociado a zonas o áreas geosinclinales).
- **Procesos geológicos mecánicos**, cuando son las fuerzas dirigidas o asimilables, las responsables de los mismos. Estos procesos son los culpables de la generación de terremotos (normalmente como consecuencia de la fracturación de las rocas), del plegamiento de las rocas para la generación de cordilleras, etc.

Es indudable que los procesos internos contribuyen a la formación del paisaje. En las grandes zonas orogénicas, las cordilleras, serían donde coexisten de forma antagónica los procesos externos e internos.

Procesos geológicos externos, tipo y efectos

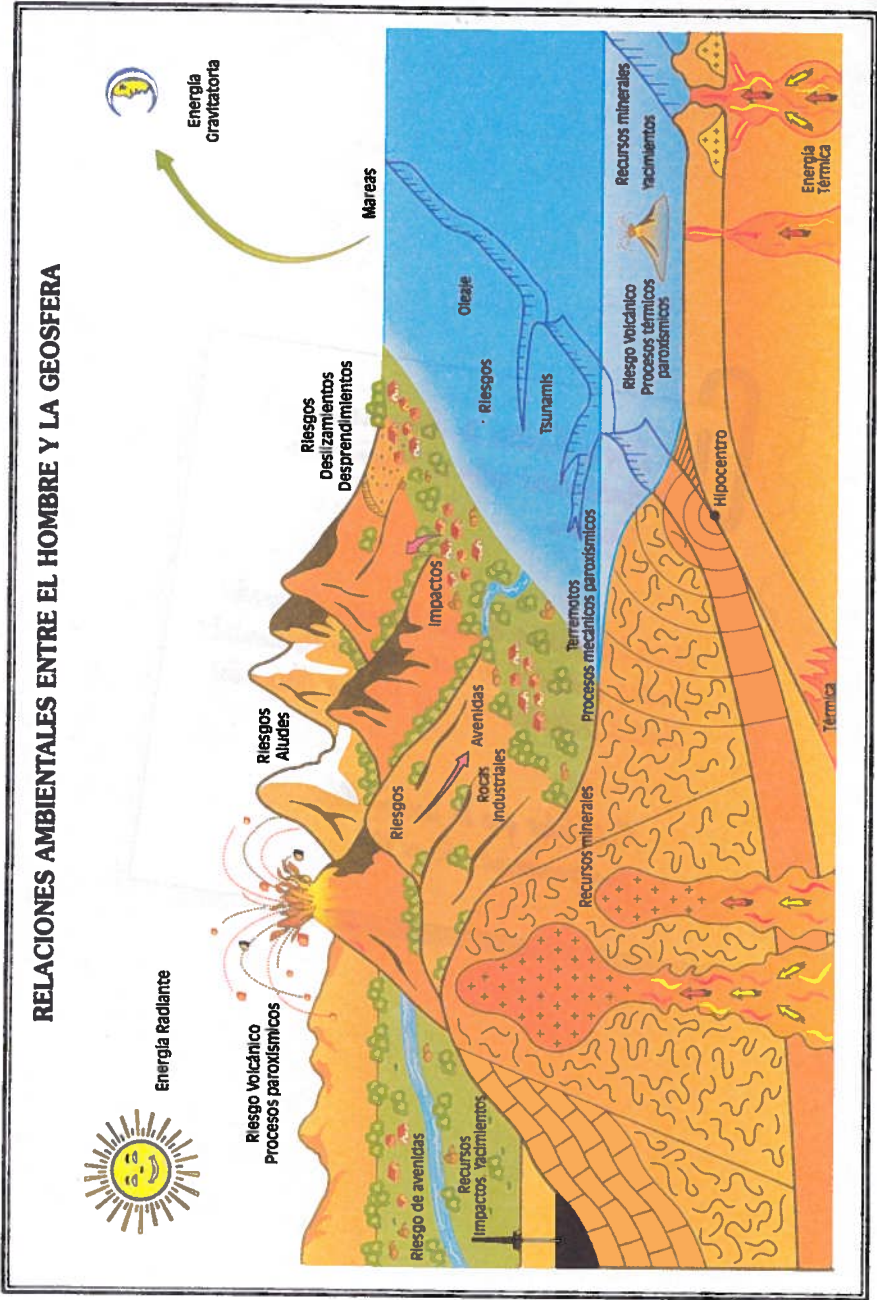
Los procesos geológicos externos, son producidos por la energía externa procedente del sol. Esta energía cuando interacciona con la materia, ya sea el aire, el agua o la roca, determina la aparición de fenómenos diversos como los vientos, la lluvia, la meteorización, el transporte, etc., de manera que en las interfaces entre la Atmósfera-Litósfera, la Hidrosfera y Litósfera, se desarrollan acciones geológicas de erosión, transporte y sedimentación que tienen por agentes a la acción eólica, a las aguas superficiales (de escorrentía, encauzadas de tipo torrente, río, lagos, etc.) o aguas subterráneas de infiltración, a las aguas marinas movidas por el oleaje, mares, corrientes marinas o a la acción del agua congelada de los glaciares.



*Bloque Temático 3: Relaciones
Ambientales entre el Hombre y la
Geosfera*

*Unidad Didáctica 8: Los Recursos Naturales
Unidad Didáctica 9: Los Impactos Ambientales
Unidad Didáctica 10: Los Riesgos Naturales*

*Materiales que la desarrollan:
Transparencias: 65 a 107*

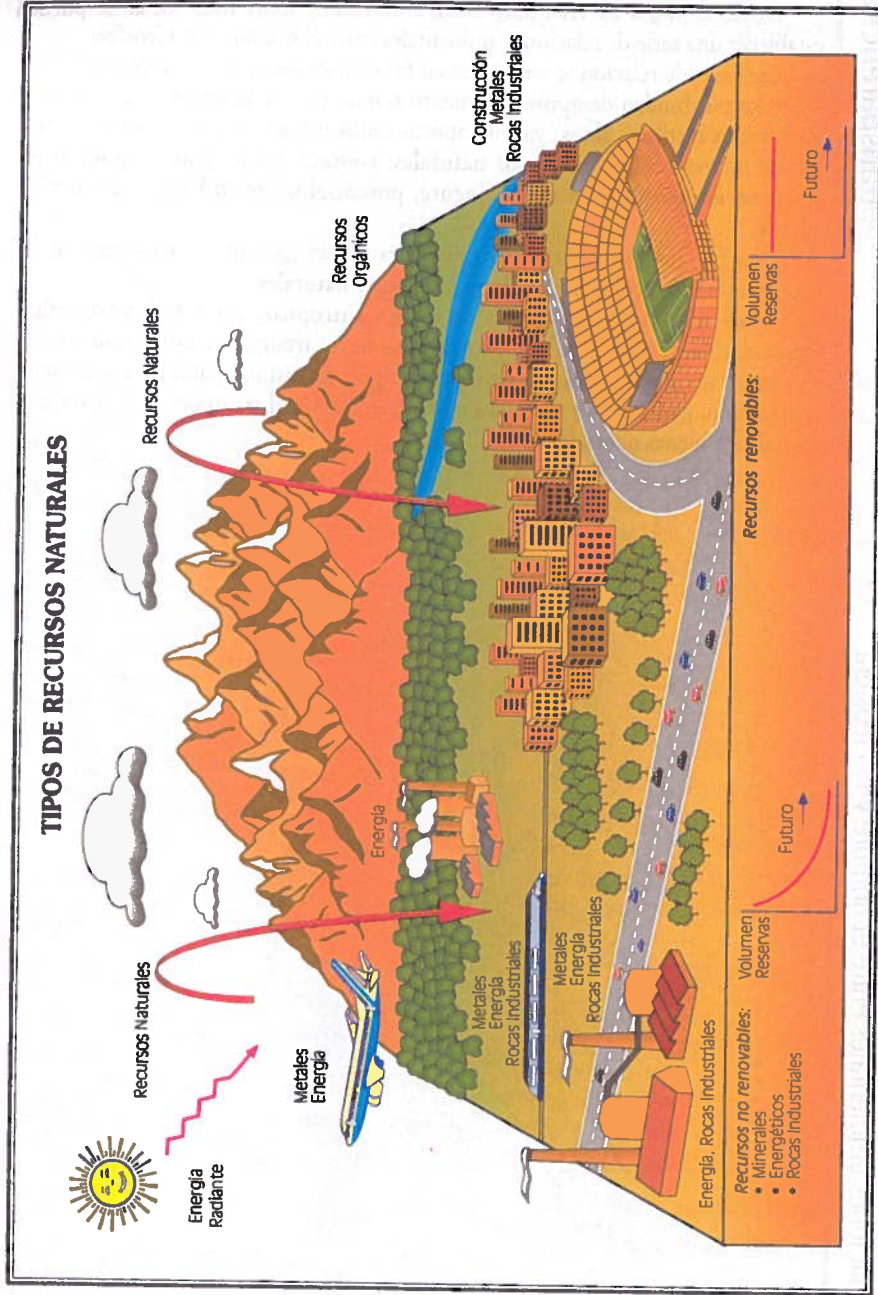


Relaciones ambientales entre el hombre y la Geosfera

Desde el punto de vista individual, ambiental y sobre todo social, se pueden establecer una serie de relaciones ambientales entre el hombre y la Geosfera.

Las bases de relación se establecen en función de los siguientes aspectos:

- La posibilidad de aprovechamiento económico de la materia mineral de la Tierra con distintos fines, ya que aporta multitud de rocas y minerales sumamente interesantes, los **recursos naturales: concentración sólida, líquida o gaseosa** en el océano o en el continente, **potencialmente utilizable económicamente.**
- La incidencia catastrófica (o no) para bienes, personas o haciendas de los acontecimientos geológicos, es decir, los **riesgos naturales.**
- **Los impactos ambientales de origen antrópico**, que sobre la naturaleza ejerce el hombre, por la utilización irracional de los recursos de forma insostenible. Los impactos ambientales son de muchos tipos, de distinta naturaleza y diferente repercusión, casi siempre asociados con la extracción, el transporte o la manipulación de los bienes naturales.



Concepto de recurso

De un tiempo a esta parte, la necesidad de utilizar cada vez mayores recursos, entendidos como «cualquier materia prima –orgánica (madera, alimentos, etc.) producida por procesos asociados a la actividad de los seres vivos, o inorgánica, derivada de procesos geológicos externos o internos– capaz de suministrar al hombre un bien», han llegado a producir desequilibrios importantes en esa relación, traducidos en impactos ambientales.

Recursos no renovables y renovables

Los recursos, en función de su capacidad de regeneración dentro de unas coordenadas temporales asequibles a la vida humana, se clasifican en recursos no renovables, cuando su capacidad de regeneración es muy pequeña, al ser muy grandes los tiempos necesarios para su formación y recursos renovables, cuando su capacidad de regeneración es muy grande en relación a su tiempo de formación más corto.

El uso de recursos naturales ha producido desequilibrios muy importantes traducidos como impactos ambientales, agotamiento de reservas, etc. Por eso, el uso de los recursos debe ir encaminado hacia el aprovechamiento integral de los mismos, en el sentido que además de la aplicación inmediata se tenga en cuenta la previsión de uso futuro de los subproductos derivados. Para ello se está desarrollando una nueva tecnología apoyada incluso con biotecnología derivada de la ingeniería genética, que permite reutilizar escombreras, transformar estériles y gangas pesadas en menas, reaprovechar estériles para áridos, cenizas derivadas del uso en centrales térmicas de carbón, como aglomerante en cementos, reobtención de alumina, o la obtención de yeso a partir del tratamiento por desulfuración de los compuestos sulfurados emitidos en centrales térmicas (transparencia 73) con cal.

Tipos de recursos no renovables

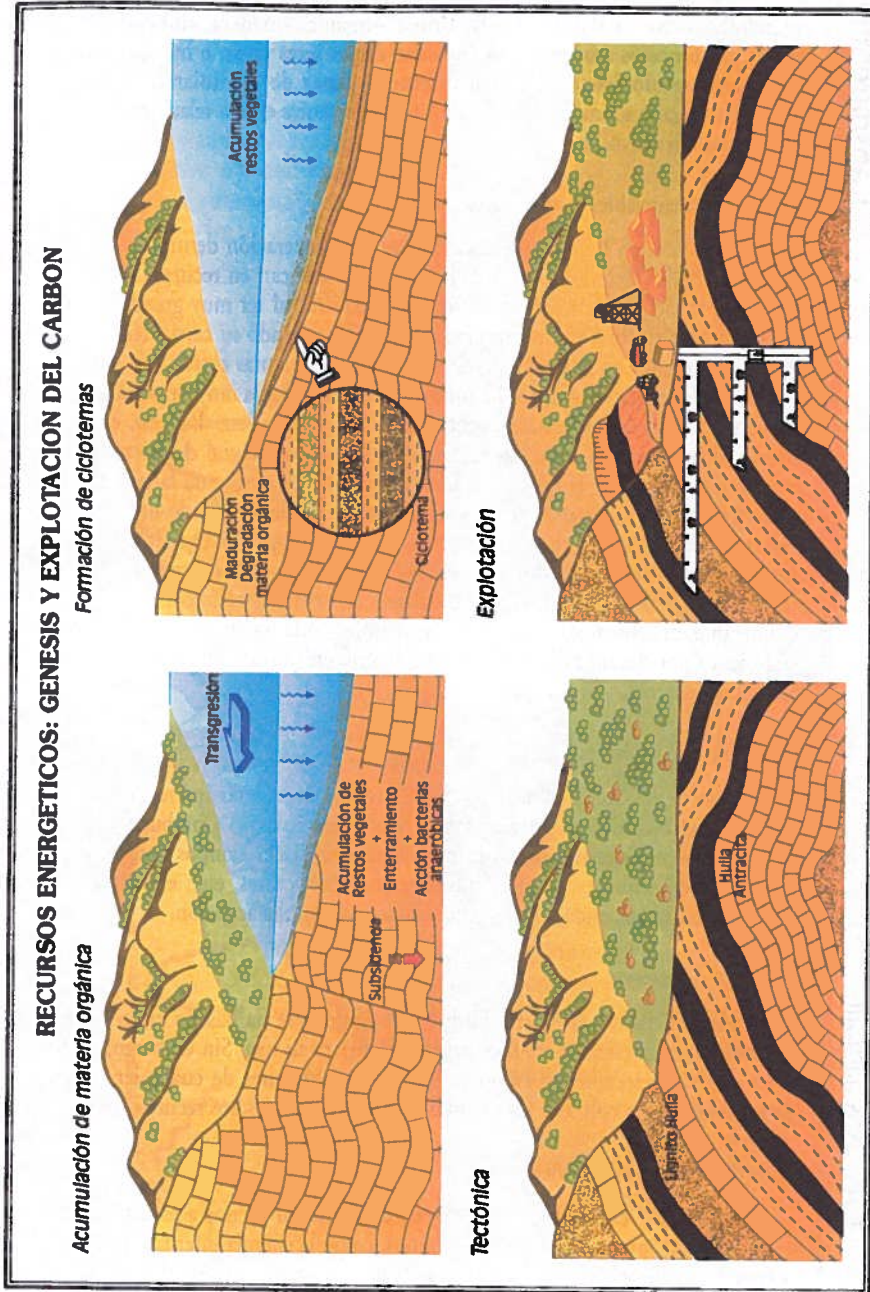
Dentro de los recursos no renovables hay que considerar los recursos geológicos materiales: a) Yacimientos metálicos; b) Rocas industriales; c) Combustibles fósiles; d) Combustibles nucleares. Los dos primeros, para satisfacer campos como la construcción, ornamentación, estrategia, transporte, infraestructuras, etc.; el tercero y cuarto, para satisfacer las necesidades energéticas en su más amplia acepción.

Concepto de reserva

Tradicionalmente, el desarrollo de la humanidad se ha basado en los recursos no renovables, que presentan mejores propiedades para su uso. Sin embargo, el descenso de las reservas, entendiéndose como reservas «los volúmenes de cualquier recurso aún por explotar», hace volver la vista a otras fuentes de recursos, los recursos renovables.

Tipos de recursos renovables

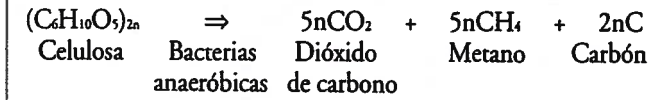
Los recursos renovables, con reservas ilimitadas, al menos a escala humana, son derivados de los procesos geológicos internos, como la energía interna terrestre (caso de las energías geotérmicas), o de los procesos externos ligados a la energía solar (caso de la energía hidráulica, mareomotriz, eólica o solar en sus distintas formas).



Génesis del carbón. Causas del proceso

En la formación del combustible fósil de tipo carbón, interviene como materia prima previa y necesaria la biomasa vegetal, que debe morir y acumularse en las cuencas de sedimentación de tipo: límnic (lagos), o parálicas (áreas continentales íntimamente relacionadas con el mar).

Normalmente la muerte de los vegetales se produce por la inundación de las grandes extensiones boscosas, bien al producirse una transgresión o bien al hundirse por subsidencia el subsuelo, en una zona susceptible de hacerlo. Una vez muertos y acumulados, los restos orgánicos vegetales, sufren un enterramiento junto con los sedimentos inorgánicos que llegan a la cuenca. En estas condiciones, las bacterias anaeróbicas inician un proceso de transformación de la biomasa vegetal, rica en polisacáridos tipo celulosa y lignina, enriqueciéndose progresivamente en carbono, según la reacción:



Diagénesis del carbón

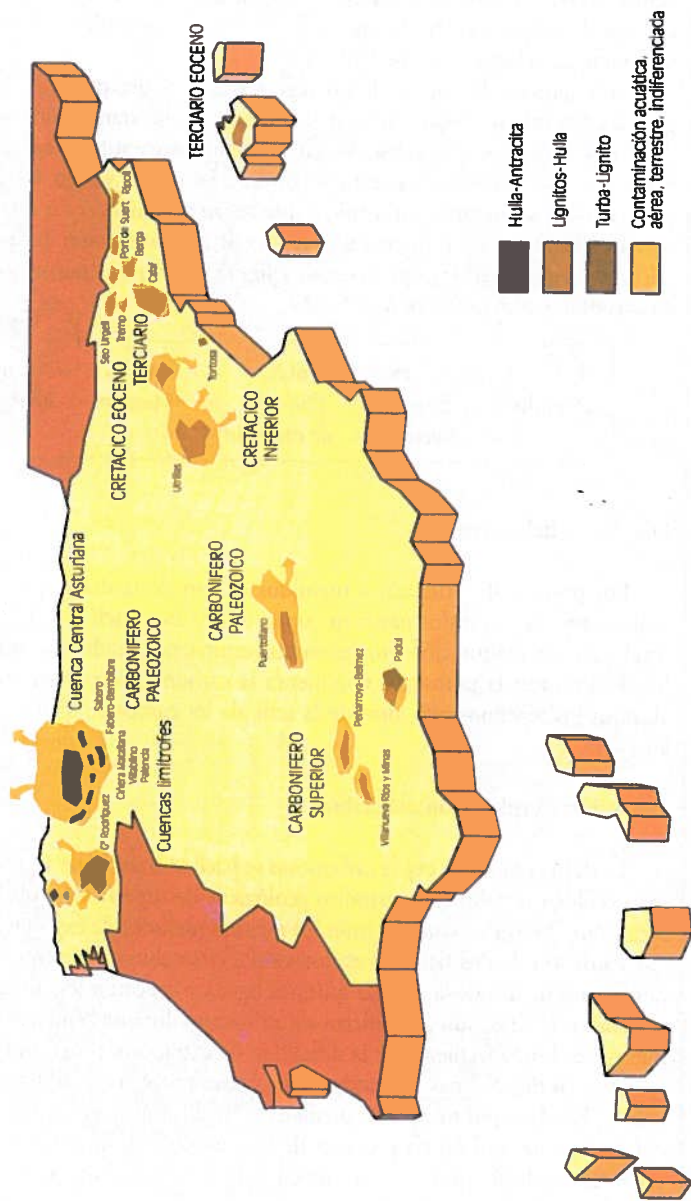
Los procesos de litificación incluidos dentro de la diagénesis que sufren los sedimentos para transformarse en rocas, donde está incluida la capa carbonosa, producen una maduración progresiva que compacta esta última, elimina los volátiles al disminuir la porosidad y aumenta la carbonización progresivamente, hasta alcanzar los términos más altos de la serie de los carbones: Turba, lignito, hulla y antracita.

Detección y explotación del carbón

La detección de las capas carbonosas se hace utilizando las técnicas de prospección geológicas habituales, estudios geológicos de superficie, geofísica u otras técnicas, que determine con precisión los mejores métodos de explotación posterior.

Estos son de dos tipos: la explotación a cielo abierto y en mina. Las previsiones futuras de uso de la energía química ligada a los carbones, apuntan a que, con reservas muy altas, aún permitirían su utilización durante centenares de años, aunque tiene el inconveniente de la dificultad de extracción progresiva, al encontrarse cada vez en lugares más profundos y los graves problemas ambientales de su utilización. Desde el punto de vista predictivo, en el futuro parece que habrá que obtener energía del carbón en procesos de licuefacción del mismo y en gasificaciones, proyectos ambos en fases experimentales, no rentables hoy, pero con futuro prometedor.

DISTRIBUCION ESPACIAL DEL CARBON. ESPACIOS CONTAMINADOS POR SU EXPLOTACION Y USO



transparencia 68

Distribución espacial del carbón. Espacios contaminados por su explotación y uso

Distribución geográfica del carbón en la Península Ibérica

Varias son las zonas de la Península Ibérica donde existen yacimientos de carbón. Desde el punto de vista económico, la más importante es la cuenca carbonífera Central Asturiana y las denominadas cuencas limítrofes.

Geológicamente, se trata de cuencas parálicas, de edad paleozoica superior-carbonífera, donde se formaron los carbones químicamente más maduros y evolucionados de la serie carbonosa, como son la hulla y la antracita.

De la misma edad (Paleozoico Superior-Carbonífero) y generado, en este caso en cuencas límnicas, son las cuencas carboníferas de Puertollano en Ciudad Real, y de la banda Peñarroya-Belmez, Villanueva de Ríos y Minas.

La cuenca carbonífera de Teruel, Utrillas, Mequinenza y Andorra, es más joven geológicamente, de edad Mesozoica-Cretácica inferior. Son carbones con menor índice de carbonización, de los tipos lignito-hulla, formados en cuencas parálicas mesozoicas.

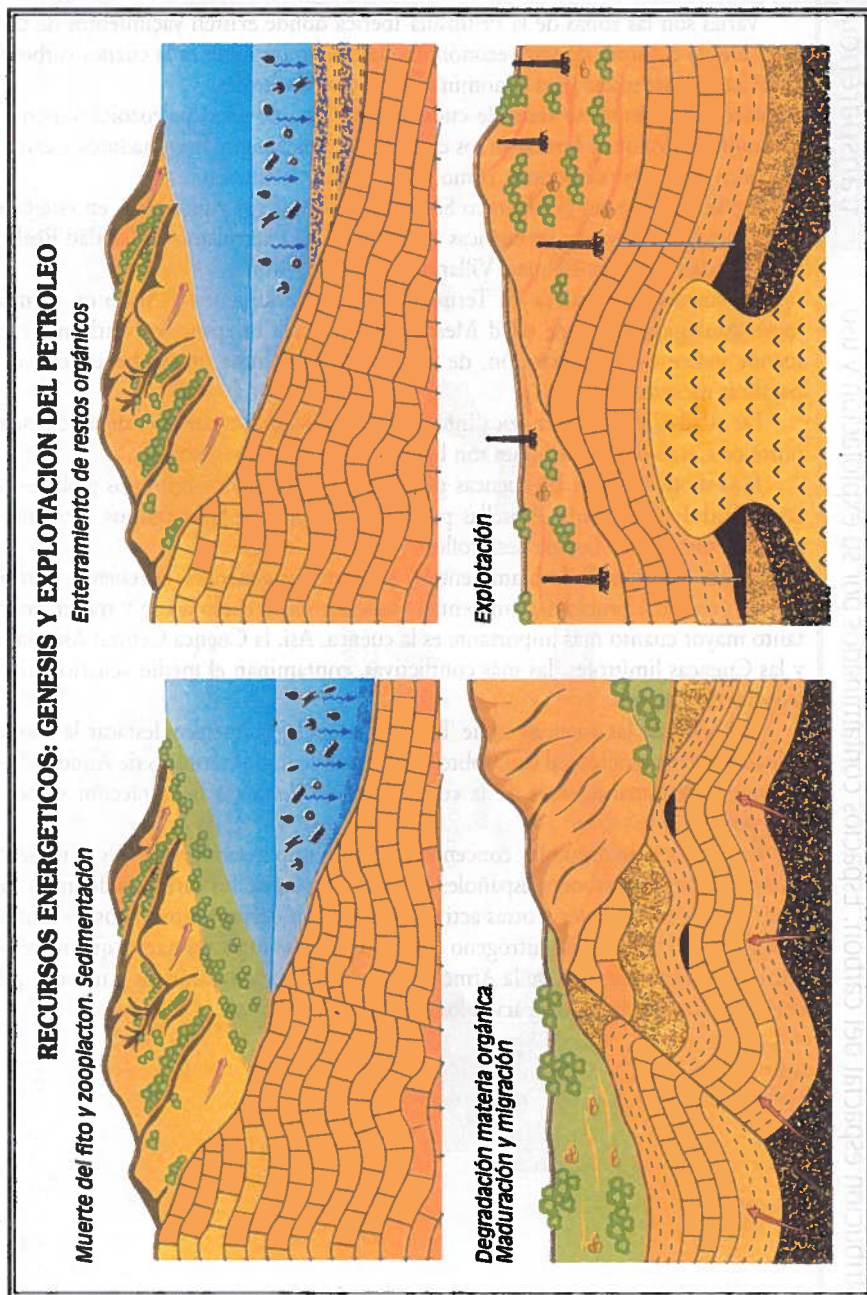
De edad Cretácica-Cenozoica inferior (Eoceno) son los carbones de las cuencas norte de Cataluña, los carbones son lignitos escasamente rentables.

Más modernas son las cuencas gallegas de As Pontes en términos globales, o las de Padul en Granada. Aquéllas presentan carbones de tipo lignitos, estos últimos son turberas en fase de desarrollo.

Desde el punto de vista ambiental y en términos generales, las cuencas carboníferas presentan problemas ambientales asociados a su explotación y tratamiento, tanto mayor cuanto más importante es la cuenca. Así, la Cuenca Central Asturiana y las Cuenca limítrofes, las más conflictivas, contaminan el medio acuático (ríos, lagos) y el terrestre.

Del resto de las cuencas, la de Teruel y las gallegas, merece destacar la contaminación aérea asociada al uso, sobre todo en las centrales térmicas de Andorra, As Pontes y Meirama, además de la contaminación debida a la extracción y tratamiento.

Esto es debido a que las concentraciones de impurezas de azufre y nitrógeno que presentan los carbones españoles es superior a las de los carbones de importación. Su uso en centrales y otras actividades generan derivados oxidados de azufre, sulfuroso (SO₂, SO) o de nitrógeno (NO_x), contaminantes primarios que reaccionan con el vapor de agua de la Atmósfera, para dar ácidos sulfúricos y nítrico, que contaminan mediante lluvia ácida los alrededores.



Recursos energéticos. Génesis y explotación del petróleo

En la génesis del petróleo, al igual que en la del carbón y después de las controversias iniciales sobre la misma, intervienen los seres vivos. El petróleo se forma fundamentalmente a expensas de seres vivos marinos de tipo microscópico componentes del fitoplancton y del zooplancton, aunque quizá deban cuantificarse también, aportes de materia orgánica llevados hasta la cuenca de sedimentación por los ríos.

La muerte del fito y zooplancton fue ocasionada por causas catastróficas naturales en el pasado lejano, que variaron los parámetros físico-químicos y ambientales de los océanos donde vivían, produciendo la acumulación de los restos de estos organismos por sedimentación en la plataforma continental donde habitaban.

A la vez, al medio le llegaban sedimentos que van depositándose junto con los restos de materia orgánica y ésta acababa por enterrarse entre los sedimentos. Inmediatamente, y gracias a la actuación de las bacterias anaeróbicas, se inicia un proceso de degradación de la materia orgánica, enriqueciéndose en carbono e hidrógeno y eliminando oxígeno. En estos primeros momentos, se forman ya algunos hidrocarburos gaseosos sencillos de tipo metano (CH₄).

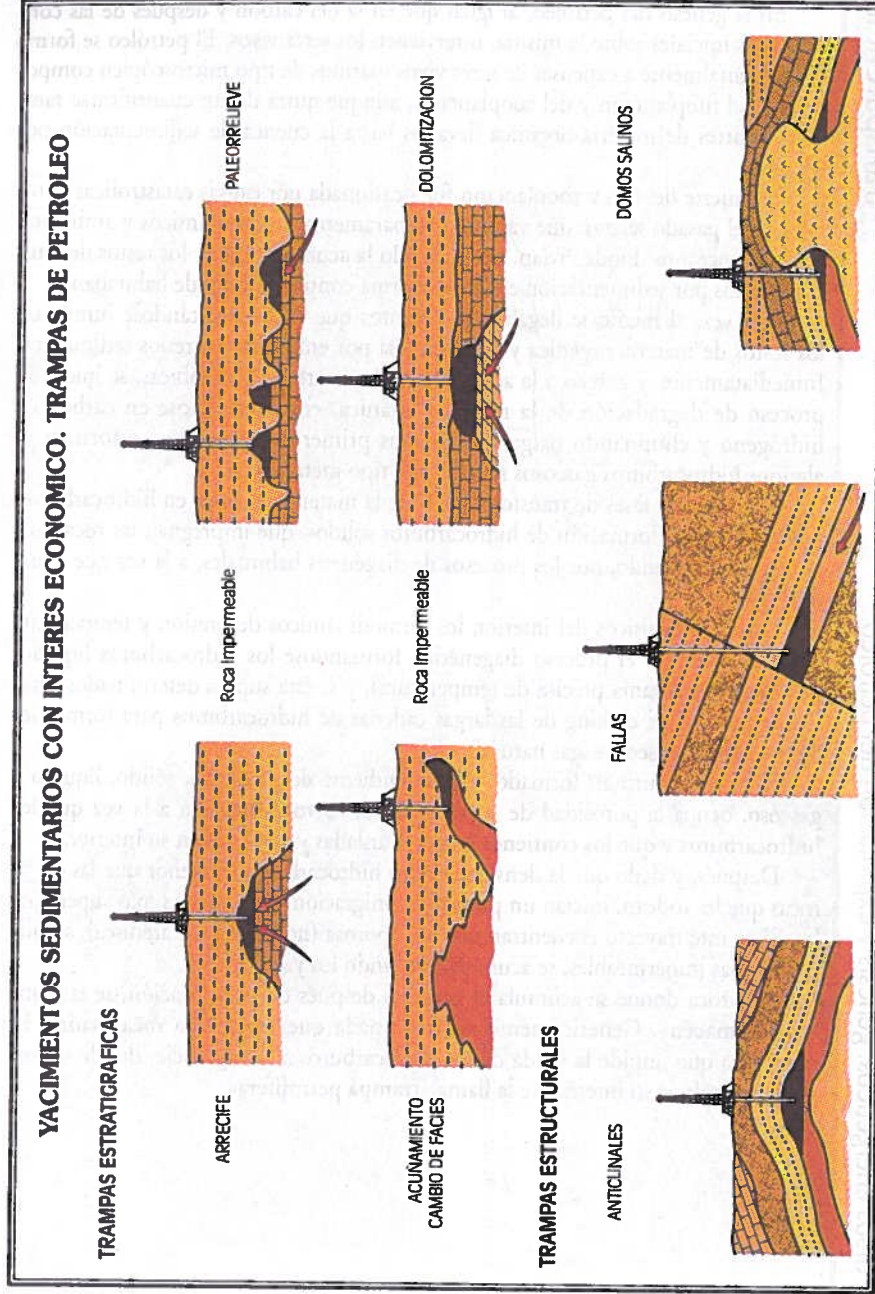
Las primeras fases de transformación de la materia orgánica en hidrocarburos, terminan con la formación de hidrocarburos sólidos, que impregnan las rocas que se han ido formando, por los procesos de diagénesis habituales, a la vez que aquellos.

Los factores físicos del interior, los termodinámicos de presión y temperatura elevada, maduran el proceso diagenético formándose los hidrocarburos líquidos (sólo entre una gama precisa de temperatura), y si ésta supera determinados límites, se produce el craking de las largas cadenas de hidrocarburos para formar los hidrocarburos gaseosos (gas natural).

El hidrocarburo así formado, e independiente de su estado, sólido, líquido o gaseoso, ocupa la porosidad de la roca madre, «o roca formada a la vez que los hidrocarburos y que los contiene» en gotas aisladas y dispersas en su interior.

Después, y dado que la densidad de los hidrocarburos es menor que las de las rocas que les rodean, inician un proceso de migración hacia niveles más superficiales. Si en este trayecto encuentran una roca porosa (normalmente arenisca), sellada entre capas impermeables, se acumula formando los yacimientos.

A la roca donde se acumula el petróleo después de su formación, se la llama «roca almacén». Genéticamente no tiene nada que ver con la roca madre. La estructura que impide la salida de los hidrocarburos a la superficie, donde se oxidaría (y perdería su interés), se la llama «trampa petrolífera».



Yacimientos sedimentarios con interés económico. Trampas de petróleo

Los yacimientos de rocas con interés económico más importantes en la actualidad son los de los hidrocarburos, al constituir el recurso energético principal de la sociedad.

La materia orgánica, después de sufrir un proceso de diagénesis complejo con los sedimentos que la contiene, la roca madre, la transforma en hidrocarburos de distintos tipos. Después es necesario un proceso de migración que lo lleve hasta un lugar apropiado, las trampas, donde se acumule en cantidades que rentabilicen su extracción.

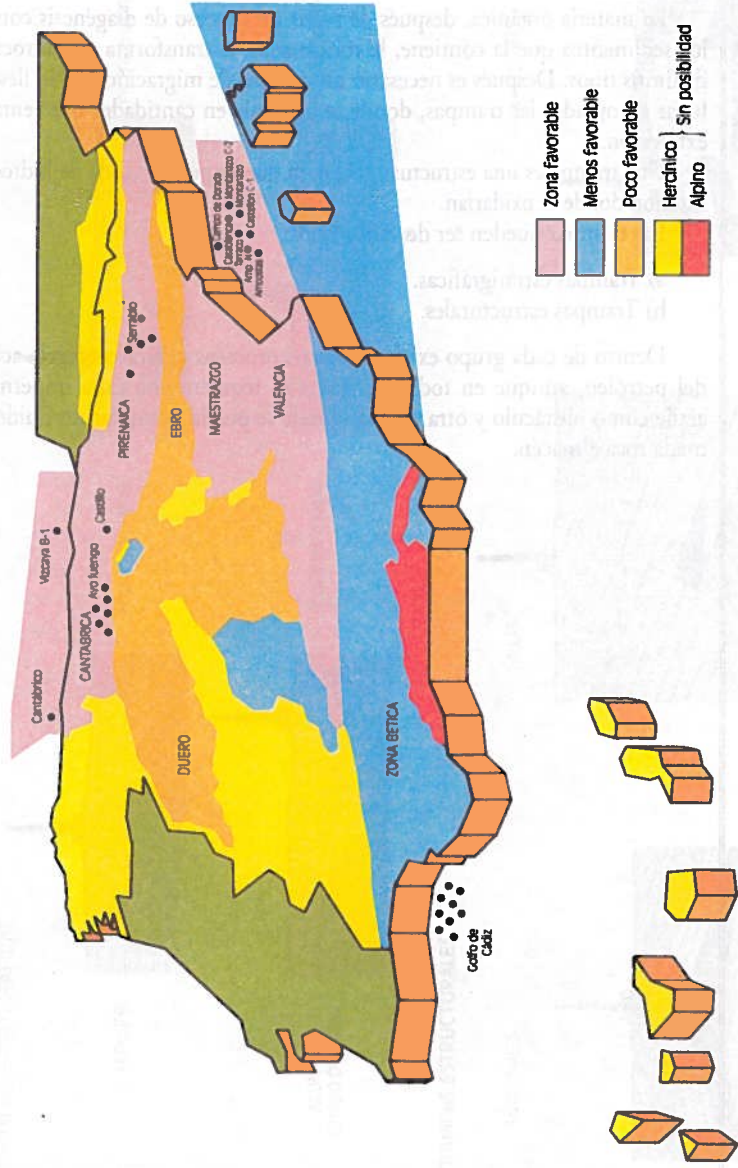
Una trampa es una estructura geológica que impide la salida de hidrocarburos al exterior, donde se oxidarían.

Las trampas pueden ser de varios tipos:

- a) Trampas estratigráficas.
- b) Trampas estructurales.

Dentro de cada grupo existen diversos procesos que favorecen la acumulación del petróleo, aunque en todos los casos se requiere una capa impermeable que actúe como obstáculo y otra porosa, donde se pueda acumular un fluido. Es la llamada roca almacén.

DISTRIBUCION DE LAS ZONAS GEOLOGICAS SUSCEPTIBLES DE CONTENER HIDROCARBUROS



Distribución de las zonas geológicas susceptibles de contener hidrocarburos

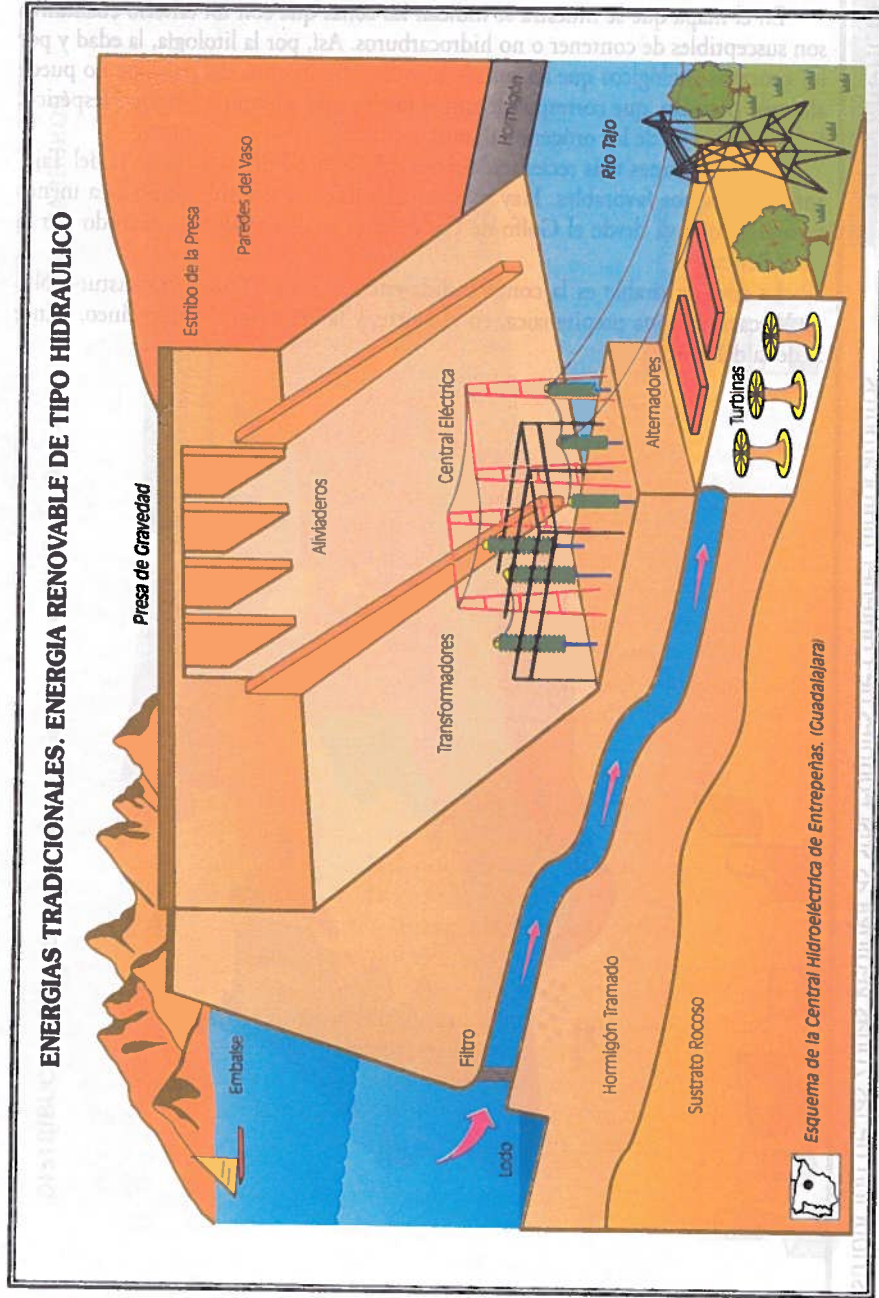
transparencia 71

Distribución de las zonas susceptibles de contener hidrocarburos en España

En el mapa que se muestra se indican las zonas que con un criterio cualitativo son susceptibles de contener o no hidrocarburos. Así, por la litología, la edad y por los procesos geológicos que ha sufrido hay una amplia zona del país que no puede albergar petróleo, que corresponde con el núcleo más antiguo o Macizo Hespérico, así como los ejes de los orógenos alpinos.

Las depresiones más recientes, cuenca del Duero, Ebro y parte de la del Tajo, son áreas menos favorables. Hay una zona también clasificable como área menos favorable, que va desde el Golfo de Cádiz hasta las Islas Baleares, pasando por la zona Bética.

La zona favorable es la comprendida entre el litoral Cantábrico-Astur-Golfo de Vizcaya, la zona prepirenaica, en el Norte, y la del litoral Mediterráneo, frente al delta del Ebro.



Energías tradicionales. Energía renovable de tipo hidráulico

transparencia 72

Características

La energía hidráulica es una de las energías utilizadas de forma tradicional por el hombre, con la caracterización de ser, además de una de las energías limpias sin graves repercusiones ambientales, salvo las estructurales derivadas de la construcción del embalse, el de ser renovable, ajustada únicamente a las variaciones del ciclo hidrológico (ver transparencia 39). Representa valores de utilización del orden de 7% del total de la energía producida y de un 20% del de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista tecnológico, para la obtención de la energía hidroeléctrica se requiere la construcción de un embalse capaz de represar un río en una zona geológicamente apropiada. El agua allí retenida tiene una energía potencial en relación con el campo gravitatorio, debido a la masa, a la gravedad y a la altura. Del tamaño de la presa, de la superficie anegada y del volumen resultante entre otros factores es donde deriva su problemática ambiental.

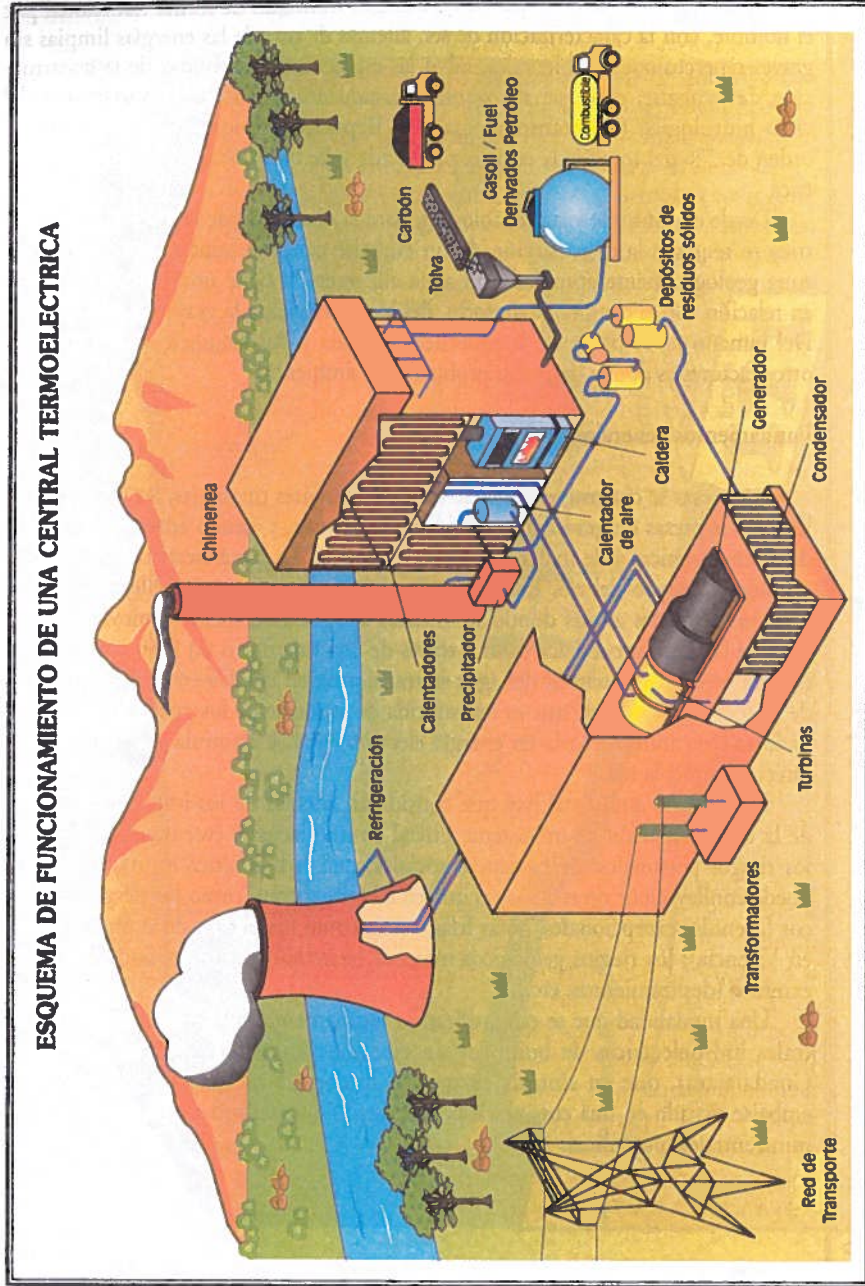
Fundamentos generales

Las presas se construyen de acuerdo con diferentes tipologías, las más habituales son las presas de gravedad y las presas de bóveda, y tienen además variaciones de diseño estéticas y de materiales de construcción. La presa cierra un tramo especialmente angosto del río. Además de la obra de ingeniería civil, llevan adosadas unas instalaciones anejas donde se instalan las turbinas, que son movidas por el agua de la presa que se hace pasar a través de una tubería en un flujo continuo. La energía mecánica potencial del agua se transforma en el salto en energía mecánica de tipo energía cinética, que es transmitida de la turbina a los generadores y alternadores para transformarla en energía eléctrica, que se acumula y/o se distribuye directamente a la red.

En el plano ambiental hay que considerar, además de los impactos derivados de la transformación de un sistema fluvial en uno lacustre (ver transparencia 47), los riesgos personales; de hacienda; sociales; que la hipotética rotura de la presa puede conllevar por otras acciones que en ella concurren, como los riesgos climáticos (avenidas excepcionales, gotas frías, etc..., como fue el caso de la presa de Tous en Valencia); los riesgos geológicos internos (terremotos); los procesos geológicos externos (deslizamientos, etc.).

Una modalidad que se está utilizando últimamente es la construcción de centrales hidroeléctricas de bombeo (un ejemplo válido sería la de Bolarque en Guadalajara), que en síntesis aprovecha la energía mecánica del agua de un embalse situado en una cota elevada, en tránsito gravitatorio a otro inferior. O las minicentrales hidráulicas.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CENTRAL TERMOELECTRICA



Esquema de funcionamiento de una central termoeléctrica

transparencia 73

Funcionamiento de una central termoeléctrica

El funcionamiento de una central termoeléctrica consta de varios sistemas técnicos. El primero de ellos, el combustible de la central, sirve para clasificarlas en **centrales termoeléctricas de carbón** y **centrales termoeléctricas de gasóleo, fuel u otros fluidos**. El segundo sistema lo constituyen las calderas, los calentadores y sobrecalentadores, en los que el combustible se quema. Con la energía calorífica liberada se calienta y sobrecalienta un fluido, el agua, hasta su vaporización.

El vapor de agua presurizado se hace pasar a través de la turbina y los aparatos mecánicos y eléctricos, para transformar la energía calorífica en mecánica y posteriormente en eléctrica hasta su distribución a la red. Además de los fluidos, son necesarios sistemas de condensación y de refrigeración, por lo que la ubicación de las centrales debe hacerse en las proximidades de ríos, mares, etc.

Problemática ambiental

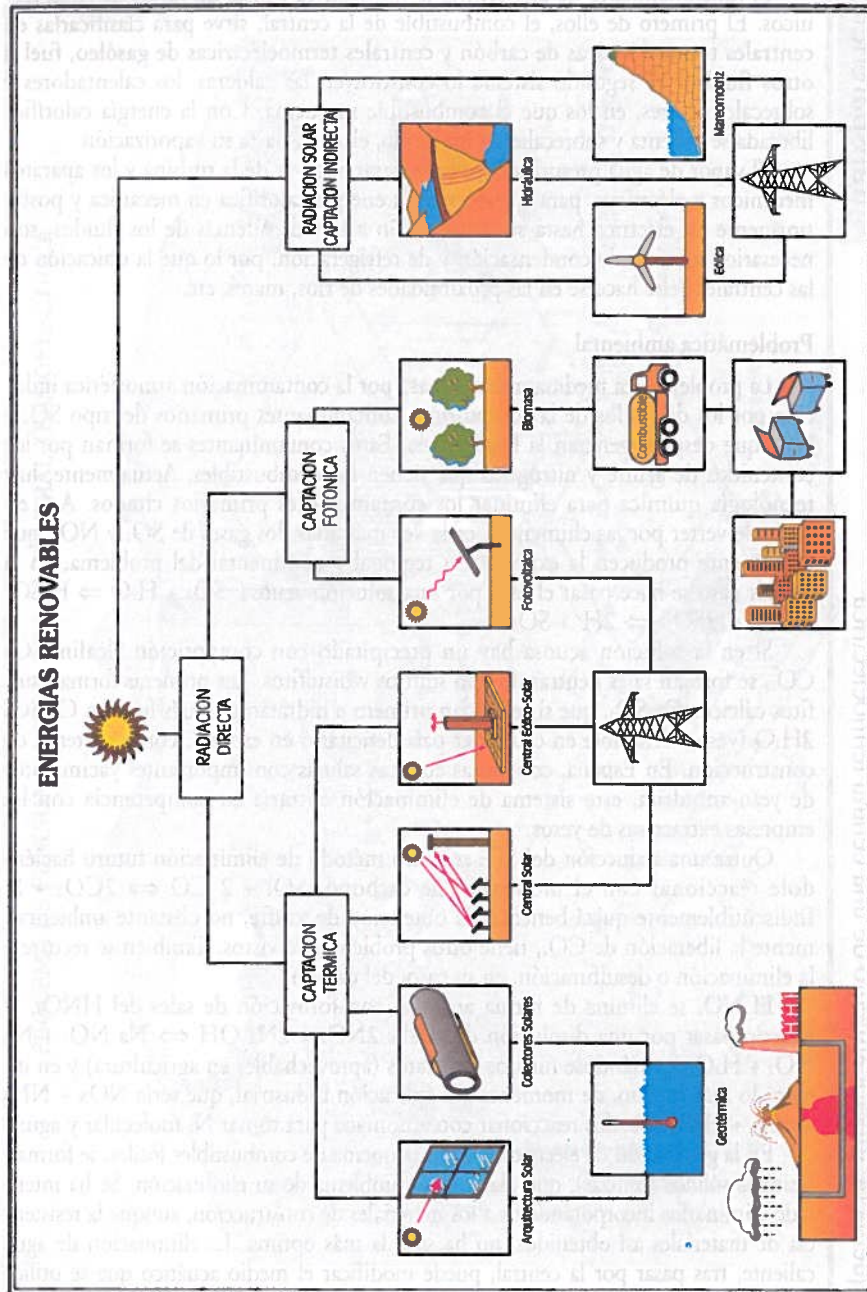
La problemática medioambiental pasa por la contaminación atmosférica inducida por los derivados de la combustión, contaminantes primarios del tipo SO_2 y NO_2 que después generan la lluvia ácida. Estos contaminantes se forman por los contenidos de azufre y nitrógeno que tienen los combustibles. Actualmente, hay tecnología química para eliminar los contaminantes primarios citados. Así, en lugar de verter por las chimeneas, cada vez más altas, los gases de SO_2 y NO_2 , que únicamente producen la exportación regional y continental del problema, en el primer caso se hace pasar el SO_2 por una solución acuosa: $SO_2 + H_2O \Rightarrow H_2SO_3 \Leftrightarrow H^+ + HSO_3^- \Leftrightarrow 2H^+ + SO_3^{2-}$

Si en la solución acuosa hay un precipitado con composición alcalina, $CaCO_3$, se forman sales neutras de tipo sulfitos y bisulfitos. Las primeras forman sulfitos cálcicos $CaSO_3$, que si se oxidan primero e hidratan después forman $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (yeso), utilizable en cualquier país deficitario en esta sal, como material de construcción. En España, con varias cuencas salinas con importantes yacimientos de yeso-anhidrita, este sistema de eliminación entraría en competencia con las empresas extractivas de yesos.

Quizá una reducción del SO_2 sea otro método de eliminación futuro haciéndole reaccionar con el monóxido de carbono, $SO_2 + 2CO \Leftrightarrow 2CO_2 + S$. Indiscutiblemente quizá beneficie la obtención de azufre, no obstante ambientalmente la liberación de CO_2 , tiene otros problemas ya vistos. También se recurre a la eliminación o desulfuración, en su caso, del carbón.

El NO_2 se elimina de forma análoga, con formación de sales del HNO_3 , al hacerlo pasar por una disolución de alcalis $2NO_2 + 2NaOH \Leftrightarrow NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$, formándose nitritos y nitratos (aprovechables en agricultura) y en un método más inocuo, de momento sin aplicación industrial, que sería $NO_x + NH_3 \Leftrightarrow N_2 + H_2O$, hacerlos reaccionar con amoníaco para tomar N_2 molecular y agua.

En la generación de electricidad, tras la quema de combustibles fósiles, se forman residuos sólidos (cenizas), que plantean el problema de su eliminación. Se ha intentado eliminarlos incorporándolos a los materiales de construcción, aunque la resistencia de materiales así obtenidos, no ha sido la más óptima. La eliminación de agua caliente, tras pasar por la central, puede modificar el medio acuático que se utilice como refrigerante.



Energías renovables

El desarrollo de la Humanidad ha estado condicionado a la utilización de los recursos naturales y entre ellos la energía necesaria para hacer funcionar su estructura social. El aprovechamiento de la energía solar ha sido una constante en el tiempo. Ahora, y después de la crisis económica de los años 70, donde quebró el sistema económico basado en la utilización de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, etc.) y siendo conscientes de la incidencia que estos combustibles tienen sobre el medio ambiente, se ha vuelto a pensar, en la utilización de la energía solar, en la sustitución de los combustibles tradicionales.

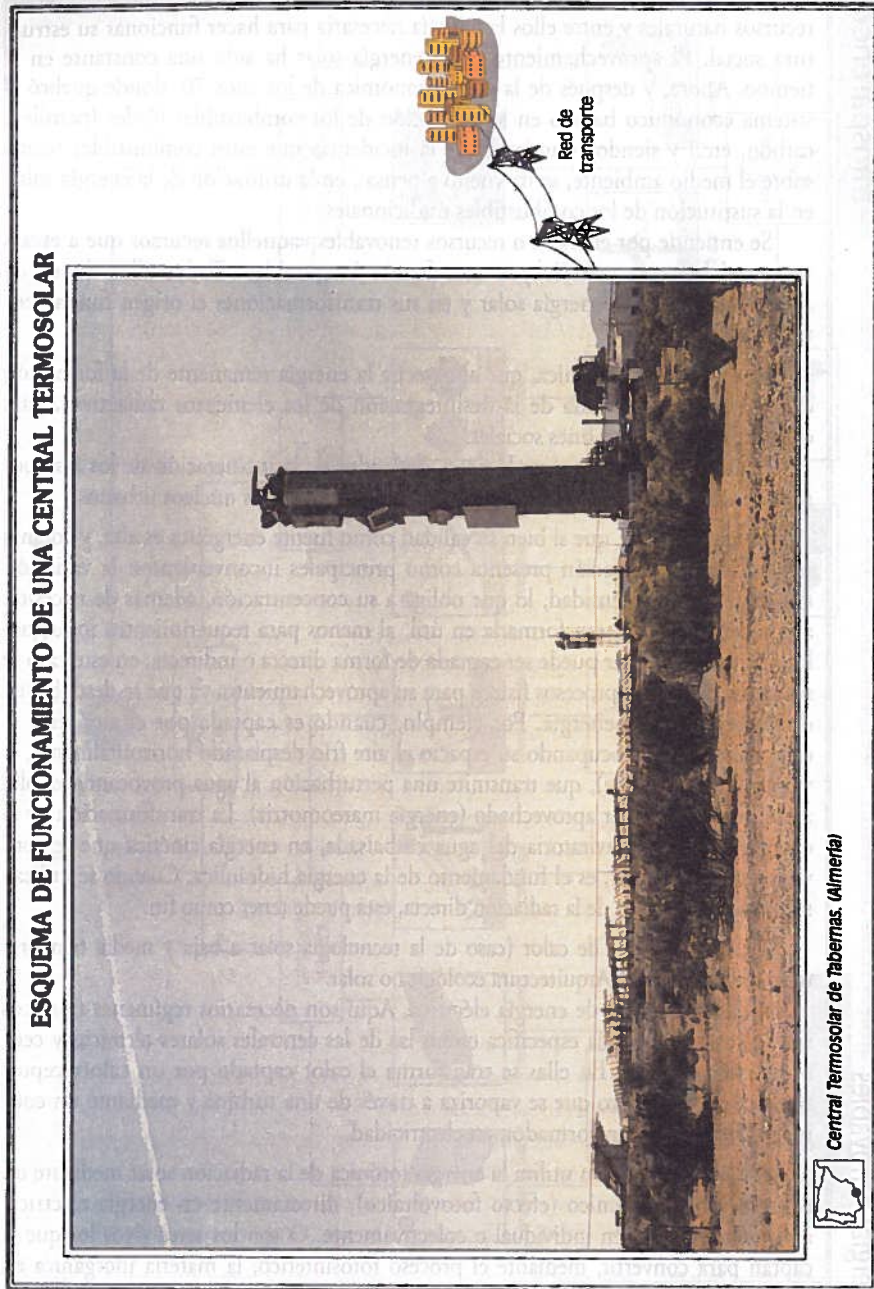
Se entiende por energías o recursos renovables «aquellos recursos que a escala temporal humana constituyen una fuente inagotable». Todos ellos tienen de alguna manera en la energía solar y en sus transformaciones el origen fundamental, a excepción de:

- La energía geotérmica, que aprovecha la energía remanente de la formación del planeta o la derivada de la desintegración de los elementos radiactivos, para calentar acuíferos con fines sociales.
- Los «combustibles tecnológicos» derivados de la incineración de los residuos sólidos urbanos generados en ingentes proporciones en los núcleos urbanos.

La energía solar, que si bien su calidad como fuente energética es alta, y además inagotable, su utilización presenta como principales inconvenientes: la variación estacional de su intensidad, lo que obliga a su concentración, además de necesitar alta tecnología para transformarla en útil, al menos para requerimientos industriales. La radiación solar puede ser captada de forma directa o indirecta, en este caso se necesitan diferentes procesos físicos para su aprovechamiento, ya que se desdobra en diferentes tipos de energía. Por ejemplo, cuando es captada por el aire, éste se calienta y asciende ocupando su espacio el aire frío desplazado horizontalmente, el viento (energía eólica), que transmite una perturbación al agua provocando el oleaje, susceptible de ser aprovechado (energía mareomotriz). La transformación de la energía potencial gravitatoria del agua embalsada, en energía cinética que se convierte en electricidad, es el fundamento de la energía hidráulica. Cuando se utilizan técnicas de captación de la radiación directa, ésta puede tener como fin:

- La producción de calor (caso de la tecnología solar a baja y media temperatura). Se utiliza en la Arquitectura ecológica o solar.
- La producción de energía eléctrica. Aquí son necesarios regímenes térmicos muy altos y tecnología específica como las de las centrales solares térmicas y centrales eólico-solares. En ellas se transforma el calor captado por un calorreceptor líquido, cedido a otro que se vaporiza a través de una turbina y mediante un conjunto alternador-transformador, en electricidad.

A veces la captación utiliza la energía fotónica de la radiación solar mediante un proceso artificial-técnico (efecto fotovoltaico), directamente en energía eléctrica, aprovechable también individual o colectivamente. O son los seres vivos los que la captan para convertir, mediante el proceso fotosintético, la materia inorgánica en biomasa utilizada esencialmente como combustible.



Funcionamiento de una central termosolar

El Sol, es un reactor nuclear de fusión, constituye una fuente inagotable y gratuita, de energía. En su interior y por una reacción nuclear que utiliza como combustible el hidrógeno, se forma helio, liberando ingentes cantidades de energía bajo diferentes formas susceptibles de ser aprovechadas. $4H_1^1 \Rightarrow He_2^4 + 2e^-$

En dicha reacción se produce una pérdida de masa entre los dos términos de 0,0276 unidades de masa atómica, que siguiendo la ecuación de Einstein ($E= m.c^2$) da lugar a la liberación de 25,7 Mev, equivalente a $4,1 \times 10^{-12}$ julios por reacción. Como se ha calculado técnicamente, el Sol emite 10^{34} julios/año, lo que equivale a $2.4 \cdot 10^{45}$ fusiones. También representa una pérdida de masa solar evaluada en $3.5 \cdot 10^6$ Tm/sg. Aun así, tardará varios millones de años en gastar toda su energía, de ahí su clasificación de renovable.

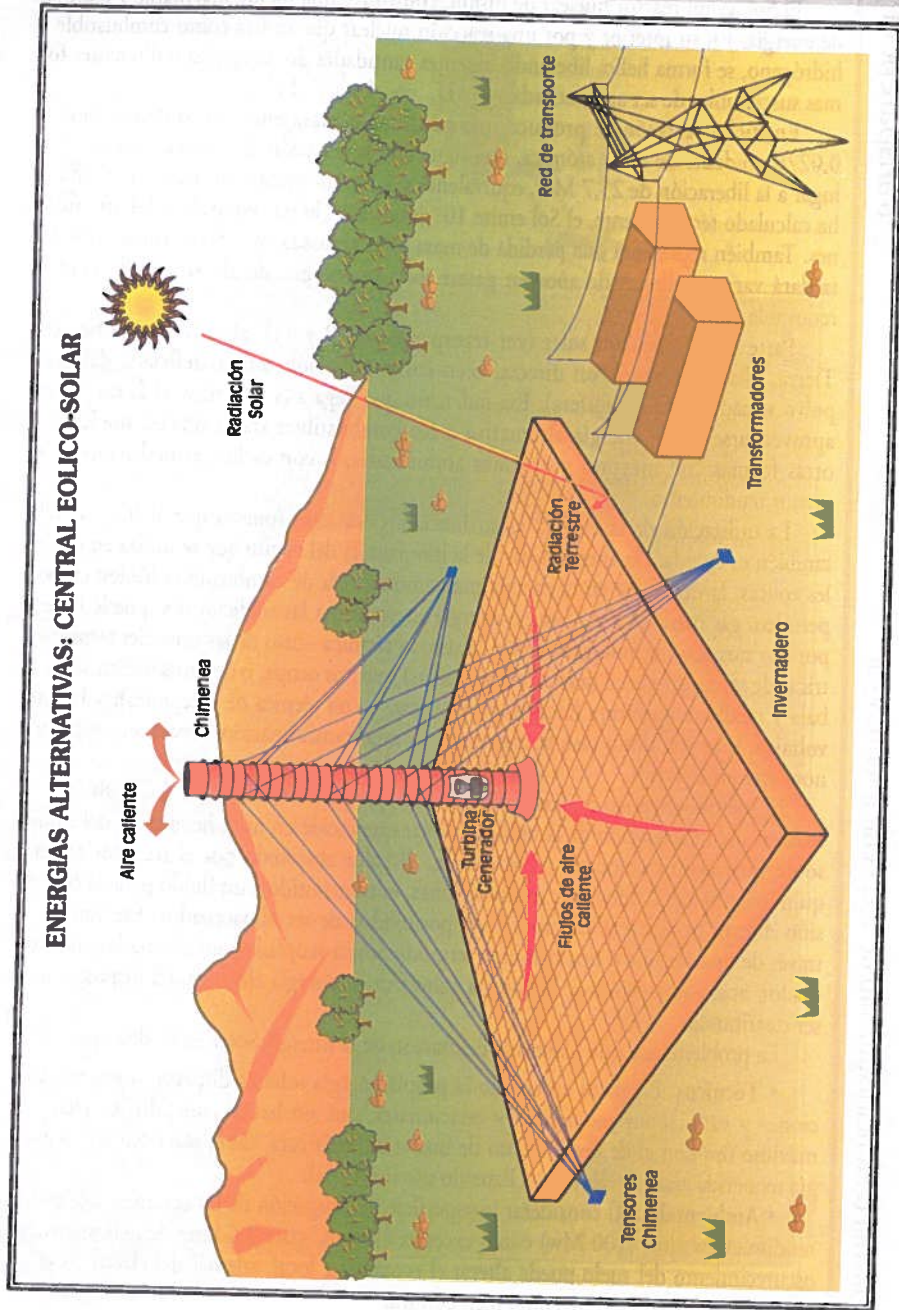
Parte de la radiación solar (ver transparencias 10 y 11), alcanza directamente la Tierra, bien bajo radiación directa, bien como radiación difusa (reflejada del gas y polvo situado en la Atmósfera). Esa radiación que llega a la superficie es la que puede aprovecharse como energía alternativa a los combustibles tradicionales, nucleares u otras formas con mayores problemas ambientales, o con ciclos termodinámicos de menor rendimiento.

La utilización de la energía solar directa en este caso (puesto que al fin y al cabo también es debida a la energía solar de la biomasa, la del viento que se utiliza en centrales eólicas, la del oleaje en la energía mareomotriz o la de combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural, etc...) como energía alternativa a las tradicionales, puede hacerse por dos métodos tecnológicos o vías de uso: la **térmica** –caso de las centrales termoeléctricas de receptor central (a altas temperaturas) que nos ocupa, o de otros mecanismos de baja y media temperatura (arquitectónica solar, o con técnica de colectores); y la **fotovoltaica**. En este último caso la conversión es una transformación directa: energía luminosa-energía eléctrica.

El método térmico a altas temperaturas, que permite alcanzarse los $3.000^\circ C$, se basa en la concentración de la radiación solar que incide en unos heliostatos del campo sobre un receptor colocado en una torre. El calor absorbido por el receptor térmico químico, que tiene diferentes composiciones, es transmitido a un fluido para su conversión directa o indirecta en vapor (con posibilidad de ser almacenado). Ese vapor, y a través de una turbina o una máquina termodinámica acoplada a un alternador-transformador, acaba por convertir la energía calorífica en energía eléctrica, en disposición de ser distribuida.

La problemática que plantea la utilización de la Energía Solar, es de dos tipos:

- **Técnicos.** En tanto en cuanto la propia energía solar es dispersa, sujeta a oscilaciones y variaciones geográficas y estacionales, que no hacen coincidir los ciclos de máximo uso con el de rendimiento de una tecnología cara, sobre todo cuando la energía requerida alcanza valores del llamado uso industrial.
- **Ambientales.** Al considerar la superficie de ocupación de las centrales solares con rendimientos altos (100 Mw) como excesiva (10 km.^2 para 2.5 km.^2 de heliostatos). El oscurecimiento del suelo puede alterar el ecosistema local, además del efecto visual en el paisaje, considerado éste como bien cultural.



ENERGIAS ALTERNATIVAS: CENTRAL EÓLICO-SOLAR

Fundamento

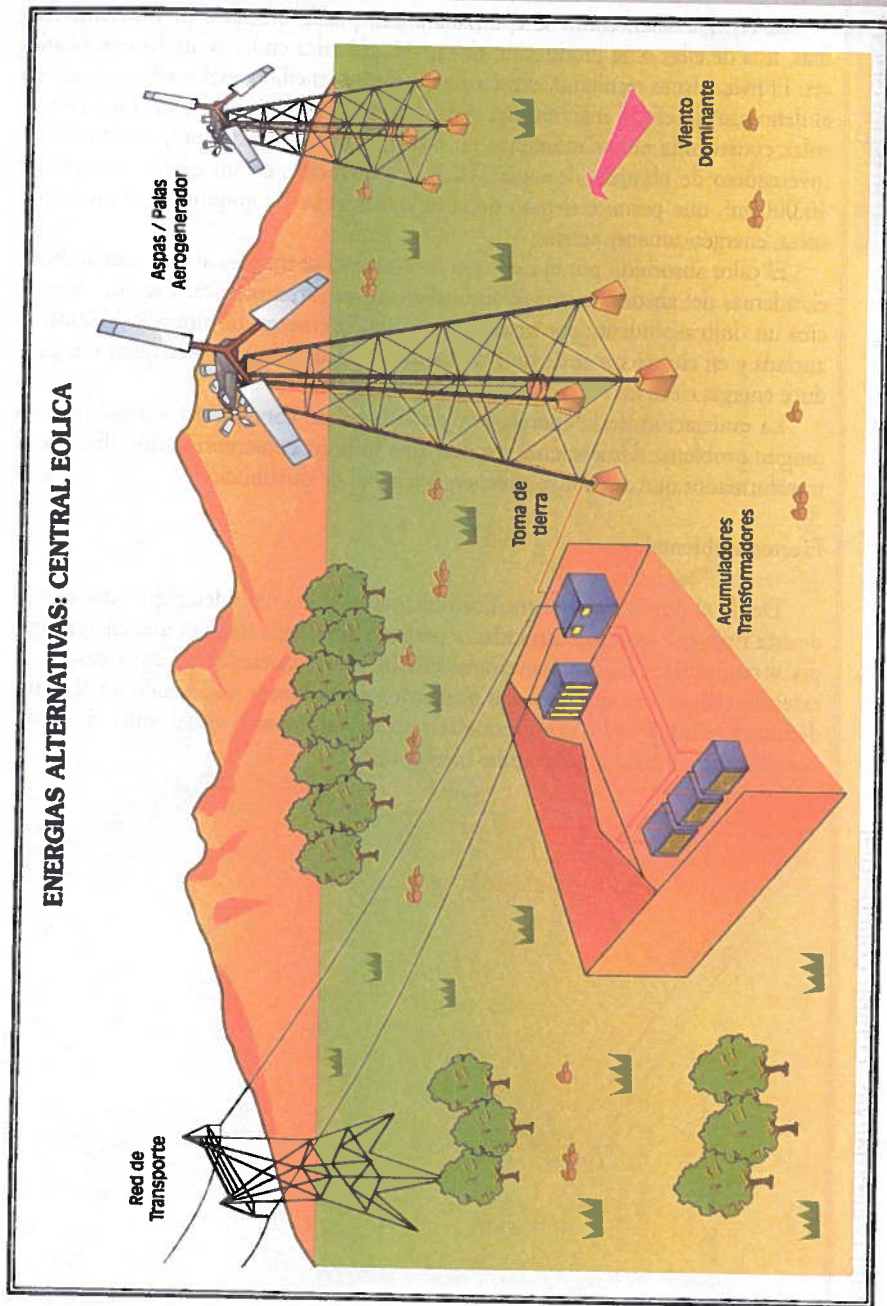
La energía solar, como se apuntaba antes, puede utilizarse de diferentes formas, una de ellas es la producción de energía eléctrica en las centrales eólico-solares. El mecanismo técnico es extraordinariamente sencillo y está fundamentado en el denominado efecto invernadero. Así la central, idealización de la central eólico-solar constituida en su momento en Manzanares (Ciudad Real), consta de un invernadero de plástico, de unos 250 m. de diámetro, en un campo colector de 40.000 m², que permite el paso de la radiación solar de longitudes de onda más corta, energéticamente activas.

El calor absorbido por el suelo del invernadero se traspa al aire contenido en él, además del absorbido por el aire debajo de la carpa plástica. Ese aire caliente crea un flujo ascendente por una chimenea de 200 metros de altura, debidamente anclada y en chorro capaz de mover una turbina acoplada a un generador que produce energía eléctrica.

La evacuación de la energía por un sistema de conducción normal no crea ningún problema. Únicamente requiere una mínima construcción que albergue el transformador que distribuye esa energía a la red de distribución.

Efectos ambientales

Desde el punto de vista medioambiental hay que considerar que una central de este tipo, que genera electricidad a partir de la energía solar, es una energía limpia y renovable. Los problemas ambientales están asociados en estos casos a la extensión superficial que deberían ocupar los invernaderos, incidiendo no obstante de forma mínima en los ecosistemas terrestres, y al impacto visual sobre el paisaje, cuantificable, entendido éste como bien cultural.



Fundamento

Siguiendo la pauta de disminución de los impactos ambientales derivados del uso de las energías tradicionales y por tanto de la disminución de la dependencia de aquéllas, la energía eólica debe ocupar un papel preponderante en aquellos lugares que lo permitan las situaciones meteorológicas.

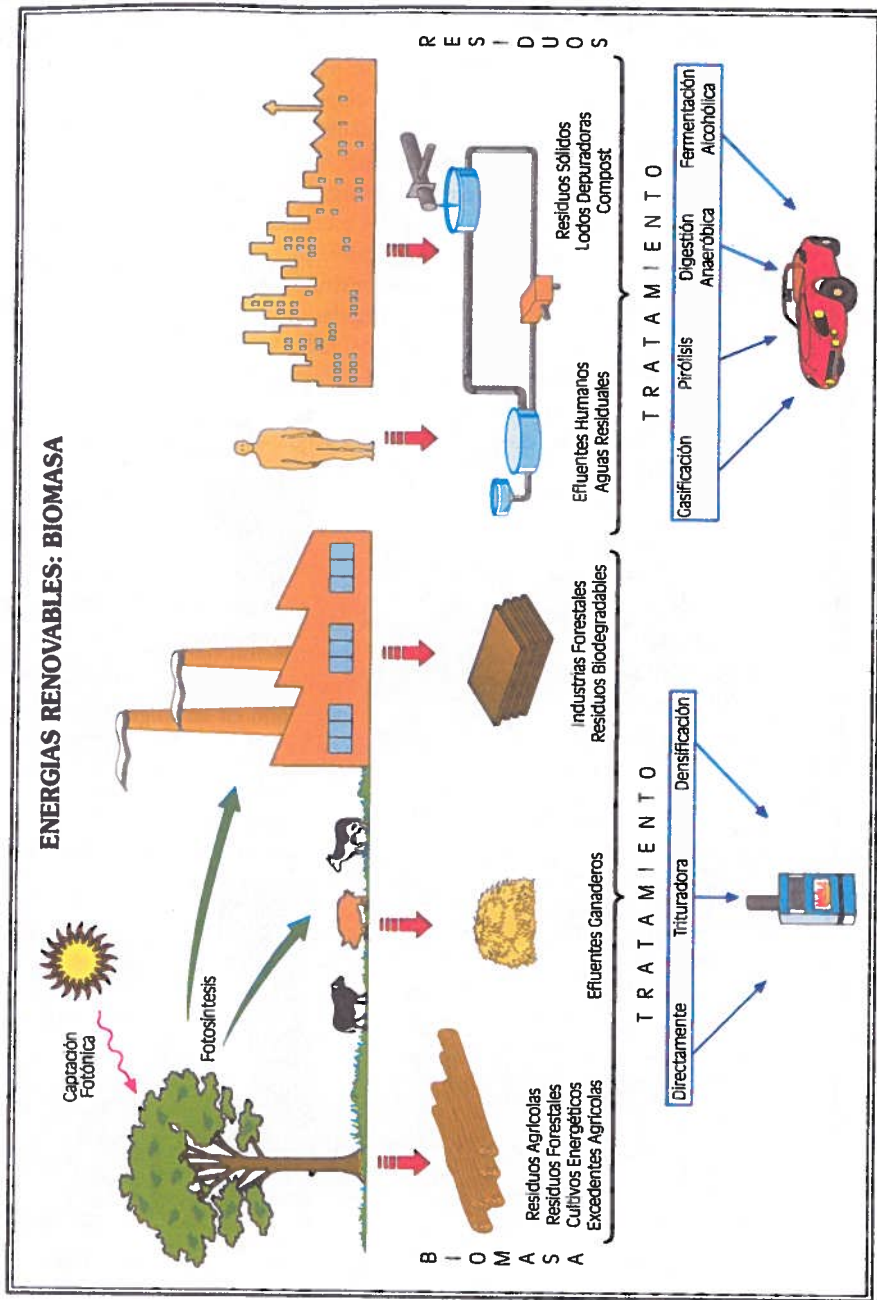
El aspecto meramente técnico es muy sencillo, limitándose a un conjunto de aeroturbinas, si el uso es colectivo, que forman un parque eólico, o una turbina individual para requerimientos menores, encargadas de la transformación de la energía eólica, en energía eléctrica o en energía mecánica.

El aerogenerador, en el caso que se muestra, para producir energía eléctrica consta de: unas palas, aspas aerodinámicas construidas ya de material ligero, tipo fibra de vidrio u otros. Las palas están engarzadas en un buje horizontal, el cual transmite el par motriz del rotor de baja velocidad a un multiplicador de velocidad, gracias a una caja de engranajes.

El multiplicador se conecta a un generador, con funcionamiento basado en la inducción electromecánica, que transforma la energía de rotación (mecánica) en energía eléctrica. Una vez conseguida ésta a través de un transformador pasa a la red.

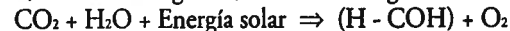
Efectos ambientales

Los efectos medioambientales de este tipo de instalación dependen de varios factores: del emplazamiento, del tamaño de la instalación (parque eólico-individual) y de la proximidad de núcleos urbanos. Los impactos significativos vienen a ser: la incidencia que las instalaciones tienen sobre todo en las migraciones de la fauna avícola; el impacto visual, más acentuado en los parques eólicos, donde proliferan estas estructuras (279 molinos en el parque de Tarifa) con previsiones de macroampliación; el ruido, ciertamente intenso y estresante para cualquier organismo vivo, independiente de la capacidad de adaptación de éstos; y de la erosión de suelos, que se produce durante la instalación de la infraestructura necesaria.



Concepto

Se entiende por biomasa «el conjunto de materia orgánica, fundamentalmente de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma». El proceso natural principal de la génesis de la biomasa es la fotosíntesis, mediante la cual los pigmentos vegetales (clorofila, xantofila, carotenos) captan energía solar fotónica para utilizarla en transformar la materia inorgánica absorbida por las hojas del tipo CO₂, y las sales minerales absorbidas por las raíces, en materia orgánica, en biomasa vegetal, en definitiva, según la reacción:



La energía solar se transforma mediante este sistema en energía química susceptible de ser utilizada por los organismos heterótrofos (animales), bien directamente para convertirla en biomasa animal, o para hacerlo en bienes de consumo. Los productos desechables de ambas transformaciones son los materiales que se utilizan en el campo energético como recurso renovable.

Tipos de biomasa

La clasificación de la biomasa puede hacerse en cuatro grandes grupos:

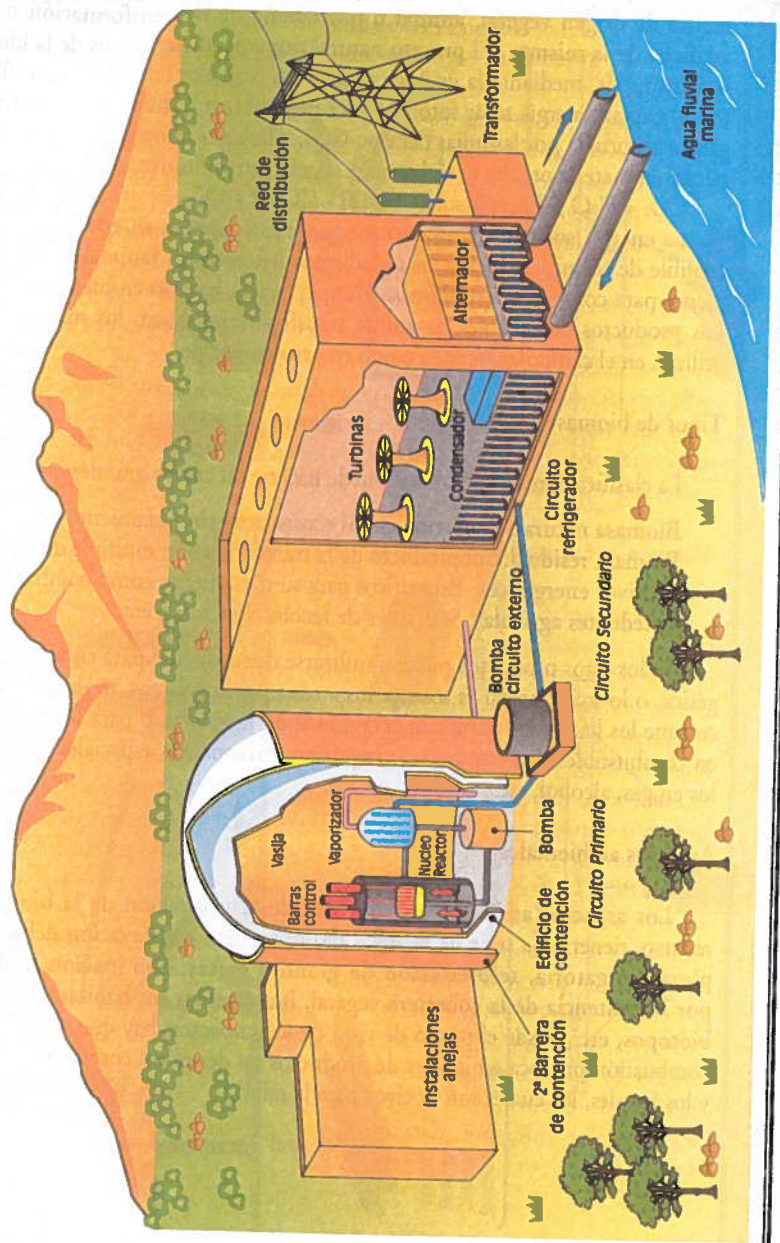
- Biomasa natural.** Producida en los ecosistemas sin tratamiento alguno.
- Biomasa residual.** Subproducto de la transformación múltiple de aquélla.
- Cultivos energéticos.** Específicos para su tratamiento como combustible.
- Excedentes agrícolas.** Sobrantes de recolección, talas, etc.

Todos estos productos pueden utilizarse directamente para su utilización energética, o lo más normal es someterlos a tratamientos físicos, térmicos o bioquímicos que los hagan utilizables en la combustión hogareña, o para su transformación en combustibles. En este caso, se requieren tratamientos especiales para convertirlos en gas, alcohol, etc.

Aspectos ambientales

Los aspectos ambientales derivados de la utilización de la biomasa como recurso, tienen una serie de ventajas resumibles en: conservación del medio, limpieza obligatoria, reforestación de grandes masas, eliminación de la erosión por la existencia de la cobertura vegetal, incrementar los hábitat, diversificar los biótopos, etc. Desde el punto de vista de los impactos, hay que considerar que su combustión provoca emisiones de productos no deseados, como los hidrocarburos y los fenoles, los cuales son nocivos para la salud.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN REACTOR NUCLEAR DE AGUA A PRESION



Esquema de funcionamiento de un reactor nuclear de agua a presión

transparencia 79

Reactor nuclear de agua a presión

El esquema de una central nuclear para la obtención de energía eléctrica es muy sencillo, si se considera exclusivamente los aspectos físicos básicos, no así si se incluyen los sistemas de seguridad necesarios para mantener la estanqueidad del conjunto.

En síntesis, el proceso consiste en la fisión (escisión) del material radiactivo acumulado en las barras de control dentro de la vasija que constituye el núcleo central del reactor.

Las reacciones nucleares en las centrales de ese tipo suelen utilizar un núcleo fisionable (el uranio $^{235}_{92}\text{U}$ normalmente) al que se bombardea con un neutrón, $^{235}_{92}\text{U} + \frac{1}{0}\text{n} \Rightarrow \text{Mo} + \text{La} + \frac{1}{0}\text{n} + \text{energía}$, para dar nuevos elementos resultantes de la fisión del uranio y la generación de partículas emergentes que pueden seguir la reacción (en cadena) y la liberación de energía (200 mev.). Como resultado de la fisión se libera energía que sirve para calentar un fluido, el agua normalmente, hasta su vaporización. Desde el vaporizador, se lleva fuera del núcleo del reactor hasta una turbina encargada de transformar la energía calorífica en energía eléctrica, que mediante los alternadores correspondientes y los transformadores van directamente a la red.

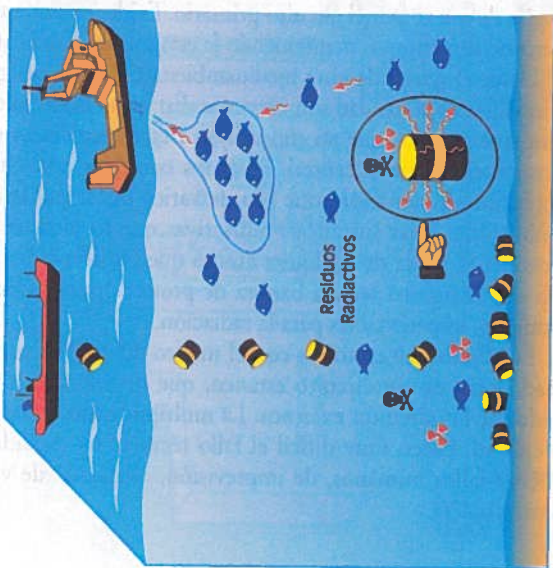
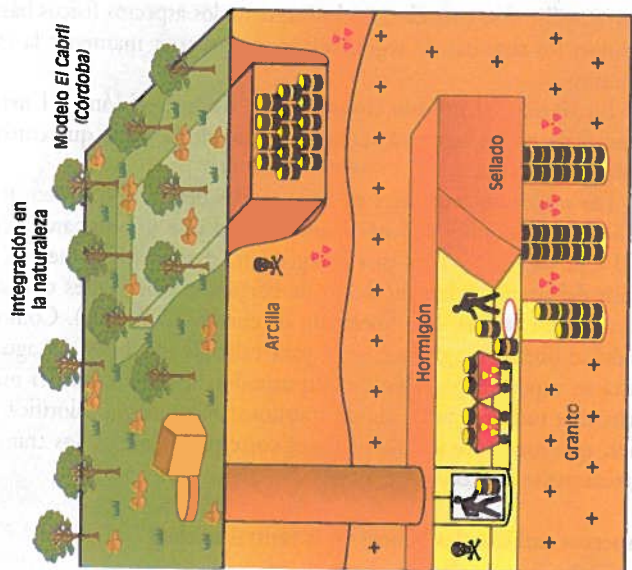
Aspectos ambientales básicos en la central nuclear

El sistema necesita un circuito refrigerador, normalmente agua de los sistemas naturales fluviales o marinos, que condense el agua del circuito secundario para circular de nuevo por el circuito primario. Evidentemente todos estos fluidos no se interconectan entre sí, manteniendo la estanqueidad del sistema.

Desde el punto de vista medioambiental, dada la peligrosidad de esta energía, las medidas de seguridad son extremas. Éstas van desde la elección de zonas geológicamente estables, que no constituyan riesgos geológicos capaces de perturbar las infraestructuras de la central, hasta los controles exhaustivos de los sistemas de contención de radiación, que son de varios tipos: vainas metálicas que aíslan los combustibles y las sustancias radiactivas que se forman; la vasija metálica, que impediría la salida de cualquier átomo que pudiera haber escapado de las vainas. Aun así, existe una tercera barrera de protección, constituida por los edificios de hormigón, impenetrables para la radiación.

Los fluidos en contacto con el núcleo del reactor contaminado por radiactividad, están en un circuito estanco, que no entra en contacto con el resto de fluidos de los circuitos externos. La multiplicación de los sistemas y los controles de calidad, hacen muy difícil el fallo técnico. La totalidad de los accidentes, se deben a fallos humanos, de imprevisión, relajación de vigilancia, manipulación incorrecta, etc.

PROBLEMATICA AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS



Problemática ambiental de los residuos radiactivos

transparencia 80

Concepto de residuo

Se llama residuo a «cualquier sustancia, producto u objeto natural o de fabricación industrial inútil en el proceso de producción, transformación o utilización actual, que debe ser abandonado a su suerte».

Tipos

La clasificación de los residuos es compleja. Si se utiliza como criterio de clasificación su **génesis**, tendríamos: residuos agrícolas, ganaderos, industriales, tecnológicos, nucleoelectrónicos o radiactivos, etc. De los citados, los residuos radiactivos son los más peligrosos: por sus efectos sobre los seres vivos y por la duración de la acción.

Residuos radiactivos

«Aquella sustancia que contiene radionucleidos en concentraciones superiores a la admisible para el correcto funcionamiento de los sistemas naturales biogénicos, en opinión de las autoridades competentes y que al carecer de uso actual o en el futuro inmediato, deben abandonarse sin manejar y sin control posterior al mismo.»

La principal fuente de producción son las centrales nucleares (95%), y en menor medida la investigación, la medicina (5%).

Los **residuos radiactivos** pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos e incluyen tanto los generados como resultado de la transformación del combustible utilizado en la central (uranio, plutonio, neptunio, americio, curio), como los productos activados radiológicamente por el uso del combustible, caso del cobalto o del níquel radiactivo, o que en contacto con el proceso radiactivo, se contamina.

La gestión de estos residuos, entendida como «las actividades encaminadas a la modificación de las características de los mismos para su reutilización, eliminación o almacén», se ajustan a la normativa de la Dirección General XI del C.E y debe ser informada por el Consejo de Europa. La tecnología para la inocuidad de los productos sigue dos estrategias: una de **tipo abierto**, consistente en el confinamiento de los productos 4.000 años para que durante ese tiempo, decaigan sus propiedades radiactivas; y otra de **tipo cerrado**, que pretende separar el uranio del plutonio, para su reutilización como combustibles, de los transuránidos de fisión nuclear.

La **intensidad radioactiva** de los productos puede ser: **alta, media y baja**. Las técnicas por seguir en su tratamiento es la siguiente: los productos de tipo transuránidos y los productos de fisión se separan del uranio y plutonio del combustible mediante una solución ácida, agua y disolvente, que al final del proceso son altamente contaminantes. Esta solución se vitrifica y se introduce en un cilindro de acero inoxidable y titanio que a su vez se incluye en un bidón de hormigón. En este caso hay tres niveles de seguridad previos al almacenaje. Los productos residuales de las vainas de combustible de vida media se incluyen en los bidones metálicos cementados, mientras que los residuos tecnológicos contaminados en toda las operaciones se cementan directamente.

Desde la prohibición de vertidos radiactivos a las fosas marinas (Convención de Londres de 1993), los países de la órbita española abogan por una estrategia de tipo abierto, en la que la gestión de los residuos se hace como si fueran de alta actividad. Se tratan en varias etapas, una primera en las piscinas para que decaigan en intensidad los isótopos de vida media corta; una segunda de almacenamiento intermedio, también en piscinas o en vía seca con contenedores; y una tercera de encapsulado en envases de cobre externos, donde los huecos se rellenan con cobre fundido para darle una homogeneidad completa, antes de cementarlos para su almacenaje en condiciones geológicas de máxima estabilidad.